

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Молодёжь и современные информационные технологии

Том I

**Сборник трудов
XIV Международной научно-практической
конференции студентов, аспирантов
и молодых учёных**

7–11 ноября 2016 г.

Томск 2017

УДК 378:004
ББК Ч481.23
М75

Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 1 – 327 с.

Сборник содержит доклады, представленные на XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии», прошедшей в Томском политехническом университете на базе Института кибернетики. Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Микропроцессорные системы, компьютерные сети и телекоммуникации», «Математическое моделирование и компьютерный анализ данных, «Автоматизация и управление в технических системах», «Информационные и программные системы в производстве и управлении», «Компьютерная графика и дизайн», «Информационные технологии в гуманитарных и медицинских исследованиях», «Информационные технологии в машиностроении».

Сборник предназначен для специалистов в области информационных технологий, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 378:004
ББК Ч481.23
М 75

Редакционная коллегия сборника:

Аврамчук В.С., к.т.н., доцент каф. АиКС ИК ТПУ, председатель редколлегии
Бабаев А.С., к.т.н., доцент каф. ТМСР ИК ТПУ, ученый секретарь конференции;
Ботыгин И.А., к.т.н., доцент каф. ИТС ИК ТПУ, председатель секции № 1;
Зимин В.П., к.т.н., доцент каф. ПИ ИК ТПУ, председатель секции № 2;
Рудницкий В.А., к.т.н., доцент каф. СУМ ИК ТПУ, председатель секции № 3;
Шерстнев В.С., к.т.н., доцент каф. ИТС ИК ТПУ, председатель секции № 4;
Винокурова Г.Ф., к.т.н., доцент каф. ИГПД ИК ТПУ, председатель секции № 5;
Берестнева О.Г., д.т.н., профессор каф. ПИ ИК ТПУ, председатель секции № 6.
Арляпов А.Ю., к.т.н., доцент каф. ТМСР ИК ТПУ, председатель секции № 7.

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....	16
РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «СПРАВОЧНИК ПО C++» ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID	
Шамбулова А.Н.	17
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В МОБИЛЬНОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ	
Скопченко А., Фролов С.Г.	19
МЕТОДИКА ПЕРЕНОСА ВЕСОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ИЗ ПРОГРАММНОЙ В АППАРАТНУЮ РЕАЛИЗАЦИЮ	
Береснев А. П., Зоев И. В.	21
ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАТЫ NI ELVIS II НА БАЗЕ XILINX SPARTAN 3E В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LABVIEW	
Старшинов В.С.	23
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДОВ	
Андреев С.А.	25
МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБРАТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО АЛГОРИТМА ГАУССА-НЬЮТОНА	
Береснев А.П.	27
РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ TLP ПАКЕТОВ В ИНТЕРФЕЙСЕ PCIE 2.0 X8	
Новожилов И.В., Рубцов И.Н.	29
СИСТЕМА ФИКСАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ЛЕДОЛАЗАНИЮ	
Миртов С.П.	31
РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА OWNCLOUD НА БАЗЕ FREEBSD И RASPBERRY PI	
Журман Д.А., Хиониди Р.Г., Фадеев А.С.	33
ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	
Пономарева А.В.	35
АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОДСЧЕТА КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ ДЛЯ ТРЕХ 32-БИТНЫХ СЛОВ	
Рубцов И.Н., Новожилов И.В.	37
ЭЛЕКТРОННЫЙ СИТУАТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЮРИДИЧЕСКИХ ВУЗОВ	

Славин С.В.....	39
РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ПЛИС	
Зоев И.В., Рыжова С. Е., Береснев А.П.	41
ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ТРЕБОВАНИЯМ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К ПАРАМЕТРАМ В ЗАДАЧАХ ВЫСОКОНАДЕЖНОЙ БИОМЕТРИИ	
Боршевников А.Е.	43
НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ SDN, И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ	
Одарченко Р.С., Даков С.Ю.....	45
РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА БЧХ-КОДА (15, 5, 7) НА ПЛИС	
Рыжова С. Е., Мыцко Е. А., Зоев И.В.....	47
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕТЕОДАНЫХ	
Колочев А.С., Попов В.Н.	49
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ АНОНИМНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕТИ TOR	
Решетников С.Ю.	51
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ЕИЭМПЗ	
Ивченко А.Ю., Ботыгин И.А.....	53
РАССЕЯНИЕ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА НЕОДНОРОДНОСТЯХ СЕРДЦЕВИНЫ G1-ROF, ИМЕЮЩИХ КОЛЬЦЕВУЮ СТРУКТУРУ	
Шибельгут А. А., Рахим Р. А. А., Литвинова Н. Р.....	55
ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕРМОАНЕМОМЕТРОВ	
Лебедев А.В., Литневский С.Е., Ботыгин И.А.	57
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ИЗОБРАЖАЮЩИХ ВЕКТОРОВ	
Пономарева А.В.....	59
АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ГОЛОСОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ	
Худоногова Л. И.....	61
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ РЕСУРСОВ	
Нагиев А.Е., Ботыгин И.А., Шерстнёва А.И.	63

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	
Фролов С.Г., Попов В.Н., Ботыгин И.А.	65
СВЕТОДИОДНОЕ ТАБЛО, УПРАВЛЯЕМОЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ ARDUINO	
Ананьев А.Д., Соболев А.В., Юдин А.И., Фадеев А.С.	67
САПР ДЛЯ РАЗРАБОТКИ IP-CORE НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ VIVADO HIGH-LEVEL SYNTHESIS	
Черепов А.А.	69
INTRAMODE WAVE PACKET WITH SPECTRUM IN THE VICINITY OF ZERO FREQUENCY OF THE TM-MODE GROUP VELOCITY OF THIN LEFT-HANDED MATERIAL	
Rahim A.A.R., Parafionova E.S., Litvinova N.R.	71
DEVELOPMENT OF CROSS-PLATFORM SOFTWARE COMPLEX FOR DETERMINING OPTICAL RADIATION EXTINCTION AND TRANSMISSION	
Loskutov V.V.	73
СЕКЦИЯ 2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ	75
ФОРМИРОВАНИЕ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАТОРНОЙ МОДЕЛИ	
Фатьянова М.Э.	76
СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	
Сопруненко Э.Е., Перминов В.А.	78
УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБКИХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ НАНО-БАЛОК В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ	
Добриян В. В., Кутепов И. Е., Крысько А. В.	80
АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ	
Кинева М.О.	82
ТОМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРОТЕЗОВ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ПРОЕКЦИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕЕРНОГО ПУЧКА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ПЕРЕПАКОВКИ	
Оздиев А.Х., Крючков Ю.Ю.	84
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	
Баус С. С.	86
ТЕОРИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛАСТИН КИРХГОФА	
Вологина Т.В., Салтыкова О.А., Крысько А.В.	88

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ДВУХ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛАСТИНОК МОДЕЛИ ТИМОШЕНКО В ТРЕХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ	
Вологина, О.А. Салтыкова Т.В., Крысько А.В.....	90
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО РЯДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ВХОДНЫХ ДАННЫХ	
Бозняков Р.В.	92
МОНИТОРИНГ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	
Пилецкий А. А., Ботыгин И.А.	94
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ В МЕТОДОЛОГИИ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ	
Данилов А.С., Шорников Ю.В.....	96
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	
Ильясова И. Э.	98
РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ЗАДАЧ САПР МЕТОДОМ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	
Курейчик В.М., Сафроненкова И.Б.	100
СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КЛАСТЕРИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ В ФАКТОРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ	
Новосельцева Д.А.....	102
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С УЧЕТОМ СКОРОСТИ ВЕТРА И ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ	
Лаутеншлегер Н.Н.....	104
МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ МЕТОДА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ PSM ПО ЦЕНЗУРИРОВАННЫМ ДАННЫМ	
Журко Е.С.....	106
ПРОГРАММА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ПО ШАБЛОНУ НА ИЗОБРАЖЕНИИ	
Янь Фэнхуа, Цапко И.В.....	108
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ВИДЕОПОТОКЕ	
Власов А.В., Фадеев А. С.....	110
К НЕУСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ГАЗА ВЛАСОВА-ПУАССОНА	
Кисатов М. А., Губарев Ю. Г.....	112
ОБЗОР РАСЧЕТНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ	

Алтынов А.А., Богданов И.А., Киргина М.В.	114
СТЕГАНОГРАФИЯ В ЗВУКОВЫХ ФАЙЛАХ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ MP3STEGO	
Кесельман М.М.	116
О БАЗИСНЫХ И МАСШТАБИРУЮЩИХ ФУНКЦИЯХ ВЕЙВЛЕТОВ	
Сайнакова И. С.	118
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ИНВЕСТОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ПОРТФЕЛЕМ С УЧЕТОМ ФИКСИРОВАННОГО УРОВНЯ НЕПРИЯТИЯ РИСКА И СЛУЧАЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТЕПЕНИ ДОВЕРИЯ К УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ	
Мастерова Е.В.	120
РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ	
Голуб О. А., Кузиванов Н. С., Хаустов П. А.	122
ПРИМЕНЕНИЕ РАНГОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СПИРМЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА КОРРЕЛЯЦИИ ДИСЦИПЛИН В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ВУЗА	
Черняева Н.В.	124
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОКЕРНОГО ИГРОВОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.	
Иванцов В.В., Зиганшин А.Т.	126
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ	
Чан Ми Ким Ан, Нгуен Бао Хынг.....	128
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ МРРТ АЛГОРИТМА «ВОЗМУЩЕНИЕ-НАБЛЮДЕНИЕ»	
Гимазов Р.У., Шидловский С.В.	130
ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ВИДЕНИЯ ЧЕРЕЗ ОБЛАЧНУЮ АТМОСФЕРУ	
Алексеенко М. А., Гендрина. И. Ю.	132
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБОЯ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА В ЭЛЕКТРОННЫХ ИСТОЧНИКАХ С СЕТОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ГРАНИЦЫ ЭМИССИОННОЙ ПЛАЗМЫ	
Нгуен Бао Хынг	134
ГЕНЕРАЦИЯ ПРОСТЫХ ДЕРЕВЬЕВ В СРЕДЕ MYSQL	
Саяпин Н.А.	136
ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ МЕТАДААННЫХ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ	
Лайком Д. Н.	138
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ УСТОЙЧИВОСТИ БАНКОВ	

Ткаченко А.П.	140
МОДЕЛЬ ДОРОЖНОГО ПЕРЕКРЕСТКА С АДАПТИВНЫМ СВЕТОФОРМ	
Белькевич И. В.	142
ОЦЕНКА ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ В ЗАДАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	
Замятина В. С., Лунева Е. Е.	144
ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ БАЛОЧНО-ПЛАСТИНЧАТОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БАЛКУ С УЧЕТОМ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.	
Крысько В.А. –мл., Яковлева Т.В.	146
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ	
Савицкий Ю.В.	148
РАЗРАБОТКА ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ФАКТОРНОГО И КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА	
Воскобойникова О.Б., Ершов И.А.	150
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ	
Попова Н. В., Белинская Н. С., Францина Е.В., Афанасьева Д.А.	152
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО- ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТА ПРИ ЗАКАЧКЕ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА	
Егоров А.В., Кравченко М.Н.	154
АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ	
Никольская А.Г.	156
АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО СЛАБОТОЧНОГО ПЛАЗМОТРОНА В ПРЕДПРОБОЙНОЙ СТАДИИ	
Аргунов Г. А.	158
АНАЛИЗ ПОТЕРИ ОБЪЕМА ПЛАСТИНКИ НАХОДЯЩЕЙСЯ В ОДНОСТОРОННЕМ КОРРОЗИОННОМ ИЗНОСЕ	
Синичкина А.О., Ярошенко Т.Ю., Мицкевич С.А. Крысько В.А.	160
ОБЗОР АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ (BIG DATA)	
Ералиева Р.Е.	162
КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БАЛОЧНО-ПЛАСТИНЧАТОЙ СТРУКТУРЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЛОКАЛЬНО ПОДКРЕПЛЁННОЙ БАЛКИ, ЗАКРЕПЛЁННОЙ МЕЖДУ ДВУМЯ ПЛАСТИНКАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОДНУ ИЗ ПЛАСТИНОК	
Кружилин В.С., Яковлева Т.В., Крысько В.А.	164

АНАЛИЗ НА ЖЕСТКОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ
ЗАМКНУТОЙ ДИСЛОКАЦИОННОЙ ПЕТЛИ

Елисеев А. С. 166

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРБИТРАЖНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВАЛЮТНЫХ ПАР И
ФЬЮЧЕРСОВ НА ДАННЫЕ ВАЛЮТНЫЕ ПАРЫ С РАЗНЫМИ СРОКАМИ
ИСПОЛНЕНИЯ

Даутбаева В. Р. 168

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИКО-СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА
SEMSIN ДЛЯ СИНТЕЗА РУССКОЙ РЕЧИ

Чемерилов В. В., Савинов А.П. 170

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Казиев А. Б. 172

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Боброва М.В. 174

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПУБЛИЧНЫХ
КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СЕРВИСОВ.

Паршина О.В. 176

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Кармачев Д.П. 178

РАСЧЕТ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ ДИОКСИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ХАРТРИ-
ФОКА

Попов А. С., Обходский А. В., Кузнецов С.Г., Золотарев А.А. 180

ПРОГРАММА ПОИСКА ОПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА
ОСНОВЕ ЕГО КОНТУРНОГО АНАЛИЗА

Ван Ши, Цапко И.В. 182

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ А ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ
АККРЕДИТОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В СЛИЧЕНИЯХ

Митряшкина А.В., Воскобойникова О.Б. 184

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
ГРАФИТОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ В АТОМНОМ РЕАКТОРЕ

Колпакова В.А. 186

ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛОВ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ АТАКИ
И ДРЕЙФА

Хожаев И.В. 188

О МОДЕЛИРОВАНИИ МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ТЯЖЕЛЫМИ ХВОСТАМИ	
Сиренко М. А.....	190
РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ФИНАНСОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	
Петрова Г.Г., Тузовский А.Ф.....	192
ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА	
Гельгинберг А.В.....	194
МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С НЕЧЕТКИМИ ФУНКЦИЯМИ АКТИВАЦИИ	
Нгуен А. Т., Корииков А.М.....	196
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ.	
Хачатурян Д.А., Пеккер Я.С., Фокин В.А.....	198
МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ	
Афанасьева Д.А., Белинская Н.С., Францина Е.В., Попова Н.В.....	200
ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ВНЕШНИХ ГРАНИЦ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА	
Чжао Юньсян, Цапко И.В.....	202
ОДНОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	
Волжанина Е.С., Космачев П.В.....	204
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ОСЕВОМ НАСОСЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ	
Денисов М.В., Тельшев Д.В., Селищев С.В.....	206
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОЙ АВТОРЕГРЕССИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА	
Ивашенко А.О.....	208
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА СОВМЕСТНОГО ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Шестаков В. В.....	210
ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО И ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ	
Чернета Д.С.....	212
ПРИМЕНЕНИЕ RESOURCE DESCRIPTION FRAMEWORK ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА В УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БАЗАХ ЗНАНИЙ	

Кайда А.Ю., Цой В.Г., Черний А.В.	214
ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ	
Фаерман В.А., Черемнов А.Г.	216
OPTIMAL INFORMATION SECURITY INVESTMENT IN MODERN SOCIAL NETWORKING	
Kinash N., Berestneva O., Tikhomirov A., Trufanov A., Rossodivita A.	218
СЕКЦИЯ 3 АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	220
РЕАЛИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫМ МАТРИЧНЫМ ДИСПЛЕЕМ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO	
Марукян В.М., Пушкарев М.И.	221
СПОСОБ АППРОКСИМАЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ РЕГУЛЯТОРОВ САУ	
Берчук Д.Ю., Тхан В.З.	223
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО СТЕНДА ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА	
Газизов А.Т., Селивёрстов П.А.	225
МЕТОД СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА	
Протопопов А.А., Стерехова В.С., Шеломенцев Е.Е.	227
КОНЦЕПТ ЧАСОВ С ФЕРРОМАГНИТНОЙ ИНДИКАЦИЕЙ	
Демченко А.А.	229
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ СТЕНДА С АКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ОБЕЗВЕЩИВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАСКРЫТИЯ В ЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	
Зарницын А. Ю.	231
АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВАЛА.	
Касымов К.Ш.	233
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ НА КОНТРОЛЛЕРЕ SIEMENS LOGO!	
Синьсинь Пэй, Скороспешкин М. В.	235
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА БАЗЕ AVR	
Кабанов А.А.	237
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОГО ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКРАННЫХ ФОРМ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	
Бояринова А.С.	239
РАЗРАБОТКА ПОДВОДНОГО РОБОТА «ODYSSEY»	

Федоров Е. А., Булуев И. И.....	241
ИСКУССТВЕННЫЕ МЫШЦЫ В БИОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ	
Булатов А.П.	243
МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ И УЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ФБУ «ТОМСКИЙ ЦСМ»	
Бардакова М.И.	245
РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕМОНТА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА «ROADBOT»	
Рачис В.А., Васильев И.В., Комнатный А.А.	247
КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИМИ СИГНАЛАМИ	
Булавко Е.С.	249
МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЛИНИИ СВЯЗИ	
Орлов Э.Е.	251
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ТРУБОПРОВОД – ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ» ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ДАТЧИКА НА БОКОВОЙ СТЕНКЕ ТРУБЫ	
Мамонова Т. Е.	253
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РЧХ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА	
Михеева О.В., Миронова Е.В., Сидорова А.А.	255
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Ленский Ф.В.	257
АППАРАТНЫЙ SCADA ТРЕНАЖЕР ОПЕРАТОРА НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ МАГИСТРАЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	
Стариков Д. П., Рыбаков Е. А.	259
РОБОТ «EXPLORER»	
Чернов А.С., Паньшин Г.Л.	261
РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ БЫСТРОЙ НАВИГАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИСКОЙ КАРТОТЕКЕ	
Мохаммедджавад Б. Д.	263
РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ	
Анохина Л.С., Кабанец А.А., Ильин М.С.	265

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА	
Овчинникова А. П.	267
МАГНИТНАЯ ЛЕВИТАЦИЯ (АКТИВНЫЙ МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС)	
Камышникова О.С.	269
КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ – ИСПЫТАНИЕ ПОГРУЖНОГО КАБЕЛЯ	
Апалишин В.С.	271
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
Маркелов И. А.	273
СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	
Кулебякин А.С.	275
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО В ВУЗЕ	
Пираков Ф. Д., Мытник А. А.	277
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ВОДЯНОЙ РУБАШКОЙ	
Бутузов Д.В.	279
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ УМНЫХ ДОМОВ	
Петрусёв А.С.	281
ЭЛЕКТРОННЫЙ РОЛИКОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ	
Чимров А.В.	283
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОКУПАЕМОСТЬ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ	
Рыбак А.Д., Зарницын А.Ю., Власов К.С.	285
АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ	
Вороненкова А.А., Тютиков В.В.	287
НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ГНПС	
Наумовская А.А.	289
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ВИДЕООРИЕНТИРАМ	
Чугунов Р.А., Александрова Т. В.	291
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	
Цайтлер А. С.	293

МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ С ДЕРЕВЬЕВ

Бологов А. А.295

РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОЙ КОЛЕСНО-ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Барышева З. Ю.297

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И ФИКСАЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОРМОВОЙ СТАНЦИИ

Тептюк А. Д.299

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА DARWIN-OP

Стерехова В.С., Протопопов А.А.301

ОБЗОР И АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШТАТНОГО ПОСТА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ С РАДИАЦИОННЫМ И ХИМИЧЕСКИМ ФАКТОРАМИ

Костин С.В.303

КАЛИБРОВКА ТИПОВЫХ МАГНИТОМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ НМС5883L

Собецкий А.В.305

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДОСТУПА К ОБЪЕКТАМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Пастушенко Д.С.307

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОЛЕСНОГО РОБОТА

Усольцев Д. В., Фадеев А. С.309

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ПАКЕТЕ МАТЛАВ

Колодников М. И.311

ЦИФРОВЫЕ ЧАСЫ НА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИНДИКАТОРАХ

Житников А.Д.313

НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИЙ И ГРАНИЦ ДЛЯ РАЗНООБРАЗНЫХ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Борзяк Н.О., Беляев А.С.315

СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Григорьев Е.А., Саюн В.М.317

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМОЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ»

Балабенко С.В., Беляев А.С.319

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТА-ГЕКСАПОДА

Мяхор Д.А.....	321
MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS USING WIRELESS SENSOR NETWORK TECHNOLOGY BASED ON NI MYRIO PLATFORM	
Evgenia S. Bauer, Lyudmila V. Galsanova	323
INFORMATION SIMULARS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS	
Kremlyov I.A., Leonov S.V.....	325

СЕКЦИЯ 1
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ,
КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «СПРАВОЧНИК ПО C++» ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID

Шамбулова А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет

ichanel@mail.ru

Введение

В настоящее время очень актуальна разработка мобильных приложений. По исследованиям на второй квартал 2015 года, выполненных американской компанией IDC (International Data Corporation), были установлены три лучшие мобильные платформы: Android, iOS и Windows Phone. За несколько лет Android стал одним из успешных проектов для мобильных телефонов в компании Google Inc. Главная идея IT-гиганта состоит в том, что она предлагает открытый доступ исходного кода для своей ОС [1].

Целью данной работы является разработка и реализации приложения «Справочник по C++» для мобильных устройств на платформе Android. Приложение является альтернативой карманного справочника по языку программирования C++, которое позволит пользователям работать со справочным материалом, представленным по выбору на двух языках: русском и английском.

Среда для разработки программного обеспечения

Для разработки программного обеспечения были выбраны следующие инструментальные средства:

1. Язык программирования – Java,
2. Среда Разработки – Android Studio IDE,
3. Эмулятор Android – GenyMotion,
4. Разработка макета приложения – MockingBot.

Выбор указанных инструментальных средств обоснован их наибольшей популярностью для разработки мобильных приложений [2, 3].

Разработка интерфейса

Перед началом разработки интерфейса был прописан пользовательский сценарий – требования к дизайну интерфейса под современный стиль Material Design. По задумке дизайнеров компании Google, в приложении не должны содержаться острые углы, карточки должны переключаться между собой плавно и практически незаметно. На следующем этапе осуществлялось собственно проектирование интерфейса приложения. Выбор был сделан в пользу сервиса MockingBot – онлайн-платформа, позволяющая пользователям создавать интерактивные макеты и прототипы мобильных приложений.

Проектирование приложения

Внешний вид приложения должен также

сочетаться с другими элементами оформления пользовательского интерфейса. В частности, дизайн мобильного приложения «Справочник по C++» должен следовать установленным требованиям и нормам платформ держателя от компании Google.

Интерфейс приложения состоит из следующих основных компонентов, представленных на рис. 1:

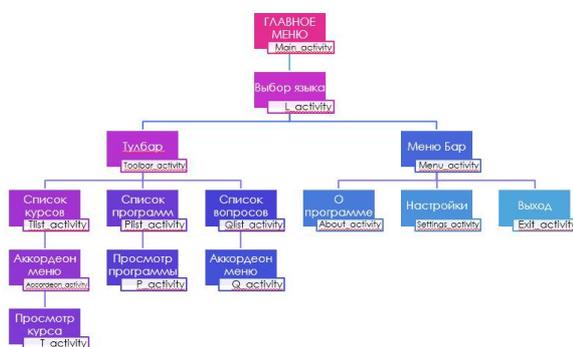


Рис. 1. Структура приложения

При запуске приложения отображается главное меню программы, где на экране располагается логотип приложения, ниже представлено приветствие пользователя на русском и английском языках и расположены две кнопки для того, чтобы студент мог выбрать язык программы (рис. 2)



Рис. 2. Главный экран приложения с выбором языка

Следующее окно открывает меню «Обучение», меню «Программы» и меню «Вопросы». В приложении реализация переключения между окнами производится в одно касание (рис. 3).

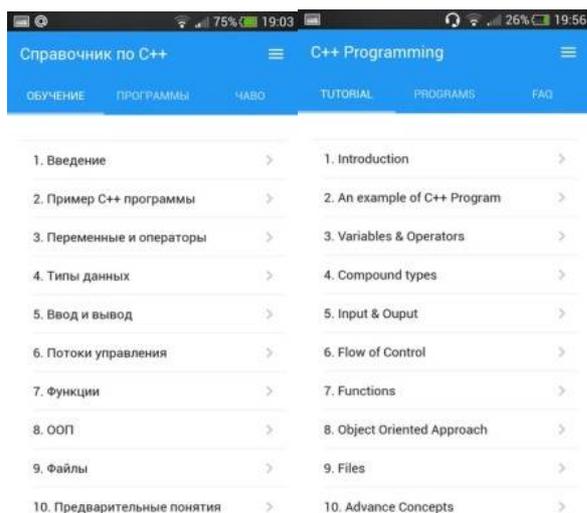


Рис. 3. Меню Обучение в двух языках

Материал в приложении специально разделен по главам, где каждая глава состоит из нескольких разделов, посвященных ключевым понятиям языка C++. Функционал реализован с помощью элемента управления «Вертикальное меню» в стиле «Аккордеон».

Чтобы помочь пользователю сконцентрироваться на важных аспектах в процессе изучения курса, имеется возможность поделиться материалом любого раздела. С ее помощью можно разместить материалы в любых доступных социальных сетях. Представленная функция – одна из незаменимых и удобных в современных мобильных приложениях, т.к. обеспечивает своевременное свободное получение нужного справочного материала (рис. 4).



Рис. 4. Функция «Поделиться»

Создание и реализация классов

Разработанный проект состоит из нескольких папок и других файлов. Основные из них следующие:

- *gen* – содержатся файлы, сгенерированные самой Java;
- *src* – представлен исходный код на Java. Здесь находится основной файл для работы. Здесь же

будут находиться новые классы;

- *res* – хранятся файлы ресурсов. Он в свою очередь содержит несколько подкаталогов:

1. *res/drawable-dpi* – в этих папках содержатся ресурсы, предназначенные для разных расширений экрана.

2. *res/layout* – в данной папке содержатся xml-файлы, описывающие внешний вид форм и различных элементов форм. После создания проекта там уже имеются файлы *activity_main.xml* и *fragment_main.xml*.

3. *res/menu* – здесь находятся ресурсы для меню.

4. *res/values* – располагаются какие-либо строковые ресурсы, ресурсы цветов, тем, стилей и измерений, которые используются в проекте.

В процессе разработки были созданы и реализованы множество классов, одни из них:

- *SocialSharing* – класс для функции «Поделиться»;
- *NavigationParams* – класс для навигации;
- *ContentMain* – класс для контент меню;
- *ContentView* – класс для просмотра контент меню.

Заключение

В результате разработано мобильное приложение для операционной системы Android. Темой разработки мобильного приложения стало альтернативное создание карманного справочника по языку программирования C++ для студентов с малым опытом программирования или вовсе без него. Приложение поможет пользователям сконцентрироваться на важных аспектах в процессе обучения, свободно пользоваться справочным материалом в любое удобное время, практически применять свои знания по каждой главе, используя, встроенные примеры кодов программ.

На текущее время проводится опытная эксплуатация приложения в реальных условиях. В дальнейшем планируется создание функции режима тестирования справочного материала и базы данных, в которой будут храниться все результаты пользователя.

Список использованных источников

1. Лучшие операционные системы для смартфонов в 2015 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://tjournal.ru/p/android-ios-domination> (дата обращения 06.10.2016).

2. Разработка приложений для мобильных устройств. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Разработка_приложений_для_мобильных_устройств (дата обращения 01.06.2016).

3. Рето М. Android 2. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов. – М.: Эксмо, 2011 – 672 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В МОБИЛЬНОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ

Скопченко А., Фролов С.Г.
Научный руководитель Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
aas83@tpu.ru

Введение

На сегодняшний день существует необходимость в распараллеливании вычислений.

Одним из подходов для распараллеливания выполнения вычислительно-ёмких задач являются GRID-системы [1]. То есть, решением проблемы с распараллеливанием может являться подключение нескольких компьютеров в одну сеть. Сеть из нескольких компьютеров, в дальнейшем, будем называть мобильным вычислительным кластером (МВК), центральный компьютер обозначим как диспетчер, а компьютер из кластера – агент. Даже собрав кластер, мы не решаем проблему распараллеливания, так как работать модули будут как угодно, но не так как нужно.

Как вариант GRID-система, сконфигурированная на основе персональных компьютеров, является удобным и простым инструментом для решения таких задач. Поскольку время обмена между узлами МВК достаточно большое (нет высокоскоростных шин обмена данными), то будем рассматривать задачи, не требующие обработки в реальном времени.

Как известно, для полного распараллеливания нужно придерживаться правила «1 ядро = 1 поток (модуль)». Конечно, даже при работе на МВК с одним ядром (в общем случае 1 ПК) технически мы можем создать 100 и более параллельных потоков, но в таком случае распараллеливанием будет управлять операционная система, запуская потоки на ядрах ПК, передавая управление то одному, то другому потоку. Хорошо, если имеется под рукой суперкомпьютер, в инфраструктуре которого 100 и более ядер. В этом случае можно запустить 100, 200 и более потоков параллельно, но, к сожалению, не у всех такой суперкомпьютер есть под рукой. Однако, в реальной жизни сформированный МВК включает ограниченное число ядер, меньшее, чем число возможных параллельных потоков. Поэтому возникает проблема распределения модулей между ядрами МВК. Одной из важных задач в этой проблеме является обеспечение правильного порядка выполнения вычислительных модулей (в одних узлах данные от предыдущего узла нужны, в других нет), а также обеспечение синхронизации и взаимодействия между модулями, особенно выполняющихся на разных ПК.

Алгоритм диспетчеризации

Пусть, вычислительная схема, реализуемая

на МВК представлена следующим ориентированным графом (рис. 1).

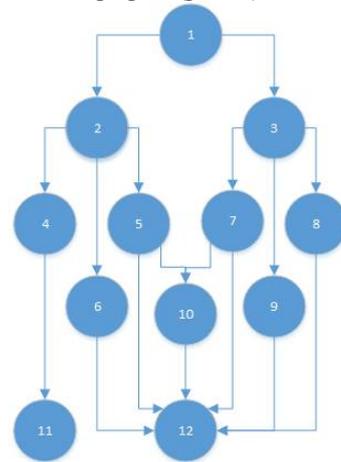


Рис. 1. Схема вычислений

Из данной схемы можно получить следующую информацию:

- приоритет в выполнении модулей;
- зависимость между модулями;
- какие модули могут работать параллельно.

Схему вычислительного процесса представим в виде модифицированной матрицы смежности (таблица).

Таблица. Визуализация схемы вычислительного процесса

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	10
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	12

Из данной таблицы можно получить:

Порядок выполнения вычислительных модулей и потоки данных между ними. Например, первый модуль (по горизонтали) не зависит ни от каких модулей и должен выполняться первым, а, например, девятый модуль (по горизонтали) зависит от третьего модуля (по вертикали). Соответственно, он может выполняться только после того, как отработает третий модуль.

Какие модули могут выполняться раньше. Например, так как первый модуль никого не ждет он может быть выполнен сразу, а второй и третий модуль, дождавшись выполнения первого модуля могут выполняться параллельно.

Диспетчер, получив и обработав данную таблицу, сможет понять, как он должен работать и сформировать пакеты команд для отправки на другие агенты.

Заметим, что для полноценного распараллеливания диспетчеру не хватает данных. Таблица не является полным решением проблемы, так как даже с имеющимися данными диспетчер не имеет представления о доступных агентах, количестве ядер у агентов и др. Поэтому после завершения ядер у агентов каждого вычислительного модуля диспетчер опрашивает подключенных к нему агентов на предмет:

доступности (свободен ли данный агент);

вычислительной мощности (сколько доступно физических ядер).

После получения данной информации диспетчер заносит ее в файл конфигурации и в дальнейшем будет работать с ней, периодически обновляя информацию путем повторного опроса агента на изменения. Данные в файле хранятся в следующем виде: «1;192.168.0.4;0;4», где 1 – идентификационный номер(id) агента; 192.168.0.4 – IP-адрес агента; 0 – агент свободен (1 – агент занят); 4 – количество доступных физических ядер.

Полученные выше данные обеспечивают выполнение вычислительных модулей на ограниченном числе ядер.

Синхронизация и взаимодействие между агентами и выполняемыми на них модулями обеспечивается «объектами занятости», в структуре которых диспетчер записывает: на какой компьютер и какое задание отправлено. Запись имеет следующий вид, например, «1;3», где 1 – это id агента; 3 – имя модуля на выполнение.

Диспетчер, отправив задание агенту на выполнение модуля и получив ответ от агента о принятии, вновь опрашивает агента и отмечает у себя, что данный агент занят (изменяет флаг с 0 на 1 в файле конфигурации). То же самое диспетчер повторяет с другими агентами, которые могут выполняться согласно матрице смежности.

Дополнительно, диспетчер постоянно проводит опрос агентов на предмет наличие соединения. Если в течение некоторого периода времени от агента не поступает ответ, то диспетчер считает, что у агента произошел сбой. Это диспетчер отмечает в лог-файле и передает задание этого агента другому свободному агенту.

Диспетчер заканчивает работу при исчерпании выполняемых модулей в матрице смежности.

Алгоритм работы диспетчера включает в себя следующие основные шаги:

1. Осуществляется просмотр матрицы смежности вычислительной схемы на предмет

определения начальных модулей выполнения (поиск нулевых строк в матрице смежности).

2. Анализируются подключенные агенты на предмет доступности и вычислительной мощности.

3. Полученная информация от агентов заносится в файл конфигурации.

4. Запуск начальных модулей на доступных агентах и изменение соответствующей записи в файле конфигурации.

5. Опрос агентов на предмет наличия соединения.

6. При потере соединения с агентом осуществляется возврат на шаг 4.

7. После выполнения текущего модуля изменяется запись в файле конфигурации.

8. Осуществляется анализ матрицы смежности на предмет определения модулей, которые могут быть выполнены следующими.

9. Если таких модулей нет, то диспетчер заканчивает работу.

10. Запуск модуля на доступных агентах и изменение соответствующей записи в файле конфигурации.

11. Опрос агентов на предмет наличия соединения.

12. При потере соединения с агентом осуществляется возврат на шаг 8.

Диспетчер разработан в среде IntelliJ IDEA на языке Java [2 - 4]. Одним из решающих факторов в пользу языка Java является его платформенная независимость.

Заключение

Разработан алгоритм, позволяющий диспетчеризовать выполнение произвольной вычислительной схемы на мобильном вычислительном кластере с произвольной инфраструктурой.

Список использованных источников

1. Grid-технология [Электронный ресурс] //Linux. Кластер. – URL: <http://cluster.linux-ekb.info/grid.php> (дата обращения: 15.10.2016).

2. Java 8. Полное руководство Девятое издание/ Герберт Шилдт., 2015. – 1376 с.

3. Обзор Java.util.concurrent[Электронный ресурс] Блог Habrahabr – URL: <https://habrahabr.ru/company/luxoft/blog/157273/>

4. Многопоточность в Java [Электронный ресурс] Блог Habrahabr – URL: <https://habrahabr.ru/post/164487/> (дата обращения: 21.10.2016).

МЕТОДИКА ПЕРЕНОСА ВЕСОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ИЗ ПРОГРАММНОЙ В АППАРАТНУЮ РЕАЛИЗАЦИЮ

Береснев А. П., Зоев И. В.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
arb3@tpu.ru

Введение

В настоящее время довольно бурно развиваются исследования в сфере глубинного обучения нейронных сетей (НС), в частности сверточных нейронных сетей (СНС). В данной статье рассматривается СНС, распознающая объекты на изображениях. Существующие программные реализации имеют свой предел скорости работы, который упирается в количество необходимых вычислений [1]. Чтобы оптимизировать скорость работы СНС возможно создание аппаратной реализации на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) [2]. Реализовать СНС на ПЛИС возможно, однако реализация обучения такой сети довольно сложна, а полученная конфигурация системы будет занимать большое количество логических ячеек. Проще использовать готовую программную реализацию СНС, обучить её, затем извлечь веса из модели и перенести на аппаратную реализацию. В итоге, программно обученная СНС будет работать на аппаратной реализации.

Выбор программной платформы для программной реализации

Существует достаточное количество фреймворков для создания программной СНС. Необходимо выбрать такой, в котором было бы удобно описать модель СНС, обучить её, а затем извлечь веса.

Согласно сравнительной характеристике из статей [3-4] фреймворки Caffe, H2O, MXNet DeepLearning4j позволяют описать модель нейронной сети на высоком уровне абстракции. Другие, например, Tensorflow, CNTK, Theano требуют изучения их программного интерфейса и более детального описания самой модели, что позволяет оптимизировать вычисления на программном уровне.

Для наших целей была выбрана программная платформа Caffe, так как она не только позволяет описать СНС на высоком уровне абстракции, но и предоставляет возможность для предварительной обработки входных данных, что немаловажно. А также позволяет сохранять веса.

Описание модели

Чтобы создать модель, используя Caffe, необходимо описать архитектуру нейронной сети в «prototxt» файлах. В этом файле описывается структура сети, представленная в виде слоев (layers) и их параметров, использующихся в модели

и другие значения [5]. Для СНС характерно использование сверточных слоев, слоев пулинга, слоев полносвязной сети нейронов, также слои с функциями активации и описание выходов нейронной сети.

Формально каждый слой имеет имя (name), тип (type), параметры top и bottom, в которых задаются имена верхнего и нижнего слоев соответственно. Также возможно указание дополнительных параметров, таких как размер ядра (kernel_size) для сверточных слоев или количество выходов (num_output) для полносвязных слоев.

Пример описания сверточного слоя представлен ниже:

```
layer {
  name: "conv1"
  type: "Convolution"
  bottom: "data"
  top: "conv1"
  convolution_param {
    num_output: 6
    kernel_size: 7
    stride: 1}
}
```

Также необходимо задать входные данные, которые для Caffe могут быть представлены в виде изображений (тип ImageData), HDF5 входного файла, или LevelDB файла.

Для того чтобы обучить созданную модель нейронной сети создается еще один «prototxt» файл, в котором задается «prototxt» файл описанием модели, количество итераций обучения, интервалы для тестирования нейронной сети, различные параметры, влияющие на скорость обучения и другие.

После обучения созданной нейронной сети на обучающей выборке Caffe создает «caffemodel» файл, в котором сохраняет настроенные веса. Этот файл и необходим для переноса весов с программной реализации в аппаратную.

Требуемое представление формата весов

В аппаратной реализации для более быстрой работы используются другое представление чисел. А именно, 14 разрядный вариант числа с плавающей точкой половинной точности. Структура такого формата представлена на рис.1.

Данный формат отличается от 16-ти разрядного числа тем, что два младших бита мантииссы числа отсекаются.



Рис. 1. 14 разрядный формат числа с плавающей точкой половинной точности

Необходимо выполнить еще одно преобразование, так как аппаратная реализация разрабатывается в среде Modelsim фирмы Altera. Веса в аппаратной реализации хранятся в блоках памяти, которые инициализируются с использованием специальных файлов Hexadecimal File (*.mem). Числа в таких файлах хранятся в шестнадцатеричном формате. Пример внутреннего представления данного файла представлен ниже.

```
@0 26cc 0738 0957 0908 0851 2a5a 2a69 096f
@8 09b0 0766 0a9c 0a6e 29b5 2aa6 2835 088d
@10 07e4 0b1a 0b2d 095c 2a74 2986 09e4 278d
@18 0a84 0b81 0a68 28d8 29ec 0671 2a2b 274e
```

...

Методика переноса весов нейронной сети

До переноса весов, нужно привести к единому формату представления полученных весов и используемых в аппаратной реализации. В Caffe используется 32 битное представление чисел. Однако, нам необходимо 14 битное представление. Для этого необходимо перевести из 32-х разрядного представления в 16 разрядное, затем 16 разрядное перевести в 14 разрядное представление.

Сам процесс переноса весов можно описать в три этапа:

1. Получение HDF5 файла с весами из внутреннего представления фреймворка Caffe из файла caffemodel;
2. Приведение чисел из HDF5 [6] файла к требуемому формату;
3. Запись преобразованных чисел в требуемый формат .mem файла.

Для первого этапа используется скрипт из фреймворка Mocha [7], который компилируется вместе с Caffe.

На втором этапе из HDF5 файла веса необходимо преобразовать к виду, используемому в аппаратной реализации.

Второй и третий этап реализован в виде скрипта на языке Python. Данный скрипт берет на вход HDF5-файл с весами обученной нейронной сети, который был получен в результате первого этапа. Затем, происходит преобразование чисел, согласно описанию, приведенному выше.

Выходом являются файлы, в которых записываются числа в шестнадцатеричном формате, содержащие в себе обученные веса. Данные файлы являются совместимыми со

средами разработки аппаратных реализаций, таких как Quartus и Modelsim.

Заключение

Данная работа является важным этапом создания аппаратных нейронных сетей, поскольку необученные нейронные сети не несут на себе никакой функциональной нагрузки.

Представленный метод не зависит от структуры СНС и может применяться для различных конфигураций модели нейронной сети.

Возможна небольшая модификация данной методики с целью загрузки разного рода данных в аппаратную реализацию. Например, для тестирования может появиться необходимость загрузить тестовые изображения, которые должны быть представлены в таком же формате данных.

В качестве дальнейших планов работы, процесс переноса весов может быть упрощен для пользователя посредством еще большей автоматизации через создание более сложных скриптов.

Список использованных источников

1. K. He and J. Sun. Convolutional neural networks at constrained time cost. arXiv:1412.1710, 2014.
2. Зоев И.В. Разработка вычислителя для плавающей точки для нейронных сетей / науч. рук. А.Н. Мальчуков // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной научной конференции, Томск 23-26 мая 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Ч. 1. — С. 162-164.
3. Fox J., Zou Y., Qiu J. Software Frameworks for Deep Learning at Scale. Internal Indiana University Technical Report July 29 2016.
4. S. Bahrampour, N. Ramakrishnan, L. Schott, and M. Shah, "Comparative study of deep learning software frameworks," arXiv preprint arXiv:1511.06435, 2015.
5. Layers//Caffe [Электронный ресурс] / Deep Learning framework by the BVLC. — URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/tutorial/layers.html> (дата обращения 20.10.2016).
6. HDF5 Software Documentation. [Электронный ресурс] / The HDF5 Group — URL: <https://support.hdfgroup.org/HDF5/> (дата обращения 20.10.2016).
7. Importing trained model form Caffe. [Электронный ресурс] / Mocha Documentation//Tools — URL: <http://mochajl.readthedocs.io/en/latest/user-guide/tools/import-caffe-model.html> (дата обращения 20.10.2016).

ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАТЫ NI ELVIS II НА БАЗЕ XILINX SPARTAN 3E В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LABVIEW

Старшинов В.С.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н.
Томский политехнический университет
E-mail: vss21@tpu.ru

Введение

Программируемые логические интегральные схемы с каждым днем все больше вызывают интерес у разработчиков в связи с тем, что, в отличие от микроконтроллеров, не меняется суть подхода проектирования устройств на HDL и блоки проекта работают независимо друг от друга [1].

Перед каждым человеком, который программирует на ПЛИС, встает вопрос о выборе среды программирования. Существует несколько вариантов программирования: с помощью графической среды программирования LabView и с помощью языка описания аппаратуры VHDL/Verilog.

Переход с одного языка описания аппаратуры на другой приводит к плохой оптимизации функциональных особенностей блока, что приводит к потере логических ячеек и увеличению сложности понимания проекта. Общепринятой оценкой логической емкости ПЛИС являются эквивалентные логические вентили, которые содержатся на плате NI Elvis II.

Данная плата является универсальным решением, поскольку на нем можно проектировать цифровые, аналоговые устройства и дополнительную обвязку за счет имеющихся на ней макетных плат. Устройство может использоваться разработчиками цифровых устройств на ПЛИС, а также студентами на лабораторных работах по дисциплинам «Программирование на языках описания аппаратуры», «Электроника и схемотехника» и «Схемотехника ЭВМ» [1].

Описание ядра Xilinx Spartan 3E

ПЛИС - полупроводниковое устройство, конфигурацию которого можно изменять в любой момент времени при эксплуатации и используемое для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, работы ПЛИС в силу ее архитектуры задаётся посредством программирования (проектирования). Для программирования используются программатор (CPLD или микроконтроллер) и отладочная среда, позволяющие пользователю вносить изменения в логику работы в виде программ на специальных языках описания аппаратуры: - AHDL, VHDL, SystemVerilog [1,4].

Одним из главных компонентов платы NI Digital Electronics FPGA Board является ПЛИС Xilinx Spartan-3E, которую можно

запрограммировать в специальной среде разработки Xilinx ISE, а также средствами графического программирования LabView. Основной упор в данной статье будет обращен на Xilinx ISE.

Внешний вид чипа Xilinx Spartan 3E представлен на рис. 1.



Рис. 1. Чип Xilinx Spartan 3E

Чип Xilinx Spartan 3E содержит:

- 500 000 системных функций
- 10,476 эквивалентных логических ячеек
- 73 000 распределенных битов памяти (массивы статической памяти, хранящие таблицы истинности)
- 360 000 блочных битов памяти
- 20 выделенных мультиплексоров
- 4 блока тактовой частоты
- 158 максимально используемых I/O (входов/выходов)
- 65 максимально дифференцирующих I/O пар

Данное ядро активно используется при разработке ввиду высоких технических характеристик и относительно невысокой стоимости, а также благодаря поддержке почти всех версий среды разработки Xilinx ISE, о которых будет рассказано чуть позже [3,4].

Описание платы NI Digital Electronics FPGA (Elvis II)

Новая плата является результатом совместного сотрудничества компаний NI и Xilinx, являющихся крупнейшими в мире производителями программного обеспечения измерительных систем и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Внешний вид платы NI Digital Electronics FPGA представлен на рис. 2.

NI Digital Electronics FPGA Board содержит шесть каналов для ввода аналоговых входных сигналов AI0 – AI5, а также 32 цифровые входные (выходные) линии общего пользования – GPIO31.

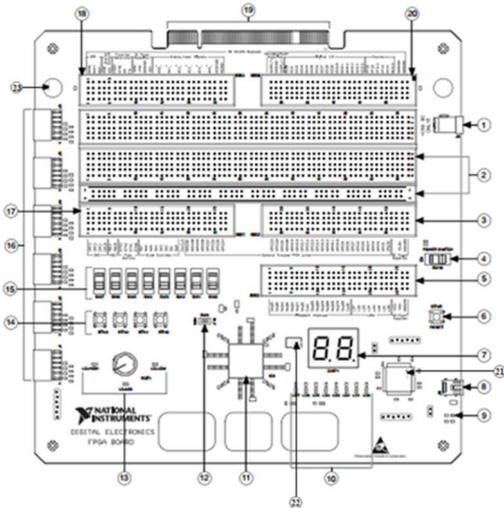


Рис. 2. Внешний вид платы NI Digital Electronics FPGA Board: 1– разъем питания (15В) ; 2–макетной платы для возможности создания дополнительной обвязки; 3– блок макетной платы ВВ2; 4– выключатель питания; 5– блок макетной платы ВВ3; 6– кнопка сброса; 7– семисегментные индикаторы; 8– USB-соединитель; 9– LD-G-светодиод; 10– светодиоды; 11– FPGA Xilinx Spartan 3E; 12– переключатель прошивки ПЛИС через ROM/JTAG ; 13– датчик угла поворота с кнопкой; 14– кнопки; 15– движковые переключатели; 16– 6 коннекторов типа PMOD (2x6); 17– блок макетной платы ВВ1; 18– блок макетной платы ВВ4; 19– (NI ELVIS)-соединитель; 20– блок макетной платы ВВ5; 21 – программатор; 22– кварцевый генератор 50МГц; 23– защита платы от статического электричества.

Описание сигналов, подаваемых на сигнальные зоны макетирования:

ВВ1 – зона макетирования для подключения к ЦАП, АЦП, кнопкам, движковым переключателям, внешнему синхросигналу и линиям общего назначения ПЛИС.

ВВ2 - зона макетирования для подключения к линиям общего назначения ПЛИС и источникам питания.

ВВ3 - зона макетирования для управления семисегментным индикатором на два знакоместа, светодиодами, подключения к источникам питания

ВВ4 - зона макетирования для подключения к сигналам NI ELVIS, включая аналоговые входные сигналы, аналоговые выходные сигналы, функциональные генераторы, источники питания, цифровые входные/выходные сигналы.

ВВ5 – зона макетирования для подключения к сигналам NI ELVIS, включая регулируемые источники питания, цифровые входные/выходные сигналы, выходные сигналы счётчиков, общие точки сигналов [1,2].

Плата NI Digital Electronics FPGA Board поддерживает два режима работы:

Автономный (обращение с помощью ПК к подразделу Автономный режим);

Режим NI Elvis – плата используется в качестве дополнительной макетной платы к рабочей станции NI Elvis (режим NI Elvis) [2].

Средства разработки LabView и Xilinx ISE

Принципиальное отличие данных средств разработки заключается в том, что LabView использует графическую среду программирования (создание схемы на логических элементах), а в Xilinx ISE помимо схемы можно запрограммировать на языках описания аппаратуры VHDL /SystemVerilog /AHDL.

Преимущество программирования с помощью языков описания аппаратуры ощутимо, когда ПЛИС имеет около 10000 логических ячеек и программирование в графической среде просто вызывает неудобство ввиду сложности схемы. Кроме этого, при большом числе ошибок гораздо проще их обнаружить в коде, нежели в схеме.

Хотя при работе с ПЛИС каждый выбирает ту среду разработки, которая максимально ему удобнее, каждый из этих сред содержит свои преимущества и недостатки и для разных задач используются разные среды [5].

Заключение

Для проектов на ПЛИС около 10000 логических ячеек гораздо удобнее использовать программный способ, нежели графический ввиду того, что проще локализовать и исправить ошибки. В работе представлено описание платы NI Digital Electronics FPGA Board с описанием сигнальных зон макетирования с сигналами, подаваемых на них. Также были описаны характеристики чипа платы Xilinx Spartan 3E. Кроме всего прочего, были установлены основные отличия сред разработки LabView и Xilinx ISE.

Список использованных источников

1. Архитектура ПЛИС. [Электронный ресурс]. – URL: <http://marsohod.org/index.php/ourblog/11-blog/265-fpga> (Дата обращения 01.06.2016)
2. NI Digital Electronics FPGA Board User Manual. [Электронный ресурс]. – URL: www.ni.com/pdf/manuals/372809b (Дата обращения 02.06.2016)
3. Xilinx Spartan-3E (XC3S500E) // Sparcfun. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sparkfun.com/products/retired/11657> (Дата обращения 03.06.2016)
4. Multiple Domain-Optimized Platforms Spartan-3 Generation // Xilinx. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/spartan-3.html> (Дата обращения 04.06.2016)
5. Среда разработки приложений LabVIEW.[Электронный ресурс]. –URL: <http://russia.ni.com/labview> (Дата обращения 05.06.2016)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДОВ

Андреев С.А.

Ким В.Л.

Томский политехнический университет

saal@tpu.ru

Введение

Разработка новых интеллектуальных модульных приборов с возможностью их последующей интеграции в единый аппаратно-программный комплекс, предназначенный для решения задач измерения биосигналов, на сегодняшний день является одной из актуальных задач. Возможности по развитию в данной области, прежде всего, связаны с появлением широкой номенклатуры высококачественных компонентов аналоговой и цифровой электроники. Перечислим характерные особенности аппаратно-программного комплекса (АПК) экспериментальных (научных) исследований в медицине:

- а) комплексы представляют собой совокупность аппаратных, программных и алгоритмических средств;
- б) основной задачей комплексов является получение максимума экспериментальной информации при заданных ограничениях;
- в) высокая надёжность комплекса;
- г) низкие затраты на эксплуатацию и использование унифицированных блоков.

Анализ научно-информационных источников, показывает, что разработка приборной базы для проверки медицинского оборудования на современном уровне предполагает применение передовых технологий проектирования интеллектуальных устройств сбора и обработки данных с высокочувствительных электродов, высокоскоростных интерфейсов и т.п.

Способы измерения параметров электродов

Рассмотрим некоторые существующие способы измерения отдельных параметров электродов. Анализ литературных и патентных источников показывает, что параметры и характеристики электродов определяются как поэлементно, так и комплексно. Наиболее полно требования к АПК и стендам для проверки и испытаний медицинских электродов описаны в ГОСТ 25995-83 [1]. В этом нормативном документе указывается, что у электродов необходимо измерять:

- разность электродных потенциалов;
- дрейф разности электродных потенциалов;
- напряжение шума;
- электромеханический шум;
- полное сопротивление электродов;
- напряжение поляризации.

Для измерения сопротивления электродов одновременно с полезным сигналом используют

устройство для снижения шума и обнаружения ошибок электродов в медицинском оборудовании [2]. Суть метода заключается в измерении сопротивления путем добавления дополнительного электрода к телу человека, через который проходит сигнал с несущей частотой. Роль информационного сигнала исполняет считываемый биосигнал. Фильтр нижних частот отделяет сигнал несущей частоты от активного сигнала. Значение сопротивления для чувствительного электрода определяется на основе сигнала несущей части. Вычисленное значение сопротивления сравнивается с известным значением, для определения превышения допустимого значения сопротивления электрода.

Определение электрической непрерывности соединения между измерительным устройством и электродом производят с помощью системы для тестирования непрерывности соединения медицинских электродов. В данном подходе [3] определяется электрическая непрерывность соединения между измерительным устройством и электродом за счет «щипцов» специальной конструкции, которые подсоединяются к электроду. Идея состоит в том, что определяется замкнутость контура прохождения сигнала. Данное устройство соединено с устройством измерения, например, энцефалографом, на электрод подается напряжение. Через это соединение считывается сигнал, если он будет получен, то связь между энцефалографом и электродом есть, система работает нормально, если же его нет, то в цепи присутствует разрыв.

Существует система для измерения импеданса электродов одновременно с полезным сигналом. Патент описывает способ для определения сопротивления электродов в реальном времени на диапазонах частот, отличных от диапазона биологических частот [4]. Особенностью служит то, что ток, необходимый для измерения сопротивления, подается не мгновенно с полной амплитудой, а нарастает постепенно. Эта система является портативной, с автоматической калибровкой, автоматическим распознаванием качества входного сигнала, удалением артефактов.

Автоматизированная установка для проверки хлор-серебряных электродов УПЭ-2 предназначена для проверки электродов и позволяет измерять основные параметры электродов, согласно ГОСТ 25995-83, перечисленные ранее.

Установка выполнена на основе персонального компьютера и измерительного модуля сбора данных. Собственные шумы УПЭ-2 составляют ± 5 мкВ амплитудного значения в диапазоне частот от 2 Гц до 10 кГц. Такой уровень шумов не позволяет измерять шумы современных электродов аппаратными средствами.

Из проведенного выше обзора видна тенденция измерения параметров электродов в реальном времени, т.е. во время измерений биосигналов. С другой стороны, при таком подходе нет возможности измерения всех требуемых параметров и характеристик электродов с требуемой точностью и надежностью. Кроме этого, медицинские электроды должны проходить проверку перед введением в эксплуатацию, а так же периодическую поверку.

Проектирование системы для измерения параметров электродов

Для решения задачи создания современной серии высокопроизводительной, прецизионной электронной аппаратуры для испытаний медицинских изделий с улучшенными характеристиками необходимо проведение исследований по следующим направлениям:

а) Разработка архитектуры АПК на основе применения электронных компонент высокой степени интеграции: процессоров цифровой обработки сигналов, микроконтроллеров, ПЛИС.

б) Развитие интерфейсных средств для взаимодействия со смежными системами и удаленными устройствами управления, сбора данных и преобразования сигналов.

В целях обоснования выбора оптимального варианта структуры АПК сформулируем основные принципы его построения. Принципы определяются на том основании, чтобы охватить современные тенденции развития приборных систем, а также, чтобы учесть специальную направленность АПК на задачи измерения электрических характеристик медицинских электродов. Выделим следующие принципы:

а) Гибкость, востребованность, рыночная привлекательность, конкурентоспособность.

б) Исполнение и размещение модулей обработки данных и модулей преобразования и передачи сигналов в одном конструктиве.

в) Отсутствие жестких конструктивных ограничений на исполнение функциональных модулей с возможностью информационного подключения модулей, выполненных в свободном формате и распределенных в пространстве объекта, к друг другу на основе единых спецификаций.

г) Учет будущих потребностей разрабатываемых проектов в области медицинских исследований, а также планов приборного производства.

Исходя из перечисленных принципов, АПК может базироваться на архитектуре построения комплекса в виде аналоговой и цифровой модульной системы (рис.), выполненной средствами аналоговой и цифровой схемотехники [5].

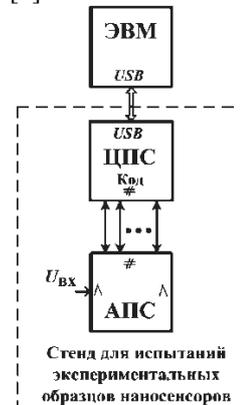


Рис. Структурная схема АПК

Аналоговая подсистема предназначена для усиления сигнала с электрода, фильтрации, формирования напряжений и токов, воздействующих на электрод при измерении его параметров. Цифровая подсистема оцифровывает аналоговые сигналы, полученные с аналоговой подсистемы, а также генерирует управляющие сигналы для нее. Обмен информацией с ЭВМ верхнего уровня производит по USB интерфейсу.

Заключение

Проведенный анализ методов и средств построения АПК для испытаний экспериментальных образцов электродов позволил определить возможные направления исследований по созданию АПК, а также выбрать оптимальный вариант структуры.

Список использованных источников

- ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов. Общие технические требования и методы испытаний. // Москва: Издательство стандартов. – 1987. – 25 с.
- Kaiser W., Weber H., Winter W. Method and apparatus for reducing noise and detecting electrode faults in medical equipment. – Dec 05, 2002. – 0183797 A1.
- Paterson, William G., Blaha, Derek M. Method and system for continuity testing of medical electrodes. – Aug 24, 2005. – 1566645 A2.
- Bibian S., Zikov T. Method and system for electrode impedance measurement. – Dec 01, 2011. – 0295096 A1.
- Kim V.L., Andreev S.A., Merkulov S.V. Installation for researching medical electrode // XV Russia-Korea Conference on Science and Technology: proceedings. Ekaterinburg. – July 4-5, 2014. – pp. 120-123.

МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБРАТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО АЛГОРИТМА ГАУССА-НЬЮТОНА

Береснев А.П.

Научный руководитель: Болотова Ю.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
apb3@tpu.ru

Введение

В процессе разработки и изготовления новых деталей необходимо провести их испытание и тестирование. Первоначальным этапом при описании деформационного состояния объекта является определение векторов смещений (оптический поток) ключевых точек на серии последовательных изображений поверхности материалов. Обратный композиционный алгоритм Гаусса-Ньютона (IC-GN) был первоначально предложен Бэйкером и Мэтьюсом в 2001-м году как эффективный метод стабилизации изображения [1]. Затем, Пан и др. [2] использовали этот алгоритм, скомбинировав с ZNSSD критерием, как субпиксельный метод нахождения оптического потока. Данный алгоритм позволяет с высокой точностью найти оптический поток, но обладает существенным недостатком в плане скорости работы. В данной работе описан способ многопоточной реализации.

Описание однопоточного алгоритма

IC-GN рассматривает прямоугольную область на первом (исходное) изображении и находит соответствующую ей область на втором (целевое) изображении последовательности. Для того чтобы найти оптический поток, изображение разбивается на сетку небольших областей в пределах которых смещение принимается одинаковым. Для каждой из областей IC-GN применяется независимо.

Формально алгоритм состоит из двух этапов:

1. целочисленное смещение;
2. субпиксельное смещение.

На первом этапе применяется свертка Reference и Target областей с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) с нормированной суммой разности квадратов (ZNCC).

$$C_{zncc} = \frac{\sum_i \hat{R}_i \hat{T}_i}{\sqrt{\sum_i (\hat{R}_i)^2 \sum_i (\hat{T}_i)^2}},$$

где i – номер пикселя в области, $\hat{R}_i = R_i - R_m$, а $\hat{T}_i = T_i - T_m$, R_m и T_m – среднее значение яркости пикселей в областях на изображении. Далее, смещение находится как максимум ZNCC.

На втором этапе целочисленное смещение уточняется. На этом этапе минимизируется ошибка критерия нормированной суммы разности. Так как вычисляется субпиксельное смещение, то на данном этапе яркость пикселей с вещественными координатами интерполируется с использованием

бикубической интерполяции [3]. Вектора параметров деформации и его вектор ошибки соответственно:

$$p = [u, u_x, u_y, v, v_x, v_y]^T,$$

$$\Delta p = [\Delta u, \Delta u_x, \Delta u_y, \Delta v, \Delta v_x, \Delta v_y]^T.$$

Вектор ошибки обновляется с использованием:

$$\Delta p = H^{-1} \sum_{\xi} \left\{ \left[\nabla R(\psi + \xi) \frac{\partial W}{\partial p} \right] \left[\frac{R_n}{T_n} \hat{T}[\psi + W(\xi, p)] - \hat{R}(\psi + \xi) \right] \right\} \quad (1)$$

Итеративно процесс алгоритма описывается в четыре шага:

построить целевую область $\hat{T}[\psi + W(\xi, p)]$, используя интерполяцию;

вычислить

$$\sum_{\xi} \left\{ \left[\nabla R(\psi + \xi) \frac{\partial W}{\partial p} \right] \left[\frac{R_n}{T_n} \hat{T}[\psi + W(\xi, p)] - \hat{R}(\psi + \xi) \right] \right\}$$

из выражения (1) с текущим значением p ;

вычислить инкрементный вектор Δp , используя выражение (1);

обновить функцию $W(\xi, p)$.

Эти четыре шага повторяются итеративно, пока одно из следующих условий не будет выполнено:

$$|\Delta p| = \sqrt{(\Delta u)^2 + (\Delta v)^2} < 0.000001;$$

достигнуто максимальное количество итераций [1].

Описание многопоточного алгоритма

Узкое место алгоритма состоит в том, что на каждой итерации необходимо субпиксельно интерполировать второе изображение. Для реализации на GPU используется библиотека OpenCL. Реализация состоит из ведущего приложения и совокупности ядер (kernel). Кernels представляет собой набор инструкций, написанных на языке OpenCL, которые возможно исполнять на различных устройствах, таких как центральный процессор и графический процессор. Так как графический процессор состоит из большого числа исполнительных устройств (work-item), то ядра можно запустить на них параллельно.

Обобщенно алгоритм выполнения многопоточных программ состоит из следующих этапов:

Инициализация – ведущая программа получает информацию о аппаратном обеспечении, на котором она была запущена и создает контекст исполнения, основываясь на текущей платформе. На этом этапе так же создается очередь исполнения ядер;

Перенос объектов с основной памяти на память исполнительных устройств;

Создание ядер и их запуск на исполнение – создаются копии ядер для каждого исполнительного устройства, которые затем выполняются параллельно;

Ожидание завершения исполнения параллельного кода и перенос результатов вычислений с памяти исполнительных устройств на основную память;

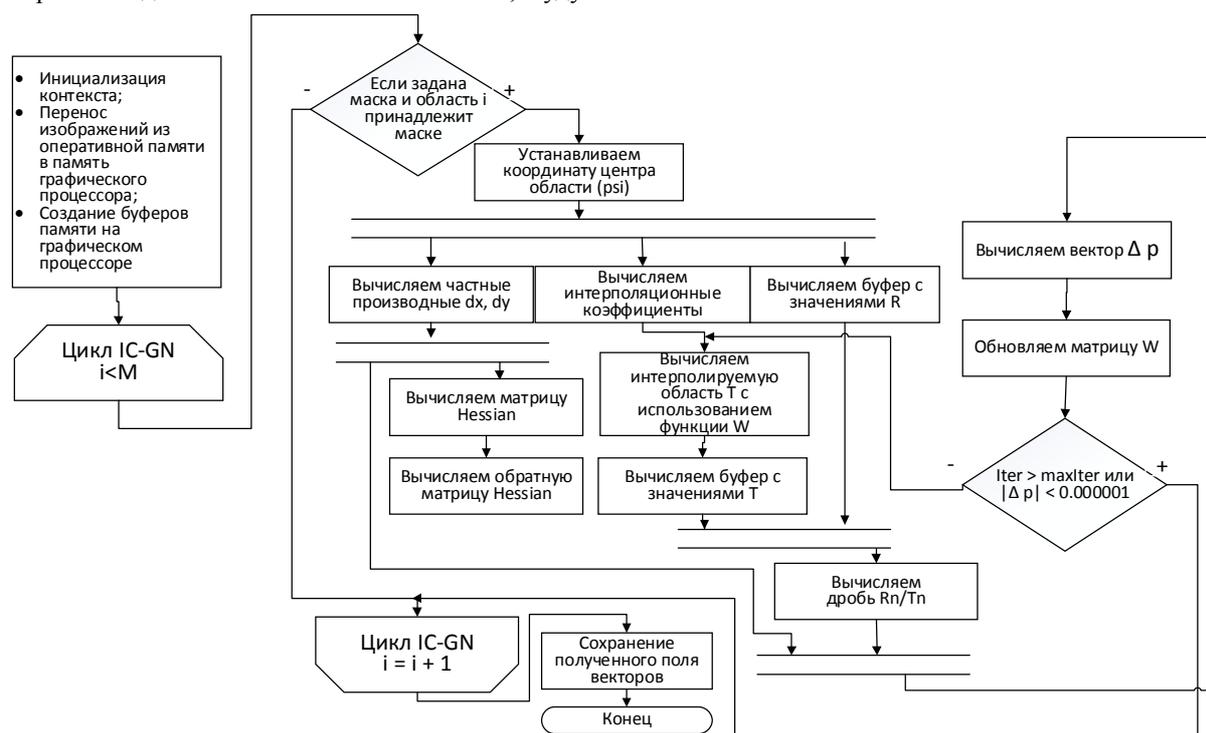
Освобождение ресурсов и завершение работы программы [4].

Дополнительного увеличения скорости обработки можно достичь через параллельное исполнение команд помимо распараллеливания обработки данных возможна. Тем самым, будут

задействованы неиспользуемые исполнительные устройства. Что должно привести к дополнительному увеличению скорости обработки данных.

Так как для БПФ уже существуют готовые реализации [5], то необходимо реализовать параллельный вариант второй части алгоритма.

В целом, многопоточная версия алгоритма отличается от однопоточной тем, что используются параллельные методы обработки. Ниже представлена блок-схема разработанной многопоточной версии алгоритма.



Блок-схема многопоточного алгоритма

Заключение

Разработанная многопоточная версия алгоритма имеет преимущество в скорости за счет многопоточных вычислений. Однако, негативным фактором при многопоточной работе на GPU является медленная скорость переноса буферов с основной памяти на память устройства.

В качестве дальнейших перспектив возможно улучшение существующего алгоритма, оптимизация кода и внедрение новых изменений.

Список использованных источников

1. Jiang Z, Kema Q, Miao H, Yang J, Tang L. Path-independent digital image correlation with high accuracy, speed and robustness. Opt Laser Eng 2015;65: С. 93 – 102.
2. Baker S., Matthews I. Equivalence and efficiency of image alignment algorithms. In: Proceedings of the

IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol.56;2001. С. 1090–97

3. «Cubic interpolation» [Электронный ресурс]. (1.06.16) Режим доступа: <http://www.paulinternet.nl/?page=bicubic>

4. L. Zhang et al. High accuracy digital image correlation powered by GPU-based parallel computing. Optics and Lasers in Engineering 69 (2015) С. 7–12

5. «OpenCL™ Optimization Case Study Fast Fourier Transform» [Электронный ресурс]. (1.06.16) Режим доступа: <http://developer.amd.com/resources/articles-whitepapers/opencl-optimization-case-study-fast-fourier-transform-part-1/>

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ TLP ПАКЕТОВ В ИНТЕРФЕЙСЕ PCIE 2.0 X8

Новожилов И.В., Рубцов И.Н.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н.
Томский политехнический университет
e-mail: ilya2371@yandex.ru, jgs@tpu.ru

Введение

PCI Express является стандартом передачи данных между CPU, системной памятью и аппаратными ускорителями (GPU, ПЛИС) в задачах высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing). Весь трафик данного интерфейса оформлен в виде пакетов, из которых прикладной интерес представляют пакеты уровня транзакций — TLP [1,2]. В данной работе рассмотрена реализация модуля обработки TLP пакетов в составе контроллера интерфейса PCI-E (односторонняя потоковая передача).

Типы TLP пакетов

Существуют различные виды TLP пакетов: read request, write request, completion и другие. Для реализации односторонней передачи данных были использованы только два: read request (Рис. 1) и completion (Рис. 2).

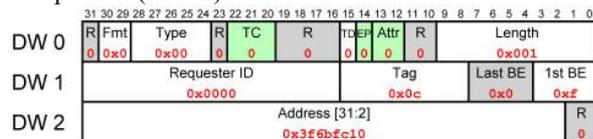


Рис. 1. Read Request TLP

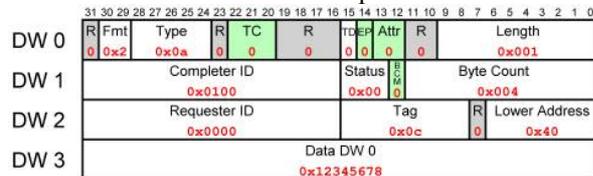


Рис. 2. Completion TLP

Read request TLP приходит от хоста и является началом передачи данных. Completion TLP – ответ на пришедший запрос, содержащий данные требуемого объема.

Структура модуля обработки TLP пакетов

Обработчик TLP пакетов является встраиваемым модулем в составе контроллера интерфейса PCI-E. В основе контроллера лежит ядро PCI-E[3], обмен данными с которым осуществляется с помощью интерфейса AXI4-

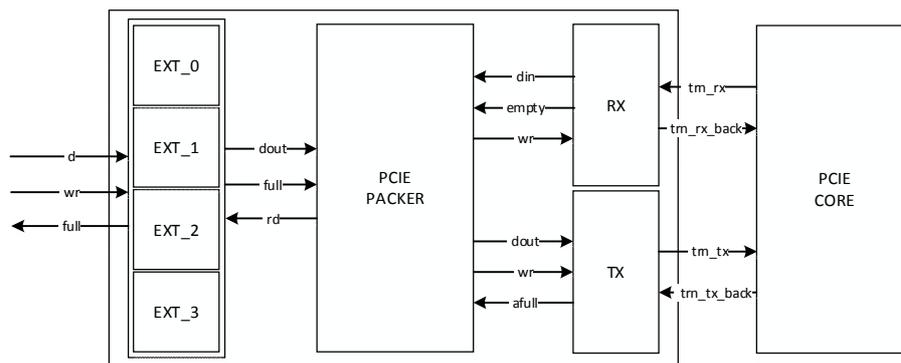


Рис. 3. Структурная схема модуля

Stream[4] (128 бит для 8-ми линий), который позволяет передавать по 4 TLP слова за такт.

Для построения иерархии проекта был применен блочно-ориентированный подход[5]. Структурная схема модуля обработки TLP пакетов имеет следующий вид (Рис. 3).

Все пришедшие запросы на чтение помещаются в очередь RX (95 бит), затем извлекаются модулем pcie_packer для формирования заголовков ответного пакета. Данные для передачи извлекаются из очереди EXT (128 бит) и поступают в pcie_packer. Очередь TX хранит обработанные пакеты для их отправки в ядро PCI-E.

Модуль pcie_packer включает в себя 2 автомата: rx и tx. Первый проверяет наличие данных и запроса, считывает их, устанавливает флаг занятости. Возврат в начальное состояние происходит при сбросе флага занятости автоматом tx.

Автомат tx начинает свою работу при установке флага занятости. На первом такте (tx0) формируется сигнал rd для обновления данных D0 в очереди EXT, т.к. на следующем такте они будут отправлены вместе с заголовками.

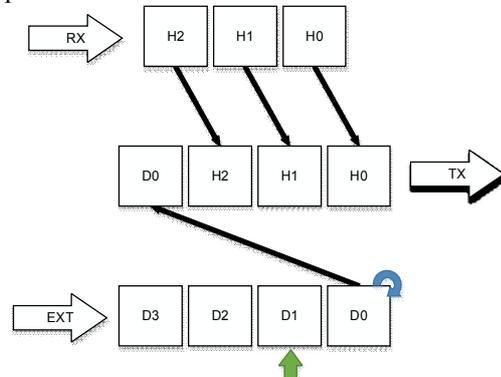


Рис. 4. Пример формирования DW0

Состояние tx1 (Рис. 4) используется для формирования заголовков (H0, H1, H2) на основе полученного запроса.

Слово (D0, H2, H1, H0) отправляется в очередь TX, откуда отправляется к хосту. При этом осуществляется сдвиг указателя pointer на следующий раздел. Указатель показывает на раздел очереди EXT, в котором хранится следующая порция данных.

Переход в следующее состояние зависит от объема запрашиваемых данных (H0 - Length). При заполнении очереди TX – переход в состояние ожидания tx_w. При необходимости отправки более четырех порций данных – tx2, менее четырех – tx3. Если требовалось отправить только одну порцию данных, происходит сброс флага занятости и переход в tx4. При переходе в состояние EXT обновляются все 4 слова во входных очередях EXT.

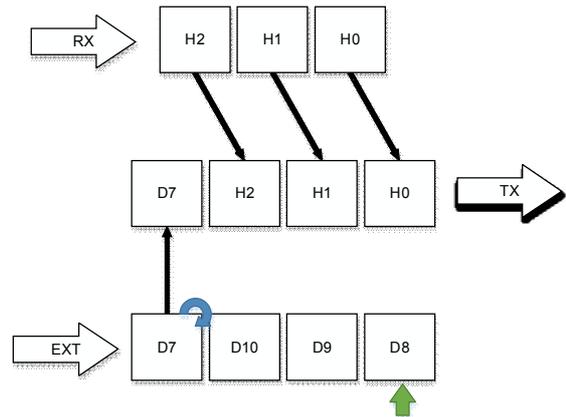


Рис. 7. Пример формирования DW0 следующего пакета

Для тестирования разработанного модуля были подготовлены TLP пакеты с запросами на чтение данных разного объема (1, 2, 5 и 15 32-битных слов). Считываемые данные генерировались случайным образом. В результате работы модуля были сформированы TLP ответы с запрашиваемым объемом данных. Заголовки всех пакетов имели правильную структуру и соответствовали запросам.

Для реализации полного контроллера требуется добавить систему управления передачей данных (команды типа: пауза, возобновление передачи), управление каналом DMA.

Заключение

В данной работе рассмотрена структура TPL пакетов, структура обработчика TLP пакетов. Разработан быстродействующий модуль обработки TLP пакетов с применением блочно-ориентированного подхода и языка описания аппаратуры VHDL. По результатам тестирования установлено, что разработанное устройство при частоте 250 МГц исправно считывает TLP запросы и данные, формирует TLP ответ с требуемым объемом данных и отправляет его на ядро PCI-E по интерфейсу AXI4-Stream.

Список литературы

1. Mike Jackson, Ravi Budruk // PCI Express Technology Comprehensive Guide to Generations 1.x, 2.x, 3.0 // MindShare, Inc. – 2012. – С. 1057
2. PCI Express Base Specification Revision 3.0 // PCI-SIG – 2010. – С. 860
3. 7 Series FPGAs Integrated Block for PCI Express v3.2 // Xilinx inc. – 2015. – С. 401
4. AXI Reference Guide // Xilinx, Inc. – 2011. – С. 82
5. Еремин В. В. , Мальчуков А. Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. - 2011 - №. 1 - С. 379-381. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>

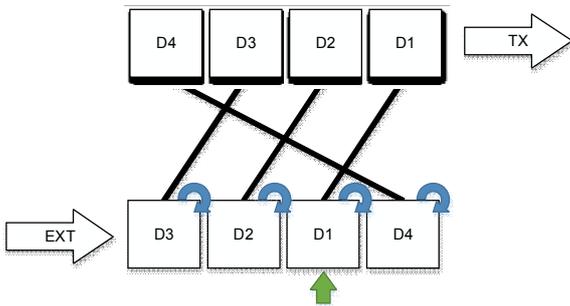


Рис. 5. Пример формирования DW1

Состояние tx2 (Рис. 5) используется для формирования слова из четырех порций данных (D4, D3, D2, D1). Слово DW1 формируется с раздела, на котором остановился указатель. Переход в следующее состояние происходит по тому же алгоритму, что и в состоянии tx1.

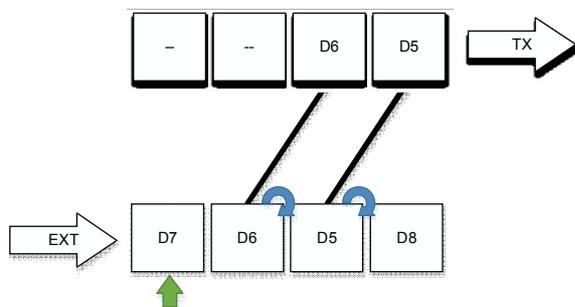


Рис. 6. Пример формирования DW2

В состоянии tx3 (Рис. 6) формируется последний фрагмент TLP пакета (1-3 Data DW). Помимо данных (127:0) в очередь TX записывается флаг последнего TLP слова (128) и строб (132:129) для обозначения валидности данных. Флаг занятости сбрасывается, происходит переход в tx4.

В tx4 сбрасываются сигналы записи и обновления данных, происходит переход в tx0.

При обработке следующего запроса (Рис. 7) учитывается положение указателя pointer. Таким образом достигается высокая производительность модуля при обработке данных.

СИСТЕМА ФИКСАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ЛЕДОЛАЗАНИЮ

Миртов С.П.

Научный руководитель: Фадеев А.С., зав. каф. АИКС ИК ТПУ

Томский политехнический университет

mirtov-sb@mail.ru

Введение

Одной из самых важных задач при организации судейства в соревнованиях по ледолазанию является задача измерения времени прохождения трассы с точностью до микросекунд. Именно время является критическим фактором определения победителя соревнований. Для исключения влияния человеческого фактора в лице судьи соревнований на процесс замера времени прохождения дистанции спортсменом были разработаны различные автоматизированные системы хронометража.

Особенностью предлагаемых на рынке систем спортивного хронометража является высокая стоимость, низкая точность измерений, сложность монтажа и эксплуатации, а также рассинхронизация времени, связанная с термочувствительностью кварцевых генераторов [1].

В настоящее время существует высокая востребованность в подобных системах, многие спортивные организации имеют острую необходимость в схожих системах автоматической фиксации и обработки результатов, но не могут себе позволить этого в связи с очень высокой стоимостью на рынке.

Задачи систем хронометража

Учитывая набирающую популярность относительно новых видов спорта, таких как ледолазание, скалолазание и альпинизм в целом высокую актуальность имеет разработка высокоточных систем хронометража, имеющих стоимость, в несколько раз ниже существующих аналогов, а также обладающих набором функций упрощающих процесс проведения соревнований, и отличающих его от существующих аналогов, а именно:

- возможность фиксации результатов двух трасс одновременно;
- возможность синхронизации тактовой частоты с атомными часами установленными на спутниках;
- возможность работы системы при критически низких температурах (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- автоматическое ведение протоколов;
- отображение результатов на табло в режиме реального времени.

Спецификация системы хронометража

Для реализации технической части разрабатываемой системы хронометража были выбраны следующие базовые компоненты:

- Микроконтроллер stm32f103c8t6, осуществляющий счет времени, фиксацию моментов старта и финиша, вывод данных на табло и на сервер. Выбор микроконтроллера серии STM32 связан с его высокой производительностью, большим количеством аппаратных таймеров, а также гибко настраиваемых векторов обработчиков прерываний, и относительно невысокой стоимостью в сравнении с популярными контроллерами Atmega328.
- GPS модуль gps-neo-6m, позволяющий синхронизировать время и тактовую частоту со спутниками глобальной навигационной системы.
- Полевые N-канальные транзисторы, необходимые для управления высокими нагрузками при помощи микроконтроллера.
- Элемент Пельтье, для поддержки постоянной температуры кварцевого генератора.
- Активные сирены, предназначенные для звуковой индикации состояния трассы.
- Концевые переключатели, выполняющие функцию определения состояния старта и финиша.
- Светодиодные модульные матрицы P10 необходимые для разработки табло.
- Адаптер UART – USB, предназначенный для подключения контроллера к серверу.

Обеспечение высокой точности

Для обеспечения высокой точности фиксации моментов времени используются GPS-модули gps-neo-6m. В данные модули встроены стабилизаторы напряжения, а также термостатированные кварцевые генераторы, управляемые напряжением, и встроены ПИД-регулятор, все это позволяет синхронизировать тактовую частоту модуля, а также синхронизировать фронты меандра выходного сигнала с атомными часами, установленными на спутниках GPS. Компания U-blox выпускает программное обеспечение для конфигурации и тонкой настройки модулей GPS семейства NEO [7], что позволяет настроить тактовую частоту выходного сигнала модуля GPS в пределах от 1 Гц до 200 кГц. Настройка тактовой частоты выходного сигнала имеет высокое значение для построения систем счета времени так как для

достижения высокой точности необходимо сформировать сигнал, с частотой, кратной десяти. Необходимость кратности частоты обусловлена десятичной системой счисления, используемой при счете времени на соревнованиях. Так же данное программное обеспечение позволяет настроить форматированный вывод в полудуплексном режиме для общения с микроконтроллером через последовательный порт UART. Использование модулей GPS без синхронизации со спутниками позволило добиться точности до 10-6 сек., а в режиме синхронизации вплоть до 10-8 сек., а также избежать рассинхронизации времени из-за термочувствительности кварцевого генератора.

Фиксация и вывод времени на табло

Выходной сигнал GPS модуля передается на два порта ввода микроконтроллера, которые, в свою очередь, заведены на два независимых таймера счетчика TIM1 и TIM2, для уменьшения числа перехватов прерывания первый таймер настроен на счет по нарастающему фронту, второй по спадающему фронту. Выходной сигнал

настроен на частоту 1 кГц. Предделители таймеров настроены на счет каждого десятого фронта, что обеспечивает достаточный промежуток времени для осуществления форматного (строки типа 00:00:000) вывода строки времени на два независимых последовательных порта при помощи модуля прямого доступа к памяти (Direct Memory Access) контроллера.

Вывод осуществляется с частотой 100 Гц для отображения сотых долей секунд. К светодиодным матрицам также подключены контроллеры stm32f103c8t6, которые обеспечивают формирование массива состояний светодиодов для вывода на табло. Все вышеперечисленное позволяет передавать данные на табло в режиме реального времени, что увеличивает зрелищность соревнований. В момент финиша при помощи DMA считываются данные из счетного регистра предделителя таймеров, что обеспечивает точность вывода данных до 10-3. Конфигурация таймера представлена на рисунке

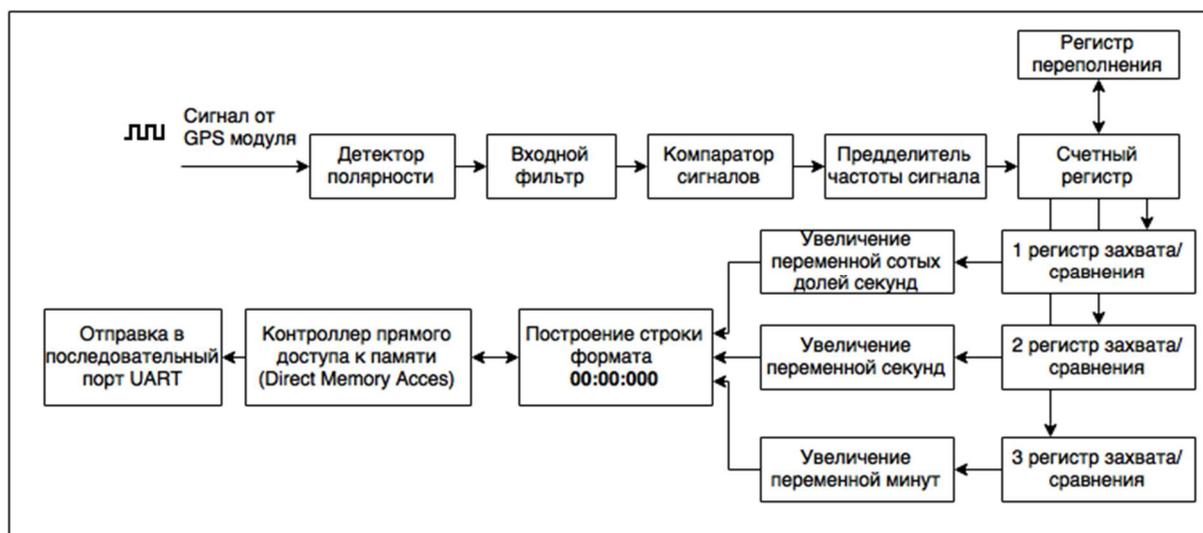


Рис. Структурная схема конфигурации аппаратного таймера контроллера stm32f103c8t6, настроенного на внешнее тактирование

Список литературы

1. Каталог существующих аналогов табло [Электронный ресурс]. URL: <http://infablo.ru/tabloport>.
2. Спецификация на микроконтроллер STM32f103c8t6.
3. Спецификация Матричного светодиодного модуля P10Led. [Электронный ресурс]. URL: http://ledworld.ae/resources/uploads/brochure/pdf_1342627000.pdf.
4. Спецификация программного обеспечения компании U-blox [Электронный ресурс]. URL: <https://www.u-blox.com/en>.

РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА OWN CLOUD НА БАЗЕ FREEBSD И RASPBERRY PI

Журман Д.А., Хиониди Р.Г., Фадеев А.С.

Научный руководитель Фадеев А.С., заведующий кафедрой АИКС ИК ТПУ
Томский политехнический университет, Институт кибернетики
daz18@tpu.ru

Введение

С развитием информационных технологий у многих предприятий возникла необходимость создания своего файлового хранилища, причем данное хранилище должно позволять осуществлять доступ к файлам как через браузер, так и локально, иметь возможность доступа одновременно с разных ОС и совместно редактировать файлы. Использовать уже готовые решения, как Dropbox или SkyDrive, не всегда разумно, так как у них существуют ограничения по скорости доступа, а в файловое хранилище, которое подключено к локальной сети, практически все запросы поступают через высокоскоростные соединения. Особое значение имеют требования к защите коммерческой информации, что легко достижимо при организации своего собственного локального сервера, но не может быть гарантировано полностью при работе с серверами сторонних организаций.

Для решения этой проблемы было предложено установить облачное хранилище OwnCloud на Raspberry Pi, который будет управляться с помощью операционной системы FreeBSD. К плюсам данной системы можно отнести: дешевизну относительно любых других облачных хранилищ; защита от DDoS-атак, так как эта функция интегрирована в ядро системы OwnCloud; доступ к облачному хранилищу практически всех ОС, включая мобильные (IOS, Android).

Аппаратная платформа Raspberry Pi

Для того чтобы держать облачный сервер, от компьютера не требуется огромная производительность, которая влечет за собой немалую цену и размеры, поэтому, для этой задачи был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi. Этот небольшой компьютер очень распространен в настоящее время. В сравнении с другими одноплатными компьютерами он имеет неплохую производительность и низкую стоимость, а также очень примечательна его стабильная работа и надежность. Кроме того, он очень эффективен для долгосрочного выполнения малозадачных процессов, а также имеет очень низкое энергопотребление, поэтому он отлично подошел для того, чтобы нести на себе облачный сервер. Тестирование сервера на базе Raspberry Pi в течение двух недель непрерывной работы показало, что сервер работает нормально, никаких сбоев не отмечено, что также подтверждает правильность сделанного выбора в пользу Raspberry Pi.

Операционная система FreeBSD

FreeBSD – это современная Unix-подобная операционная система для серверов. Данная ОС обладает высоким уровнем безопасности и стабильности, предоставляет современные сетевые возможности и обеспечивает высокую производительность. FreeBSD обладает большим набором различных утилит к числу которых и относится OwnCloud. Существует два различных способа установки стороннего программного обеспечения на данную ОС: через коллекцию портов (установка происходит из исходных кодов приложения) и через пакеты (установка происходит из откомпилированных двоичных файлов). Каждый из перечисленных способов, хоть их технологии очень похожи, имеют свои преимущества.

Преимущества пакетов

1. Tag-архив пакета обычно меньше, чем tag-архив порта.
2. При установке пакета пользователю не нужно уметь понимать процесс компиляции ПО.
3. Пакеты устанавливаются быстрее портов, так как отсутствуют необходимость в их компиляции. При установке больших приложений, это может быть критично при работе на слабой системе.

Преимущества портов

1. Некоторое программное обеспечение запрещено распространять в двоичном виде, поэтому оно распространяется в виде исходного кода для компиляции самим пользователем.
2. Пакеты обычно создаются с расчетом на то, чтобы работать на максимальном количестве систем, а при установке приложения из порта существует возможность изменения опций компиляции.
3. Некоторое программное обеспечение имеет опции времени компиляции, которые позволяют определять необходимые функциональные возможности.

Настройка сервера

Для того, чтобы создать облачное хранилище, прежде всего необходимо было установить и настроить веб-сервер, который позволит организовать доступ к файлам OwnCloud. В качестве веб-сервера было принято решение использовать Apache HTTP-сервер, так как он является кроссплатформенным и поддерживает установленную ОС FreeBSD, обладает высокой надежностью и гибкостью конфигурации, также он

обеспечивает подключение внешних модулей для предоставления данных. Установка Apache, не потребовала изменения опций компиляции, поэтому установка была произведена через пакет “php56” в состав которого входит помимо самого сервера Apache, так же и интерпретатор php. Установка пакетов в ОС FreeBSD осуществляется через команду “pkg install”. В данном случае потребовалось ввести команду:

```
pkg install php56 mod_php56 php56-extensions
```

После установки был изменен файл настроек сервера, который располагается по адресу /usr/local/etc/apache24/httpd.conf. Открыть его можно через любой из уже предустановленных текстовых редакторов ee или vi. В данной работе был использован редактор ee в виду простоты его интерфейса. В конец файла конфигурации были добавлены строки, которые были выведены на экран после установки пакета “php56”:

```
<FilesMatch "\.php$">  
  SetHandler application/x-httpd-php  
</FilesMatch>  
<FilesMatch "\.phps$">  
  SetHandler application/x-httpd-php-source  
</FilesMatch>
```

Также были настроены параметры ServerName и установлено значение 127.0.0.1:80, что позволило обращаться к серверу из приложений, запускаемых на самом сервере. Измени значения параметра DirectoryIndex на Index index.html index.php, этот параметр определяет возвращаемую страницу по умолчанию, в том случае, если в качестве запроса указан только путь к директории. После выполнения этих настроек сервер apache был запущен командами:

```
# echo 'apache24 enable="YES"' >> /etc/rc.conf  
# service apache24 start
```

При этом первая команда добавила в файл сетевой конфигурации /etc/rc.conf строку, запускающую сервер автоматически при каждом перезапуске операционной системы. Проверить работоспособность сервера можно набрав на другом компьютере в строке браузера ip-адрес, которые соответствует адресу сервера Raspberry Pi. В результате на экране должна возникнуть надпись веб-страницы по умолчанию «It's works!».

Так как OwnCloud – это не традиционная система для ОС FreeBSD, то не все требуемые для ее работы пакеты нормально установились с первого раза, поэтому было принято решение данное программное обеспечение устанавливать через порты. Для этого была получена и распакована Коллекция Портов, при помощи команд:

```
# portsnap fetch  
# portsnap extract
```

Следующим этапом был установлен сервер OwnCloud из портов:

```
cd /usr/ports/www/owncloud  
make all install clean
```

В файл конфигурации веб-сервера Apache /usr/local/etc/apache24/httpd.conf были добавлены строки, позволяющие переадресовывать запросы к серверу OwnCloud:

```
Alias /owncloud /usr/local/www/owncloud  
AcceptPathInfo On  
<Directory /usr/local/www/owncloud>  
  AllowOverride All  
  Require all granted  
</Directory>
```

После перезагрузки сервера командой # **service apache24 restart**, можно зайти на созданное облачное хранилище, также введя в адресной строке браузера ip-адрес, и еще приписав в конце «/owncloud».

При первом заходе на облачное хранилище, сервер OwnCloud потребовал создать аккаунт администратора, введя свой логин и пароль, после чего было необходимо выбрать базу данных. В данной работе использовали SQLite, так как она более компактна по сравнению с остальными.

Заключение

Таким образом, было создано полноценное облачное хранилище, размещенное на компактном, недорогом и энергоэффективном микрокомпьютере, которое способно обеспечить нужды различных предприятий, удобное в эксплуатации и обладающее рядом серьезных преимуществ по сравнению с аналогами. В дальнейшем возможно добавление дополнительного источника электропитания к Raspberry Pi и подключение жесткого диска большого объема, для увеличения объема облачного хранилища. Благодаря приятному и удобному интерфейсу ресурса owncloud и всех прочих преимуществ Raspberry и Apache, подобные хранилища могут быть очень актуальны и востребованы в наше время.

Список использованных источников

1. Справочник по FreeBSD. [Электронный ресурс].-URL:https://www.freebsd.org/ (дата общения 15.10.2016).
2. Справочник по Raspberry Pi. [Электронный ресурс].-URL:https://www.raspberrypi.org (дата общения 13.10.2016).
3. Справочник по облачному серверу owncloud. [Электронный ресурс].-URL:https://owncloud.com/ (дата общения 10.10.2016).
4. Справочник по ApacheHTTP - server [Электронный ресурс].-URL:www.puzzleweb.ru/other/apache.php
5. (дата общения 12.10.2016).

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Пономарева А.В.

Шамин А.А.

Томский политехнический университет

avp35@tpu.ru

Введение

В общем случае низовая сеть сбора и обработки гидрометеорологических данных включает в себя следующие компоненты: датчики, предназначенные для сбора информации о температуре, давлении влажности и других параметрах окружающей среды; средства сбора информации с датчиков или ввода ее оператором и передачи собранной информации в центр сбора данных (ЦСД); региональные ЦСД, куда стекаются данные с наблюдательной сети — метеостанций, гидро- и метео-постов данного региона.

Интеллектуальные микропроцессорные терминалы (МПТ) относятся к средствам сбора информации и передачи её в ЦСД.

Типовые функции программного обеспечения МПТ: получение информации с датчиков и от оператора; преобразование полученной информации в телеграмму, закодированную в коде, принятом в метеорологии (например, коде КН-01); передача сформированной телеграммы в ЦСД.

Одна из особенностей программного обеспечения (ПО) МПТ состоит в том, что это ПО должно поддерживать множество типов датчиков, подключаемых к МПТ. Количество типов датчиков, используемых в метеорологии, исчисляется сотнями. Протоколы, используемые этими датчиками часто нестандартны и несовместимы между собой. В то же время, на каждой отдельной метеостанции, число датчиков, подключенных к одному МПТ обычно не более десяти.

Исходя из этого, можно сформулировать некоторые требования к ПО МПТ: ПО должно быть настраиваемым под конкретную конфигурацию датчиков; ПО должно позволять добавление поддержки новых типов датчиков; ПО должно рационально использовать ресурсы МПТ.

Данным требованиям отвечает ПО с модульной архитектурой, которая описана, например, в [1].

Модульная архитектура ПО

Введем понятие программного модуля. Программный модуль (далее — модуль) это отдельная программа или библиотека, работающая независимо от остальных, но имеющая интерфейсы для обмена данными с другими программными модулями [2]. Совокупность таких модулей образует программную систему. Существует два основных критерия, по которым определяется

качество программного обеспечения, построенного по модульному принципу:

- связность (или прочность) модуля — мера силы взаимосвязанности элементов внутри модуля, способ и степень, в которой задачи, выполняемые некоторым программным модулем, связаны друг с другом [3];

- сцепление (или сопряжение) — способ и степень взаимозависимости между программными модулями, сила взаимосвязей между модулями, мера того, насколько взаимозависимы разные подпрограммы или модули [3].

Качество программного обеспечения с точки зрения модульной архитектуры определяется, в частности, по этим двум параметрам. В идеале Модуль должен иметь сильную связность и слабое сцепление с другими модулями.

Данный подход к разработке программного обеспечения имеет ряд преимуществ.

Во-первых, каждый модуль может разрабатываться отдельно, независимыми разработчиками или их группами. В нашем случае это важно, так как производителей датчиков для метеорологии множество.

Во-вторых, если модули имеют малое сцепление, то модифицируемость программы возрастает, то есть добавление новых модулей или удаление уже существующих не представляет труда, к тому же возможно динамическое подключение модулей в процессе работы программы. Иными словами, возрастает гибкость программного обеспечения.

В-третьих, достигается требование рационального использования ресурсов МПТ, поскольку неиспользуемые модули просто не загружаются в память и не расходуют ценные ресурсы ОЗУ и процессорного времени.

В-четвертых, модульная архитектура более надёжна, так как неисправность одного или нескольких модулей-программ не может стать причиной неисправности целой программной системы. Заметим, что это не относится к модулям-библиотекам. Программные модули включают функции мониторинга работы других программных модулей, что позволяет проводить перекрёстный мониторинг работоспособности программной системы.

ПО МПТ системы сбора и обработки гидрометеорологической информации

Структура ПО, разработанного для МПТ ВИП-МК, представлена на рис. 1.

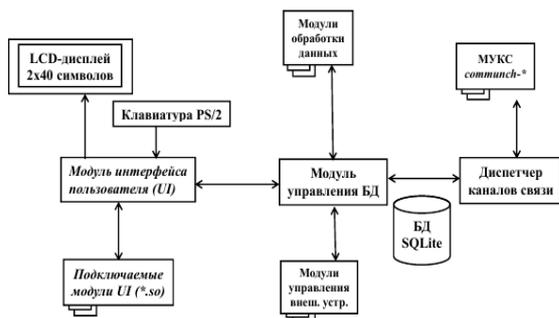


Рис. 1. Структура программного обеспечения для сбора и обработки гидрометеорологической информации

Разбиение ПО на модули осуществлено по их функциональному назначению, т.е. каждый модуль отвечает за выполнение какой-либо определенной функции и предоставляет интерфейс для взаимодействия с другими модулями.

Рассмотрим кратко назначение и функции программных модулей МПТ ВИП-МК.

В качестве устройств ввода и вывода используются LCD-дисплей и клавиатура PS/2 соответственно. Стоит отметить, что количество информации, выводимой на экран МПТ ВИП-МК ограничено размером дисплея и составляет 2 строки по 40 символов. Данную специфику следует учитывать при разработке модуля пользовательского интерфейса. Этот модуль должен предоставлять пользователю основные функции для работы с форматами метеорологических телеграмм в соответствии с используемым кодом. В данном случае использовался код КН-01 [4]. При необходимости, кодировка телеграмм может быть изменена при помощи замены соответствующего модуля обработки данных.

Обмен данными в ПО построен таким образом, что все данные от датчиков, оператора или сообщения, принятые из каналов связи помещаются в соответствующие таблицы базы данных (БД), а затем эти данные используются другими модулями. Такой подход удобен, поскольку позволяет использовать одну и ту же запись в БД несколькими другими модулями. Кроме того, в случае отключения питания необработанные данные не исчезают, и их обработка производится после включения прибора.

В реализованном ПО используется СУБД SQLite. При необходимости возможно использование других СУБД, например, PostgreSQL или MySQL. При этом меняется только модуль управления БД, а остальные модули остаются неизменными. Модули управления внешними устройствами позволяют осуществлять взаимодействие с другими устройствами, например, с датчиками.

Модули управления каналами связи (МУКС) осуществляет прием и передачу данных между МПТ и ЦСД. Каждый МУКС управляет обменом данными по одному каналу связи.

Для взаимодействия с модулем управления базой данных используется диспетчер каналов связи. Функции этого модуля — принятие решение по какому из каналов отправлять те или иные данные, а также обработка сообщений и запросов, принятых по каналам связи.

Модули пользовательского интерфейса реализованы в виде модулей-библиотек, представленных в ОС Linux файлами, имеющими расширение .so. В зависимости от конфигурации конкретного МПТ ВИП-МК, в память загружаются только необходимые модули интерфейса пользователя.

Заключение

Модульный подход к разработке программного обеспечения позволил решить проблему конфигурируемости и масштабируемости ПО для рационального использования использования ресурсов МПТ ВИП-МК.

Кроме того, модульный подход позволяет частично решить проблему переносимости ПО между различными платформами. Например, при разработке новых поколений микропроцессорных терминалов изменяются параметры дисплеев, может быть подключена другая клавиатура или дополнительные средства ввода и вывода информации. Модульная архитектура позволяет без изменения алгоритма работы ПО, заменить модуль интерфейса пользователя, полностью сохранив уже разработанные и отлаженные программные модули.

Список использованных источников

1. Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. Software Architecture in Practice (3rd Edition) // SEI Series in Software Engineering. — 3d edition (October 5, 2012). — 2012. — 640 pp.
2. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. — М.: Мир, 1980. — 359 с.
3. Тимоти Бадд. Объектно-ориентированное программирование в действии — СПб.: «Питер», 1997. — 464 с.
4. Заболотников Г.В. Учебное пособие по работе с кодами метеорологической информации КН-01. — С.-П.: РГГМУ, 2010. — 42с.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОДСЧЕТА КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ ДЛЯ ТРЕХ 32-БИТНЫХ СЛОВ

Рубцов И.Н., Новожилов И.В.
Научный руководитель: А.Н. Мальчуков
Томский политехнический университет
E-mail: inr2@tpu.ru

Введение

Для проверки целостности данных существуют различные методы подсчета контрольной суммы CRC. Классический (побитовый) алгоритм реализуется с помощью последовательного итерационного сдвига данных в регистре с обратной связью на один бит. Недостатком этого метода является низкая скорость работы. Особенностью табличного алгоритма является то, что при расчете контрольной суммы используется таблица с предвычисленными значениями на основе образующего полинома. При использовании данного метода используется большой объем памяти, т.к. требуется хранить предвычисленные данные. Матричный алгоритм работает так же, как и табличный, за исключением того, что вместо таблицы используется операция умножения выдвинутого вектора на матрицу по модулю 2. Подробное описание и анализ методов представлены в работе [3]. Основываясь на анализе алгоритмов вычисления CRC, выбран матричный алгоритм.

Далее приведено описание матричного алгоритма:

Шаг 1. Сложение по модулю 2 входного слова и сдвигового регистра. На первой итерации каждый бит сдвигового регистра содержит «1»;

Шаг 2. Результат сложения умножается на образующую матрицу;

Шаг 3. Полученный вектор записывается в сдвиговый регистр и является контрольной суммой;

Шаг 4. Для накопления контрольной суммы выполняются пункты 1-3 (пока не закончатся входные данные).

Задача

Задачей является реализация модуля на языке Verilog/VHDL, вычисляющего контрольную сумму для трех 32-битных слов на частоте 250 МГц.

Исходя из этого, существуют два пути возможного решения данной задачи: накопление контрольной суммы от каждого слова, либо обработка одного 96-битного слова.

Реализация модуля подсчета контрольной суммы CRC32 (с накоплением)

Данный модуль (Рис. 1) обрабатывает N 32-битных слов, последовательно накапливая контрольную сумму. Модуль Input reg выполняет роль входного регистра, который записывает входные данные по сигналу Valid_data = «1» и

устанавливает сигналы busy = «1» и valid = «1». При Valid_data = «0» сигнал valid и busy сбрасываются в «0». Сигнал valid показывает истинность записанных данных, busy – свидетельствует о начале обработки данных. Модуль Crc32 – асинхронная комбинационная схема. В данном модуле происходит накопление контрольной суммы. Для реализации этого модуля применяется полином 0x04C11DB7. Output reg являются выходным регистром для данных и сигнала valid_crc (валидность контрольной суммы).

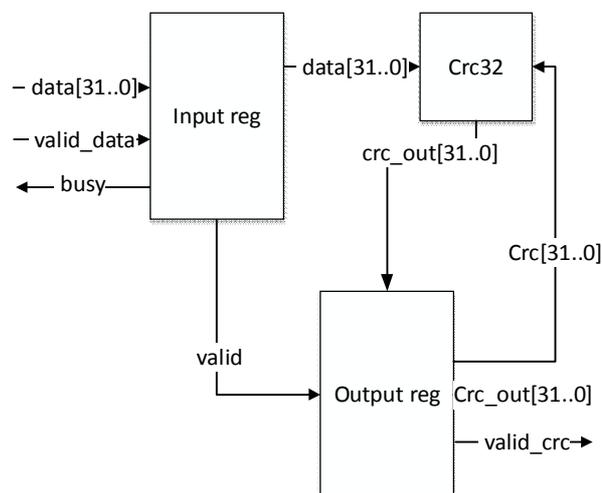


Рис. 1. Структурная схема модуля подсчета контрольной суммы CRC32 матричным методом с накоплением

Если количество обработанных слов меньше чем заданный параметр, контрольная сумма передается обратно в блок Crc32. После накопления суммы итоговая контрольная сумма инвертируется и отправляется дальше (Crc_out). Valid_crc указывает на актуальность записанной в регистре контрольной суммы.

Реализация модуля подсчета контрольной суммы CRC32 (без накопления)

В данной реализации было принято решение по объединению трех 32-разрядных слов в одно 96-разрядное (Рис. 3). Таким образом можно заменить операцию сложения по модулю 2 регистра и входных данных на инверсию старших 32-ух битов входного слова. Такой подход позволит существенно увеличить производительность, но и увеличит образующую матрицу в 3 раза, что повлияет на количество используемых ресурсов.

Методика тестирования и результаты работы

Для тестирования модуля использовалась программа на языке C++. Данная программа генерирует 2 файла. В первом содержится указанное число тестовых слов (слова сгенерированы случайным образом), а во втором соответствующие им контрольные суммы. Далее был написан тест, который читает файлы с данными и контрольными суммами.

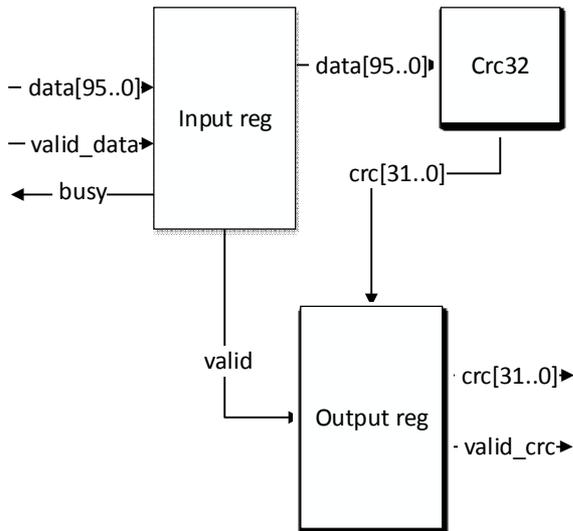


Рис. 2. Структурная схема модуля подсчета CRC32 матричным методом без накопления

Тестовые слова подаются на вход модуля, а полученные контрольные суммы сравниваются с тестовыми. Результат сравнения выводится в консоль. Как видно на Рис. 3., обработка одного тестового слова происходит за 1 такт. Тестирование подтвердило работоспособность модулей на требуемой частоте (250 МГц) и на завышенной частоте (400 МГц).

Заключение

В результате работы были реализованы два модуля для подсчета контрольной суммы CRC32.

96-битный модуль обрабатывает тройное слово за один такт, а 32-битный за 3 такта. 96-битный модуль использует большее количество вычислительных ресурсов, за счет чего достигается более высокая производительность.

- 32-битный модуль - 138 LUT, 102 FF;
- 96-битный модуль - 206 LUT, 131 FF.

(FF – D-триггер, LUT – таблица поиска).

Однако, 32-битный модуль является более гибким, т.к. имеет возможность подсчитывать контрольную сумму от любого заданного количества 32-битных слов. В то время как 96-битный модуль только от 96-битного слова.

Список литературы

1. Еремин В. В., Мальчуков А. Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011 – №. 1 – С. 379-381. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>, свободный (дата обращения: 7.07.2016).
2. Мыцко Е. А., Мальчуков А. Н. Исследование программных реализаций алгоритмов вычисления CRC совместных с PKZIP, WINRAR, ETHERNET // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 322 – №. 5. – С. 170-175
3. Мыцко Е. А., Мальчуков А. Н. Особенности программной реализации вычисления контрольной суммы CRC32 на примере PKZIP, WINZIP, ETHERNET [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011 – №. 1 – С. 279-282. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>, свободный (дата обращения: 7.07.2016).

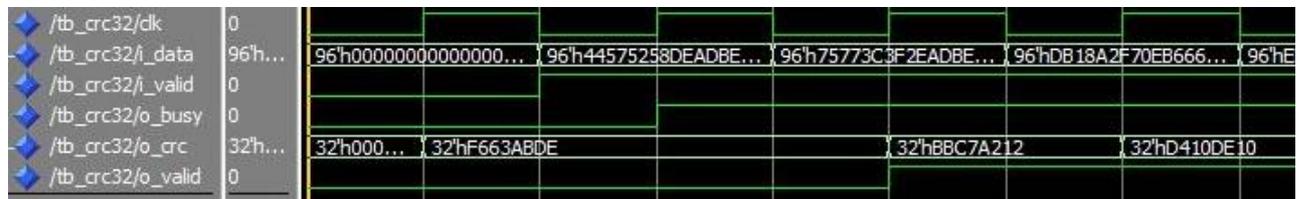


Рис. 3. Тестирование 96-битного модуля

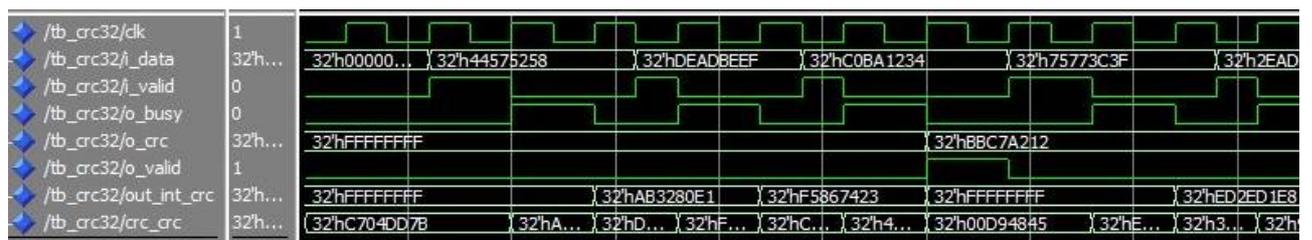


Рис. 4. Тестирование 32-битного модуля

ЭЛЕКТРОННЫЙ СИТУАТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЮРИДИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Славин С.В.

Научный руководитель Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
svs22@tpu.ru

Введение

В настоящее время активно разрабатываются компьютерные инструментальные средства для ведения учебных курсов [1-4]. Практически по всем направлениям учебных дисциплин создаются электронные учебники, тестирующие средства, а также программные комплексы для самостоятельного обучения.

Важным моментом в обучении при помощи электронных образовательных ресурсов является адекватная и полная проверка полученных знаний. Такой проверкой занимаются специально разработанные электронные тестирующие средства. В настоящей работе описывается разработка ситуативного электронного тренажера для студентов юридических высших учебных заведений с помощью современных средств.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучение существующих наиболее популярных методологий составления тестов;
- исследование достоинств и недостатков методологий тестирования;
- исследование уголовно-процессуального кодекса, разработка сценария тестирования и его последующая декомпозиция на акты;
- разработка электронного ситуативного тренажера для студентов с возможностью «на лету» осуществлять функции модификации сценария с помощью CRUD-операций (create, read, update, delete).

Тренажер является продолжением и расширением темы электронных тестирующих средств и представляет собой узкоспециализированное программное средство для тестирования, основанного на действиях.

Архитектура и основные концепции приложения

Выполнение CRUD-операции происходит посредством пользования спецификацией JPA, позволяющей отображать объекты в SQL и NoSQL базы данных.

Построенная архитектура база данных позволяет просто решать задачи, которые встанут перед человеком, который вводит тест в баз данных. При данной структуре БД, можно гибко устанавливать последовательность возможных вариантов ответов, выбирать из двух типов событий, которые будут происходить при нажатии

кнопки, а также изменять названия кнопки, их описание и многое другое. Самое важное, что данную структуру можно при необходимости расширить и дополнить, не разрушая существующую.

Структура спроектированной базы данных для электронного ситуативного тренажера представлена на рисунке 1.

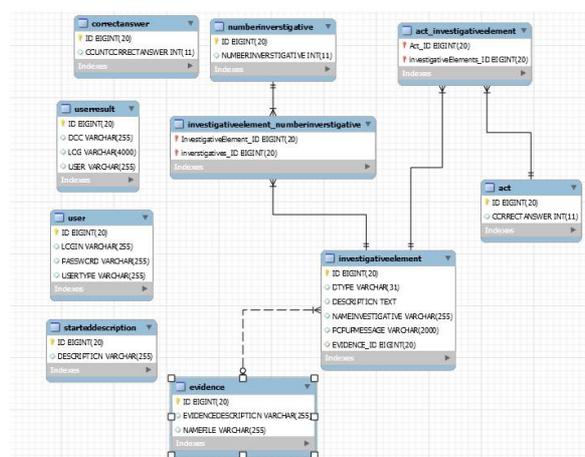


Рис. 1. Схема отношений БД

Практические результаты

При запуске приложения появляется окно, где можно выбрать сценарий дела. После нажатия кнопки «Начать» происходит загрузка сценария выбранного дела. Затем пользователю представляется окно с выбором варианта действия для определенного вещественного доказательства или ситуации. Пример окна представлен на рисунке 2.

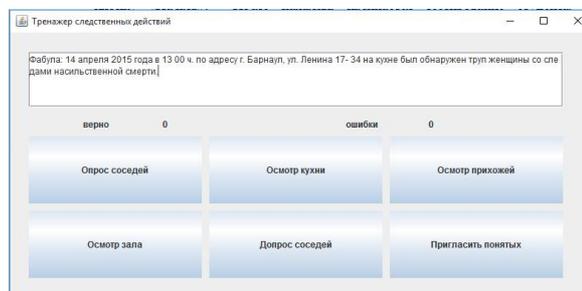


Рис. 2. Окно при старте выбранного дела

На форме присутствует счетчики ошибок и правильных ответов. Отрицательный счетчик увеличивается, если студент дал ответ, который невозможен на данном этапе следственного действия, когда нарушает процессуальный кодекс,

либо, когда нарушает оптимальные критерии ведения предварительного следствия. В остальных случаях ответ считается правильным.

В процессе тестирования студенту могут попадаться улики. Например, при нажатии на действие «Осмотр зала», будет результат, представленный на рисунке 3. Так же изменится состояние окна, на котором была представлена фабула дела. В данном окне теперь будет представлен результат выполненного действия. Так будет с каждым действием, являющимся правильным. После выбора действия, оно пропадает.

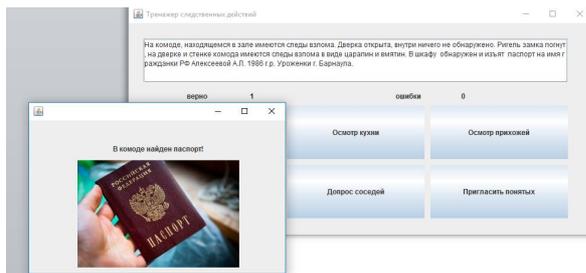


Рис. 3. Действие, содержащее улику

Также есть действия, которые просто отражают выполненный результат. Кроме этого существуют ситуации, при нажатии на которые открывается документ, после чего его можно редактировать. Такие действия необходимы для того, чтобы проверять умение студентов составлять протокольные документы. После того, как документ будет закрыт, преподаватель сможет открыть и проверить его, как это уже описывалось выше.

Среди действий, которые неправильные нужно различать те, что не доступны и те, что нарушают оптимизация предварительного следствия. Диалоговое окно, содержащее описание последнего действия не изменяется. Такие ситуации представлены на рисунках 4 и 5.

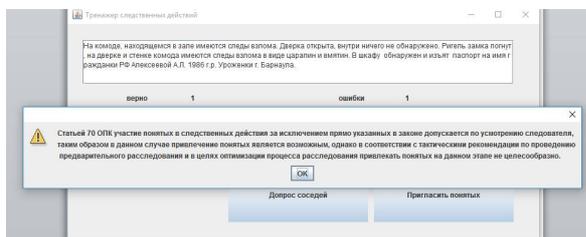


Рис. 4 Событие при нарушении оптимизации ведения предварительного следствия

После того, как все правильные ответы кончились, происходит переключение на следующую форму, где так же могут быть представлены различные ситуации.

Когда студент прошел тестирование, можно зайти в программу как «преподаватель» и просмотреть статистику по тесту, а также открыть документ для проверки.

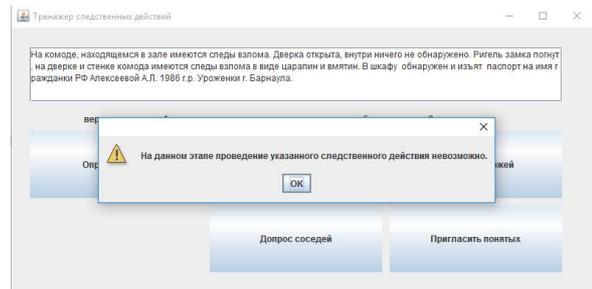


Рисунок 5 - Событие при нарушении процессуального кодекса

Заключение

В ходе выполнения данной работы для создания электронной ситуативной программы-тренажера для студентов-криминалистов, была изучена предметная тема предмета «Тактика следственных действий», спецификация ЯРА и фреймворки, позволяющие отображать Java объекты в реляционную базу данных.

Кроме того, была создана программа, которая тестирует студентов юридических вузов на знание процессуального кодекса, составления протоколов различной сложности, а также проверяет понимание логики проведения предварительного расследования. В процессе прохождения такого теста, у студента приобретается опыт, который он сможет в дальнейшем проецировать на реальные жизненные ситуации при работе следователем. Таким образом, студент сможет быстрее войти в рабочий темп и быть более эффективным сотрудником.

Список использованных источников

1. Сатунина А.Е. Электронное обучение: плюсы и минусы [Электронный ресурс] – URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=103> (дата обращения 25.05.2016)
2. Евсеева Ю.И. Современное состояние и потребности сферы обучающего ПО [Электронный ресурс] – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=103> (дата обращения 08.05.2016).
3. Методика составления и проведения тестов / Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». [Электронный ресурс] URL: <http://festival.1september.ru/articles/629527/> (дата обращения 28.05.16).
4. Попов В.А. Тестирование как метод контроля качества знаний студентов / Труды Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусства. – Санкт – Петербург, 2013. – 57 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ПЛИС

Зоев И.В., Рыжова С. Е., Береснев А.П.
Научный руководитель: Мальчуков А.Н.
Томский политехнический университет
zoev.ivan@yandex.ru

Введение

Наиболее популярной реализацией компьютерного зрения являются свёрточные нейронные сети, которые показывают большой процент распознавания объектов на изображении.

Однако в силу больших объемов вычислений данный алгоритм плохо подходит для работы с обработкой данных в реальном времени. На сегодняшний день существуют множество алгоритмов программной оптимизации СНС. Но, несмотря на это вычислительные системы СНС остаются громоздкими и не энергоэффективными.

Аппаратная реализация СНС

Одним из способов решения вышеуказанных проблем является оптимизация вычислений происходящий в нейросети на аппаратном уровне.

Для решения данной задачи необходимо сначала решить следующие проблемы:

1. Выбор представления чисел и реализация операций над ними.
2. Реализация хранения и считывания данных промежуточных результатов.
3. Реализация основных функций СНС
4. Обеспечение взаимодействия всех функциональных узлов СНС.

Хранение данных

Если проблема выбора представления данных вместе с реализацией вычислителей уже были представлены статье [1], то проблема хранения данных остается не освещённой. Поскольку основные реализации являются программными, то им не представляет труда работать с матрицами данных. Однако, в аппаратном уровне доступ к памяти является одномерным. Для правильного чтения данных необходимо это учесть при создании контроллера памяти, который будет производить подобие двухмерного доступа.

Так же с целью экономии блоков памяти и невозможностью распараллеливания вычислений при операции свертки с множеством входов необходимо реализовать переключение множества входных слоев в этом контроллере.

Блок, несущий в себе данные функции – *memory_controller* представлен на рис. 1.



Рис. 1 Модуль *memory_controller*

Функциональная схема алгоритма представлена на рис.2



Рис. 2 Алгоритм работы блока контроллера памяти

Реализация основных функций СНС

Основные функции СНС делятся на:

- Функции свёрточного слоя
- Функции слоя субдискретизации
- Функция полносвязного слоя
- Функция активации

Свёрточный слой представляется в виде блока изображенным на рис. 3.

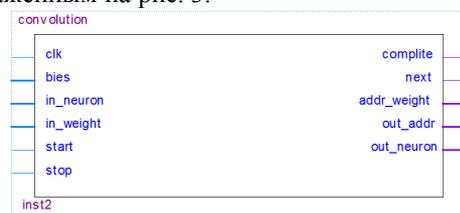


Рис. 3 Модуль свёрточного слоя

Данный блок состоит из модулей:

- *St machine weight*, подает соответствующие значения весов на умножитель
- *St machine neuron*, подает соответствующие значение входных нейронов на умножитель
- *Neuron*, выполняет непосредственную операцию свёртки. Блок состоит в свою очередь состоит из:
 - *Mult*, реализует умножение
 - *Reg*, записывает результат умножения

- *Sum*, производит сложение.
- *St machine sum*, реализует автомат управления суммы с накоплением и запись результата

Основной алгоритм работы блока заключается в перемножении значений входного слоя с ядром свёртки. *St machine weight* и *St machine neuron* выполняют функцию подачи значений весов и нейронов на блок умножителя. В начале работы умножителя блоки *Sum* и *St machine sum* производят операцию сложение обнуленного блока *Reg* и значения смещения нейрона. Значения выхода умножителя записывается в регистр. Последующая работа связки *Reg*, *Sum* и *St machine sum* работают как сложение с накоплением. По завершению операции свертки блок *St machine sum* производит обнуление накопленной суммы, а результат сверки записывается в память выходного слоя.

Слой субдискретизации представляется в виде блока представленного на рис. 4.

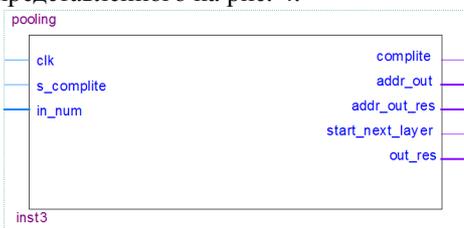


Рис. 4 Модуль слоя субдискретизации

В свою очередь данный блок также содержит Данный блок состоит из блоков:

- *St machine pooling*, выполняет управление и подачу значений на блок сравнения
- *Comp*, компаратор двух чисел

Модуль слоя субдискретизации выполняет функцию сокращения размерности входного слоя на основе операции выбора максимального элемента[3]. *St machine pooling*, последовательно подает на входы компаратора считанный из памяти элемент и найденный максимальный. Благодаря такому алгоритму работы, количество тактов требуемых для поиска максимального элемента, равно количеству элементов поиска.

Функция полносвязного слоя является частным случаем свёрточного слоя. Поэтому отдельной реализации для данного типа слоев в данной работе нет.

Функций активации для нейронных сетей существует достаточно много, однако для аппаратной реализации при возможности выбора лучше выбирать простую для реализации. А наиболее простой, является ReLU[4] представляющую собой кусочно-линейная функцию.

Исходя из этого, был создан блок *func_active* который содержит в себе функцию вида:

$$f(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases}$$

Данную функцию легко построить для любого

представления чисел с помощью мультиплексора.

На рис. 5 представлен блок *func_active*, который принимает значение и возвращает в соответствии с его функцией.

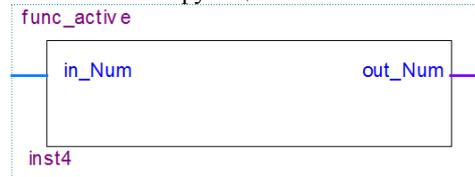


Рис. 5 Модуль функции активации

Синхронизация функциональных блоков

Описанные модули созданы на основе блочно-ориентированного подхода, который используется для реализаций на ПЛИС [4].

Синхронизация блоков происходит за счет автоматов управления (*St machine weight*, *St machine neuron*, *St machine sum*, *St machine pooling*), блоков контроллера памяти (*memory_controller*) и сигналов управление (start, stop, reset).

Заключение

В данной статье рассматриваются основные моменты аппаратной реализации свёрточной нейросети. На основе описанных блоков можно составлять различные архитектуры сетей, на основе которой возможно дальнейшее исследование в области аппаратных нейросетей. В частности, на основе данной работы возможно увеличение скорости работы и повышения энергоэффективности в сравнении с программными аналогами.

Список использованных источников

1. Зоев И.В. Разработка вычислителя для плавающей точки для нейронных сетей / науч. рук. А.Н. Мальчуков // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной научной конференции, Томск 23-26 мая 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Ч. 1. — С. 162-164.
2. Giusti A. et al. Fast image scanning with deep max-pooling convolutional neural networks //arXiv preprint arXiv:1302.1700. — 2013.
3. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning //Nature. — 2015. — Т. 521. — №. 7553. — С. 436-444.
4. Еремин В. В. , Мальчуков А. Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. - 2011 - №. 1 - С.379-381. Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>

ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ТРЕБОВАНИЯМ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К ПАРАМЕТРАМ В ЗАДАЧАХ ВЫСОКОНАДЕЖНОЙ БИОМЕТРИИ

Боршевников А.Е.

Дальневосточный федеральный университет
LAdG91@mail.ru

Введение

Обеспечение информационной безопасности является важным вопросом. Среди средств защиты информации выделяются технологии биометрической аутентификации. Однако существующие технологии классической биометрии не обеспечивают необходимый уровень надежности, который можно было бы использовать в критически важных объектах [1,2]. Например, в задачах контроля и разграничения доступа на атомных электростанциях. Для таких ситуаций целесообразно применять технологии высоконадежной биометрической аутентификации. Суть данной технологии заключается в восстановлении из биометрических данных некоторого криптографического ключа.

Одной из перспективных характеристик является электроэнцефалограмма (ЭЭГ), так как перехват ее данных затруднен для злоумышленника. Однако в задачах высоконадежной биометрии возникают определенные требования, которым должны соответствовать биометрические параметры. Целью данной работы является сравнение требований, изложенных в стандарте ГОСТ Р 52633.1-2009 [3].

Биометрические параметры

Технология высоконадежной биометрической аутентификации принята в качестве государственного стандарта Российской Федерации и описана в линейке стандартов ГОСТ Р 52633 [1,3]. Данная технология получила название нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа".

На начальном этапе исследований по биометрической идентификации на основе ЭЭГ нарабатывался опыт использования технологий «интерфейс мозг-компьютер» [4]. Далее проводились исследования по построению нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа" с использованием вызванных потенциалов мозга [5]. В качестве биометрических параметров бралась разность потенциалов ЭЭГ пользователя в состоянии покоя и при его стимулировании. Для выделения потенциала P300 в данной работе использовалась стимуляция из поочередно меняющихся на экране цифр от "0" до "9". Пользователь выбирал одну или несколько цифр и при их появлении концентрировался на них. Этот набор цифр считался мысленным паролем.

Биометрические параметры для данного эксперимента выделялись следующим образом [5].

В качестве биометрической характеристики a используется разница между уровнем ЭЭГ при стимуляции и усредненного значения ЭЭГ в состоянии покоя. Обозначим уровень ЭЭГ при стимуляции через $a_{\text{стим}}$, а усредненный уровень ЭЭГ в состоянии покоя через $a_{\text{покой}}$. Тогда:

$$a = a_{\text{стим}} - a_{\text{покой}}$$

В силу высокой сложности математического описания формы сигнала ЭЭГ было принято решение производить выборку пятнадцати максимальных значений, вычисляемых по формуле (1). Целесообразно говорить об использовании характеристики a в векторном виде:

$$\bar{a}_i = \{a_{ij}\}, i = 1, \dots, 14, j = 1, \dots, 15$$

где \bar{a}_i – вектор биометрических данных, используемый в нейросетевом преобразователе; i – номер электрода, с которого снята ЭЭГ; j – номер максимального значения a с канала i .

Для каждой из компонент вектора данных необходимо вычислить такие показатели как стабильность, уникальность и качество, а затем взять их среднее значение [3].

Соответствие полученных результатов стандарту [3] приводится в таблице.

Таблица. Соответствие показателей параметров электроэнцефалограммы стандарту ГОСТ Р 52633.1-2009

Название показателя	Значение показателей по ГОСТ Р 52633.1	Значение показателей для параметров электроэнцефалограммы
Математическое ожидание средней стабильности	3,452	2,307
Стандартное отклонение средней стабильности	1,517	1,235

Минимальное значение средней стабильности	0,721	0,982
Максимальное значение средней стабильности	10,860	8,397
Математическое ожидание средней уникальности	0,568	0,256
Стандартное отклонение средней уникальности	0,223	0,053
Минимальное значение средней уникальности	0,203	0,121
Максимальное значение средней уникальности	1,926	0,375
Математическое ожидание среднего качества	0,385	0,156
Стандартное отклонение среднего качества	0,111	0,036
Минимальное значение среднего качества	0,151	0,081
Максимальное значение среднего качества	0,851	0,228

Полученные результаты говорят о том, что биометрические параметры ЭЭГ соотносятся в целом с требованиями стандарта. Несмотря на то что относительно максимальных значений параметров, описываемых в стандарте, параметры ЭЭГ ниже, но относительно минимальных требований они выше.

Результаты, полученные при проведении экспериментов, показывают, что нейросетевой преобразователь успешно обрабатывает данные низкого качества и получает ошибку второго рода менее 10-12.

Заключение

Использование технологии нейросетевых преобразователей "Биометрия - код доступа" открывает большие возможности для обработки очень нечетких, но перспективных с точки зрения надежности данных, таких как

электроэнцефалограмма. В дальнейшей работе необходимо проводить исследования по улучшению качества работы таких преобразователей, увеличения качества, исследуемых параметров, а также исследования параметров, которые получены за счет применения методов преобразования, отличных от использованного в работе [4] метода.

Список использованных источников

1. Защита информации. Техника защиты информации. Автоматическое обучение нейросетевых преобразователей биометрия - код доступа: ГОСТ Р 52633.5–2011. – Введен впервые; Введ. 01.12.2011. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
2. Гончаров С. М., Боршевников А. Е. Использование технологий высоконадежной биометрической аутентификации в критически важных объектах // Информационная безопасность регионов. – Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2015. – № 4 (21). – С. 18–23.
3. Защита информации. Техника защиты информации. Требования к формированию баз естественных биометрических образов, предназначенных для тестирования средств высоконадежной биометрической аутентификации: ГОСТ Р 52633.1–2009. – Введен впервые; Введ. 15.12.2009. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с.
4. Гончаров С. М., Вишняков М. С., Маркин М. Е. Использование потенциалов коры головного мозга для парольной идентификации на основе технологии «ИМК» // Журнал «Информация и безопасность». Вып. 3. Воронеж: ВГТУ, 2012. - С. 404-409.
5. Гончаров С. М., Боршевников А. Е. Построение нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа" на основе параметров визуального вызванного потенциала электроэнцефалограммы // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: Научный журнал. –Томск: Изд-во ТУСУР, 2014. – № 2. – С. 51–55.

НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ SDN, И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ.

Одарченко Р.С., Даков С.Ю

Национальный авиационный университет, Киев, Украина dascov@ua.ru

Введение

С каждым годом объем используемого интернет трафика, все больше, растут и запросы оператора, связанные с динамикой решений в интернет пространстве, как в проводах, так и по воздуху, а концепция SDN является на сегодняшний день лучшим решением для проблемы объема передаваемых гигабайтов так и динамикой тонких настроек операторов мобильной и стационарной интернет индустрии. Поэтому модернизация оборудования необходима. SDN - сети, имеют преимущества перед традиционными сетями, это себестоимость, оборудование и ПО, управления, возможность запуска сервисов.

Но, SDN и SDR технологии новые, несмотря на свою современность, и потенциал, конфигурируемые сети достаточно сырые, поэтому работать в этом направлении еще много. Но тем не менее, не одно желание заставляет работать в этом направлении, понимание того что в дальнейшем без новых решений не возможно будет перейти на более современные версии интернет услуг, является достаточной мотивацией позволяющей работать в этом векторе.

Некоторые недостатки концепции SDN, связанные с новизной вопрос централизованного управления сетями, поэтому количество этих недостатков со временем станет гораздо меньше. [1,2] Специалисты Hewlett-Packard, считают, что ПКМ совсем не имеет недостатков, так как технология которая поможет обеспечить безотказность и безопасность концепции SDN уже существует ее надо только применить. [6]

Основной материал

Одним из примеров продуктов защиты является проект с открытыми кодами OpenFlowSec.org по разработке решений, позволяющих реализовать некоторые защитные сервисы при использовании SDN. В рамках этого проекта создано как минимум три продукта, которые дают пользователям контроллера с открытыми кодами NOX возможность реализовать некоторые сервисы безопасности:

1. Инструмент Security Enhanced Floodlight - дополнительный модуль для контроллера, позволяет проверять корректность осуществления управления потоками информации с точки зрения безопасности. Он также может блокировать соединения, нарушают заранее определенную политику безопасности.

2. Security Actuator - обеспечивает реагирование на внешние атаки и перестраивает

SDN-сеть так, чтобы локализовать нападение и заблокировать зараженные компьютеры.

3. OpenFlow BotHunter - собирает информацию о работе, проявляет зараженные узлы, а также перенаправляет вредную деятельность на специальные ловушки, фиксирующие действия нападающих и анализируют их активность.

Компанией Radware предложена программа DefenseFlow, разработанную для защиты от DDoS-атак (Distributed Denial of Service). Руководствуясь указаниями контроллера, OpenFlow-коммутатор собирает статистику сетевого трафика. DefenseFlow изучает трафик на предмет аномального поведения сети, типичного для DDoS-атак. В случае нахождения аномальной активности, контроллер инструктирует коммутаторы каким образом фильтровать подозрительные потоки. Таким образом отсеивается только вредоносный трафик.

Похожие меры безопасности могут реализованы и для других контроллеров, или быть портированы на них [1]. С одной стороны, SDN открывает злоумышленникам новые цели для нападения и злоупотребления, а с другой стороны предоставляет новые возможности по созданию сервисов информационной безопасности.

Выход из строя контроллера

Самый очевидный недостаток SDN вытекает из ее централизованности - при выходе из строя контроллера остановится вся сеть. Это может быть вызвано внешним вмешательством (ведь контроллер будет уязвимой точкой сети и может стать целью направленных атак) или внутренними неисправностями (физическими повреждениями, нехваткой оборудования) [2,3].

Эту проблему можно решить:

1. Резервирование контроллера. Запасной контроллер должен постоянно работать в «холодном» режиме для возможности замены основного контроллера. Другой вариант, если функциональность будет поделена между контроллерами. Если контроллеры разнесены географически, то каждый из них будет отвечать за ту часть сети, задержка которой меньше. При этом каждый из контроллеров должен быть готов принять всю функциональность на себя в случае сбоя.

2. Построение гибридной сети «SDN + традиционная сеть». Тогда в случае выхода из строя центрального элемента управления, коммутаторы переходят в автономный режим вычисления маршрутов и начинают работать по

старой технологии - хоть и медленнее, но без разрыва соединения.

3. Применением новых программных средств безопасности, защищающие контроллер от внешних атак. Примеры таких средств приведены выше.

Ошибка программирования приложений API

Ошибка в программировании контроллера может привести к серьезным проблемам на всей сети, которую он обслуживает. Пример: несколько одновременно работающих программ будут конкурировать за сетевые ресурсы, при большой нагрузке может возникнуть ситуация, когда одна программа монополизует их, из-за чего другие приложения перестанут функционировать [4].

Возможное решение:

Использование только проверенных приложений и их комбинаций.

Проведение тестирования новых программ на виртуальной сети перед введением их в эксплуатацию.

Задержка при получении информации контроллером о выходе из строя или загруженность канала

Протокол IP ориентирован на то, чтобы маршрутизаторы самостоятельно следили за погрузкой и работоспособностью связанных с устройством каналов, а в SDN по состоянию сети следит контроллер, который получает данные о выходе из строя каналов и их загруженности «со стороны», то есть задержка в получении информации и принятии решения. Это не способствует увеличению надежности.

Сложность построения сети, имеющей более одного владельца из-за невозможности делить между собой функции одного контроллера

Два оператора не смогут делить между собой функции одного контроллера, поэтому надежную программно-конфигурируемую сеть можно построить только, если вся сеть имеет одного владельца. Отметим, что сложность возникает только в случае использования одного логического контроллера.

Возможным решением является виртуализация и изоляция трафика двух провайдеров на уровне VLAN. Такая сеть, однако является более сложной для управления и настройки, из-за необходимости применения алгоритмов для такого распределения сетевых ресурсов, удовлетворит потребности обоих операторов ISP.

Нетехнологичные проблемы

Необходимость перестройки существующих сетей.

Необходимость переквалификации администраторов сетей.

Малое количество «чистых» OpenFlow-коммутаторов на рынке. В основном, OpenFlow

присутствует в сетевом оборудовании только как дополнительная функциональность. Это приводит к удорожанию оборудования, а, следовательно, на внедрение программно-конфигурируемых сети необходимы большие денежные затраты.

Небольшое количество программ для контроллера с открытым программным кодом.

Все эти проблемы будут устранены с тем, хотя компании с большими финансовыми возможностями и квалифицированными специалистами уже сейчас могут решить их. [5,7]

Выводы

Исследованы недостатки SDN-сетей. Выявлено, что на данный момент таким сетям присущи следующие недостатки: остановка работы сети при выходе из строя контроллера, возможность ошибки при программировании приложений, задержка при получении информации контроллером о выходе из строя или загруженность канала, сложность построения сети, имеющей более одного владельца через невозможность делить функции одного контроллера. Были предложены методы борьбы со всеми вышеприведенными недостатками. Вследствие новизны технологии, SDN-сети также сталкиваются с проблемами дефицита квалифицированных администраторов таких сетей, меньшим ассортиментом оборудования для SDN-сетей и небольшим количеством программ для контроллера с открытым программным кодом.

Литература

1. Solution Brief: SDN Security Considerations in the Data Center : [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.opennetworking.org/solution-brief-sdn-security-considerations-in-the-data-center>.
2. Детские болезни SDN / Валерий Коржов // Открытые системы. – 2013. – № 06.
3. Wanderer J. Case Study: The Google SDN WAN : [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.computing.co.uk/ctg/analysis/2235886/case-study-the-google-sdn-wan>.
4. Нагибин П., Крылосов Д. Неоднозначность SDN : [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://nag.ru/articles/reviews/26333/neodnoznachnost-sdn.htm>.
5. Production Quality, Multilayer Open Virtual Switch [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://openvswitch.org/>.
6. Яник Поффари, «Сведения об ИТ компании HP» - том 9, Факты о SDN
7. SDN: прорывная технология или маркетинговый пузырь? / [электронный ресурс] - електронні текстові дані – режим доступу: <http://www.iksmedia.ru/articles/5002752-SDN-proryvnaya-texnologiya-ili-mark.html>

РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА БЧХ-КОДА (15, 5, 7) НА ПЛИС

Рыжова С. Е., Мыцко Е. А., Зоев И. В.
Научный руководитель: А.Н. Мальчуков
Томский политехнический университет
r.svet93@yandex.ru

Введение

Вопрос сохранения целостности данных при передаче и хранении информации остро стоит в век беспроводных технологий. Для своевременного обнаружения и оперативного исправления ошибок в кодовых комбинациях применяются помехоустойчивые коды. Одним из наиболее известных в данной области является код Боуза – Чоудхури – Хоквингема [1] (БЧХ-код). Существующие алгоритмы (Питерсона-Горенштейна-Цирлера, Евклидов алгоритм, Берлекемпа-Мессис) декодирования БЧХ-кодов имеют один серьезный недостаток – они не исправляют ошибку в принятой комбинации, а способны только обнаружить позицию ошибки. Для исправления ошибки необходимо применить метод Ченя, который по факту является полным перебором, что значительно влияет на быстродействие устройства декодирования. Для решения проблемы низкого быстродействия разработан быстродействующий декодер БЧХ-кода (15,5,7) на основе метода циклического декодирования.

Матричный алгоритм деления полиномов

Метод циклического декодирования основан на операциях деления по модулю 2 кодовых комбинаций на образующий полином [2]. Для аппаратной реализации наиболее удачным является матричный алгоритм деления полиномов, который заключается в процедуре умножения вектора на матрицу, где в качестве вектора выступает делимое, а матрицы – предварительно вычисленная матрица для заранее определенных длин делимого и делителя (рис. 1). Матричный алгоритм (рис. 2) позволяет построить схему на комбинационной логике, которая формирует выходной сигнал с учетом текущего значения входного сигнала, что не требует наличия элементов памяти [3,4].

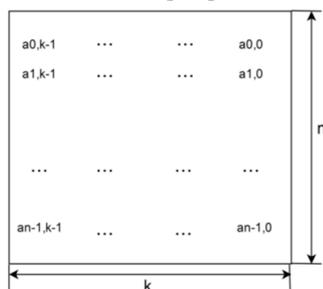


Рис. 1. Предварительно вычисленная матрица

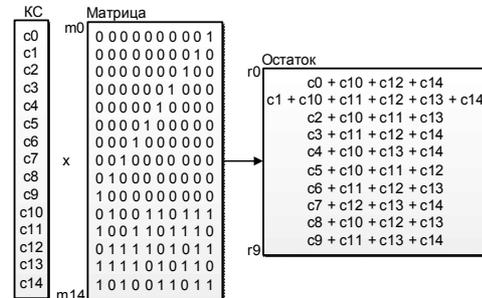


Рис. 2. Структурная схема матричного алгоритма

Структурная схема декодера БЧХ-кода (15,5,7)

Согласно параметрам БЧХ-кода (15,5,7) декодер должен исправлять до трёх независимых ошибок для кода длины 15 (длина информационного сообщения – 5). На рис. 3 представлена структурная схема декодера.

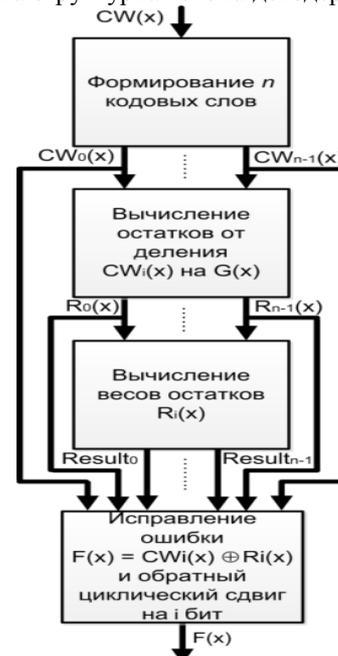


Рис. 3. Структурная схема декодера БЧХ-кода

Декодирование осуществляется на основе модифицированного метода циклического декодирования. Модификация заключается в параллельной обработке сдвигов кодовых слов, что исключает наличие обратной связи.

Функциональная схема декодера БЧХ-кода (15,5,7)

Разработанный декодер включает 32 модуля [5], разработанных на языке описания аппаратуры Verilog: *main*, *SEGMENT0–SEGMENT14*,

WEIGHT0–WEIGHT14, SHIFT_1.

В модуль *main* (рис. 4) поступает входное кодовое слово, для которого формируются все варианты циклических сдвигов.

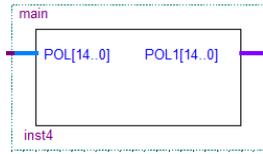


Рис. 4. Модуль *main*

Модули *SEGMENT0–SEGMENT14* (рис. 5) отвечают за вычисление остатка от деления всех вариантов циклического сдвига входного кодового слова на образующий полином, на основе алгоритма матричного деления.

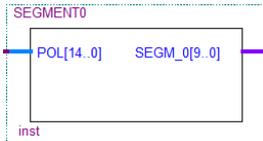


Рис. 5. Модуль *SEGMENT*

В модулях *WEIGHT0–WEIGHT14* (рис. 6) осуществляется расчет весов остатков. Затем, полученный результат сравнивается с числом максимального количества ошибок, которое способен исправить декодер, в данном случае 3. Если вес остатка больше, то на выход подается логический «0», если меньше или равен – логическая «1».

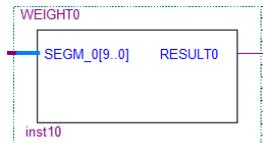


Рис. 6. Модуль *WEIGHT*

В модуле *SHIFT_1* происходит исправление ошибки в принятой комбинации. При помощи приоритетного шифратора, находится первый сигнал *RESULT* с логической «1», соответствующий данному сигналу остаток складывается по модулю два со сдвинутым кодовым словом. Также в данном блоке осуществляет выдача сигналов *CORRECT* и *UNCORRECT*.

Моделирование работы декодера

Для подтверждения работоспособности декодера необходимо провести его тестирование на различных наборах данных, с различными вариантами ошибок в принимаемых кодовых комбинациях. На рис. 7 представлены результаты работы декодера для различных ошибок (7FFF–исходное слово, 7D6F – трёхкратная ошибка, 7FF0–четырёхкратная ошибка).



Рис. 7. Результаты работы декодера

Как видно из рис. 7 декодер обнаружил и исправил трёхкратную независимую ошибку, при этом четырёхкратную ошибку декодер обнаружил (но не исправил) и выдал сигнал *UNCORRECT*.

В таблице приведено быстродействие разработанного декодера BCH-кода и декодера-аналога.

Таблица. Быстродействие декодера

n	k	Аналог	Разработка
15	7	33,18 мкс	28,051 нс

Заключение

Результаты тестирования и сравнительный анализ разработанного декодера BCH-кода (15, 5, 7) показывают его способность обнаруживать и исправлять ошибочные биты в пакете данных на различных позициях – как в контрольном блоке, так и в информационном, так и при наличии ошибок в обоих блоках. На основании сравнения декодера с аналогом можно сказать, что декодер является быстродействующим, что позволяет оперативно исправлять ошибки при передаче данных в системах автоматизации производства.

Список использованных источников

1. Боуз Р.К., Рой-Чоудхури Д.К. Об одном классе двоичных групповых кодов с исправлением ошибок. – В кн.: Кибернетика. М., 1964. – С.112-118.
2. Mytsko E., Malchukov A., Adaptation of technology MPI and OpenMP to search for the generators polynomials. Proceedings of the 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2014). Chittagong, 2014, pp. 5-8.
3. Mytsko E. A., Malchukov A. N., Novozhilov I. V., Kim V. L. Fast Decoder of BCH Code with Cyclic Decoding Method. Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2016). Moscow, 2016, pp. 1-4.
4. Mytsko E. A. , Malchukov A. N. , Ryzhova S. E. , Kim V. L. Structure Development of the BCH Code High-speed Decoder Based on the Cyclic Decoding Method. Proceedings of the International Conference on Applied Mechanics and Mechatronics Engineering (AMME-2015). Bangkok, 2015, pp. 175-178.
5. Еремин В. В. , Мальчуков А. Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. - 2011 - №. 1 - С.379-381. Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕТЕОДАНЫХ

Колочев А.С., Попов В.Н.
Научный руководитель: Попов В.Н.
Томский политехнический университет
ask71@tpu.ru

Введение

В последнее время для международного обмена метеорологической информацией широко используются кодированные сводки. Они включают данные наблюдений и обработанные данные. Кодированные сводки используются также для международного обмена данными, требующимися для специального применения метеорологии в различных областях человеческой деятельности, и для обмена информацией, имеющей отношение к метеорологии. Коды составлены из набора кодовых форм и двоичных кодов, состоящих из символов (букв или групп букв), обозначающих метеорологические или, в определенных случаях, другие геофизические элементы. Заметим, что даже краткое описание структуры и состава кодовых форм показывает необходимость разработки средств хранения метеорологических данных для различных систем их автоматизированной обработки. Именно разработке информационной системы для сбора, хранения и обработки метеоданных и посвящена настоящая работа.

Наиболее распространённым кодом, содержащим гидрометеорологическую информацию, является код КН-01. Данный код содержит данные гидрометеорологических наблюдений с наземных и морских станций (международная форма FM 12-VII SYNOP и FM 13-VII SHIP). В состав данного кода включено шесть разделов. Первый, третий и пятые разделы содержат данные, полученные с приземных станций, а второй и четвертый – данные с морских станций. Нулевой раздел является общим, как для приземных станций, так и для морских, и содержит

информацию о буквенном опознавателе кода, дате и сроке наблюдения, указателе используемых единиц скорости ветра и способа её определения, а также об указателе типа станции и её индексе. Каждый раздел состоит из нескольких групп [1].

Схему кода можно представить следующим образом:

Раздел 0: $M_i M_i M_i M_i Y Y G G i_w I I I I I$

Раздел 1: $i_R i_X h V V N d d f f 1 s_n T T T 2 s_n T_d T_d T_d 3 P_0 P_0 P_0 P_0 4 P P P P$ (или $4 a_3 h h h$) $5 a p p p$ $6 R R R t_R$ $7 w w W_1 W_2 8 N_h C_L C_M C_H$

Раздел 3: $3 3 3$ $1 s_n T_x T_x T_x$ $2 s_n T_n T_n T_n$ $3 E s_n T_g T_g$ $4 E / s s s 5 S S S S 6 R R R t_R$ $8 N_s C_h s_h s$ $9 S_p S_p S_p S_p$

Раздел 4: $5 5 5$ $1 E s_n T'_g T'_g$ $(5 s_n T_{24} T_{24} T_{24})$ $(5 2 s_n T_2 T_2)$ $(5 3 0 f_{12} f_{12}) 7 R_{24} R_{24} R_{24} / 8 8 R_{24} R_{24} R_{24}$

Ниже представлен пример передаваемого кода, включающего ранее описанные разделы:

15151 26063 21328 81407 10073 21027 40025 57021 76345 86626 333 10115 60052 86808

Функционирование системы

Данные, поступающие со станции в коде КН-01, с помощью конвертера входных данных разбиваются и преобразуются в формат базы данных и заносятся в базу данных в таблицу (табл. 1) метеоданных для дальнейшего упорядоченного хранения и обработки. Происходит это следующим образом. Из файла, содержащего данные в формате КН-01, считываются закодированные сообщения. Далее из прочитанных сообщений удаляются избыточные данные, такие как отличительные цифры групп. Затем происходит разделение передаваемого кода на отдельные компоненты. В итоге получаются данные, которые удобно хранить в базе данных, куда они и заносятся [2]

Таблица 1. Таблица метеоданных

Station type	The height of the clouds	Range of visibility	Cloud base	Cloud amount	Form clouds
1	3	28	6	70	8

Данные, поступающие со станции в виде специального кода КН-01, делятся на разделы, разделы – на группы, группы – на компоненты, которые условно можно разбить на 3 вида:

1. компоненты группы с числовыми данными – компоненты, содержащие данные, преобразование которых происходит за счет выполнения математических функций;
2. компоненты группы с текстовыми данными – компоненты, содержащие данные, для которых предусмотрено наличие специальных

справочных таблиц, содержащих данные для преобразования;

3. компоненты группы с обычными данными – компоненты, которые не нуждаются в преобразовании.

Для преобразования данных из формата базы данных в формат удобный для пользователя используется конвертер выходных данных. Преобразование данных осуществляется за счет использования справочных таблиц или математических функций. Справочные таблицы

содержат в себе совокупность необходимых ключей для обработки кода и хранятся в виде специальных таблиц-справочников базы данных (табл. 2).

Таблица 2. Справочная таблица о форме облаков

Code	Form clouds
0	Перистые (Ci)
1	Перисто-кучевые (Cc)
.....
8	Кучевые (Cu)
9	Кучево-дождевые (Cb)

В качестве примера расшифровки текстовых данных рассмотрим группу $8N_sCh_s h_s$ (раздел 3), например, код 86808. Конвертер входных данных удаляет отличительную цифру группы и разбивает группу на отдельные компоненты.

В результате в таблицу метеоданных (табл. 1) будут занесены следующие данные: 6, 8 и 08. В данном примере вторая компонента группы указывает на форму облаков и расшифровывается конвертером с помощью справочной таблицы (табл. 2). В результате получим следующие данные: «Кучевые (Cu)» облака. Остальные компоненты расшифровываются аналогично.

В качестве примера расшифровки числовых данных рассмотрим группу $1s_n TTT$ (раздел 1), например, код 10073. Конвертер входных данных удаляет отличительную цифру группы и разбивает группу на отдельные компоненты. В результате в таблицу метеоданных (табл. 1) будут занесены следующие данные: 0073. В данном примере

первая цифра группы указывает на знак температуры воздуха. Остальные цифры определяют температуру воздуха с десятичными долями и расшифровываются применением математической операции. В результате получим температуру воздуха: «+7,3» °С.

Принцип работы системы, можно разделить на пять этапов (представлены рисунке):

1. Оператор, имея связь с гидрометеостанцией, получает файл, хранящий код в формате КН-01.
2. Загрузка оператором метеоданных, посредством интерфейса, в конвертер входных данных, функция которого состоит в удалении избыточных данных и разделении передаваемого кода на отдельные компоненты, каждая из которых имеет свой определенный показатель: температура воздуха, высота облаков, скорость ветра, давление, количество осадков и т.д.
3. После разделения данные заносятся в структурированный массив, который помещается в таблицу метеоданных для дальнейшего хранения и последующей обработки.
4. Конвертер выходных данных отвечает за преобразование данных, хранящихся в базе данных из формата базы данных в формат, удобный для пользователя.
5. Вывод преобразованных данных на экран компьютера в удобном для пользователя виде, например, в форме таблиц или графиков [3]



Рис. Схема работы системы

Для разработки информационной системы был использован скриптовый язык программирования PHP, широко применяемый для разработки веб-приложений, а также работающий с большим количеством различных систем управления базами данных. В качестве СУБД выбрана также широко распространенная MySQL.

Заключение

Данная информационная система автоматизирует сбор, хранение и обработку метеорологических данных, помогает организовать доступ к данным, а также обеспечивает удобный просмотр и манипулирование данными. Поэтому такая информационная система будет полезна в исследованиях, направленных на анализ и прогноз природно-климатических процессов.

Список использованных источников

1. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета. – URL: <http://meteork.ru/doc/serv/synop.pdf> (дата обращения 10.10.2016).
2. Ботыгин И.А., Попов В.Н. Архитектура распределенной файловой системы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/137TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус. англ. DOI: 10.15862/137TVN614
3. I. A. Botygin, V. N. Popov, V. A. Tartakovsky, V. S. Sherstnev Architecture of scalability file system for meteorological observation data storing // Proc. of SPIE, 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. – 2015. – vol. 9680. – pp. 96800J-1– 96800J-4. – doi: 10.1117/12.2205749.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ АНОНИМНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕТИ TOR

Решетников С.Ю.

Научный руководитель Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
resh.sersh@gmail.com

Введение

В настоящее время все большую популярность среди анонимных пользователей набирает сеть TOR. Это сеть, состоящая из прокси-серверов, которые позволяют устанавливать анонимное сетевое соединение, свободное от прослушивания. Она также может рассматриваться как анонимная сеть виртуальных туннелей, предоставляющая передачу данных в зашифрованном виде. Сеть TOR написана, преимущественно, на языках программирования C, C++ и Python. Среди анонимных пользователей данной сети могут быть и злоумышленники. Поэтому поиск способов их идентификации является актуальной задачей.

В современных автоматизированных системах, основанных на компьютерных технологиях, известны методы идентификации пользователей, построенные на хранении IP-адресов компьютеров и записи на компьютер пользователя данных в виде cookie-файлов. Более сложным является метод, основанный на семантико-синтаксическом анализе данных пользователя. Данные методы идентификации обладают рядом недостатков, одними из которых является низкая степень достоверности идентификации, либо необходимость создания специализированных семантико-синтаксических и морфологических анализаторов [1-3]. Помимо вышеуказанных методов, существуют и другие технологии, позволяющие собирать информацию, характеризующую рабочую среду пользователя. Методы таких технологий предполагают выявление с помощью JavaScript «уникального отпечатка» пользователя, по которому его можно идентифицировать. К таким идентификационным меткам можно отнести:

- Скорость взаимодействия с колёсиком мыши, которая зависит от конфигурации операционной системы, от аппаратной составляющей, а также и от настроек пользователя.
- Скорость перемещения курсора мыши.
- Характеристики процессора пользователя.
- Объект TextRectangle, содержащий свойства для чтения left, top, right и bottom, описывающие бокс пользователя с границами в пиксельном измерении [4].
- Тег canvas в HTML5, который предназначен для создания растрового изображения. У данного тега есть особенность отрисовки шрифтов. Их рендеринг каждый браузер осуществляет по-разному в зависимости от различных факторов [5].

Описанные методы с помощью JS-кода могут быть установлены на нескольких участниках информационного обмена в частной сети и идентифицировать их. Например, реализацией MITM-атаки (Exit-node), в ходе которой JS-код внедряется во все веб-страницы, которые посещает во внешней сети резидент сети Tor. Или реализацией атаки межсайтового скриптинга (XSS) при взаимодействии внедренного кода с сервером злоумышленника.

Таким образом, если еще учесть, что достаточно большое число проанализированных ресурсов частной сети подвержены таким атакам, то это дает возможность скомпрометировать веб-приложения и поднять дорвей (doorway), разместить там необходимый JS-код и начать составлять базу данных уникальных отпечатков [5]. Это, в том числе, позволит выявить уникальные идентификаторы («отпечатки») пользователей сети Tor, чтобы отслеживать их деятельность в Интернете и соотносить с посещением различных страниц.

Целью настоящей работы является разработка метода идентификации злоумышленников, использующих сеть Tor для анонимного доступа к сетевым ресурсам и выработка рекомендаций по обеспечению информационной безопасности сетевых сообществ и веб-сервисов от таких атак.

Постановка задачи

Исходя из проведенного анализа работы сети Tor, можно сделать вывод об ее очень хорошей защищенности, но, тем не менее, не свободной от недостатков. Все отмеченные уязвимости технически учесть достаточно сложно из-за их сложности, поэтому в данной работе будет использоваться для изучения ограниченный набор уязвимостей. В качестве основного разрабатываемого положения предложим метод внедрения маркера на компьютер злоумышленника. Для этого необходимо будет провести следующий комплекс работ:

- а) проанализировать трафик сети Tor;
- б) разработать инфраструктуру тестового веб-приложения;
- в) разработать и использовать идентификационный маркер;
- г) провести исследования на тестовом веб-приложении по идентификации пользователя.

Ход работы

В качестве инструмента для захвата сетевого трафика использовалась консольная версия программы Wireshark – утилиты с интерфейсом

командной строки tshark, которая является бесплатной и содержит все необходимые средства для анализа трафика. Утилита выполняет, в том числе, захват пакетов в формате libpcap, что позволяет их удобно анализировать уже в самой программе Wireshark. Исследования по идентификации проводились на тестовых ОС Windows, работающих на Virtualbox.

С помощью средств языка PHP был создан корректный JavaScript-сценарий, который перезагружал текущую страницу и одновременно с этим передавал файлу vkr.php методом GET значение, содержащееся в JS-переменной. Для этого на странице выводился открывающий блок JS-кода с помощью оператора echo, внутри которого задавались средствами JS перезагрузка текущей страницы (document.location.href). В качестве адреса страницы использовалось значение элемента REQUEST_URI из глобального массива \$_SERVER и к нему добавлялся параметр с именем u_name со значением, равным значению содержащегося в JS-переменной.

Полученные значения хешировались и помещались в базу данных. Полученный хеш – это и есть уникальный идентификатор (фингерпринт).

В проведенных исследованиях использовались Java-уязвимости. Этому есть несколько причин:

а) Java-уязвимости в подавляющем большинстве своем – платформо независимые, что позволяет активно использовать их против целевых систем под управлением Windows, OS X и Linux;

б) Java работает на большом количестве персональных компьютерах и в миллиардах устройств (в том числе в мобильных телефонах и в телевизорах) по всему миру;

в) Java-уязвимости довольно просто эксплуатируются, так как не требуют обхода DEP/ASLR и прочих механизмов безопасности;

В качестве инструмента для создания, тестирования и использования идентификационного маркера, основывающегося на апплетах java, использовалась платформа Metasploit Framework. И инструментарий Social-Engineer Toolkit. Это фреймворк, который используется для испытания проникновением (Penetration Testing).

В эксперименте использовался Java signed applet эксплойт. Данный эксплойт динамически создает файл с расширением .jar, а затем подписывает его. Получившийся подписанный апплет представляется пользователю через веб-страницу с тегом <applet>.

В качестве полезной нагрузки (шелл-код) использовалась Reverse tcp. Она выполняется в результате успешного действия Java signed applet эксплойта. Это исполняемый код, который передает управление командному процессору, т.е. вызывает cmd.exe в ОС Windows.

После того как управление было передано командному процессору, т.е. получен доступ к командной строке от имени администратора, можно с легкостью узнать ip-адрес пользователя.

Исследования по идентификации злоумышленника проводились для операционной системы Windows 7.

Используемые в исследовании браузеры: Google Chrome, Firefox.

Заключение

В ходе исследования трафика сети Tor были сделаны выводы, что, размещая JS-код на ресурсах сети Интернет, можно составлять базу данных уникальных фингерпринтов, чтобы отслеживать их деятельность в Интернете и соотносить с посещением различных страниц. На разработанном тестовом приложении показана реализация получения фингерпринта. Показан способ получения маркера с помощью ПО Metasploit и Social-Engineer Toolkit, предназначенных для Penetration Testing (испытания проникновением).

Из полученных результатов исследований можно сделать вывод, что использование средств эксплуатации уязвимостей не позволяет осуществлять постоянную идентификацию пользователей сети Tor, так как жизненный цикл эксплойтов очень короткий и существование разных версий браузера (содержащих конкретную уязвимость и не содержащих ее) ставит под удар очень узкий круг пользователей.

Литература

1. Гвоздев А.В. Вероятностная модель оценки информационного воздействия // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2012. - № 2. - С. 99-103.

2. Гвоздев, А.В. Метод обработки коротких сообщений открытых источников сети Интернет для системы мониторинга информационной безопасности/А.В.Гвоздев// Труды 2 межвузовской научно-практической конференции "Актуальные проблемы организации и технологии защиты информации". - 2012. - С. 31-35.

3. Бессонова, Е.Е. Метод идентификации пользователей в сети Интернет с использованием компонентного профиля [Электронный ресурс]. – <http://aspirantura.ifmo.ru/file/other/81THG1qGOW.pdf>

4. Advanced Tor Browser Fingerprinting [Электронный ресурс]. – URL: <http://jcarlosnorte.com/security/2016/03/06/advanced-tor-browser-fingerprinting.html>

5. ХАКЕР #197. Социальная инженерия [Электронный ресурс]. – URL: <https://xakep.ru/issues/xa/197> (дата обращения: 18.01.2016).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ЕИЭМПЗ

Ивченко А.Ю., Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
ayi11@tpu.ru

Введение

Человечество активно взаимодействует с природой. Соответственно, возникает потребность в прогнозировании различных природных процессов и катаклизмов. Многоканальный геофизический регистратор МГР-1 предназначен для регистрации электромагнитных процессов в земной коре, геофизической разведки, поиска структурных и литологических неоднородностей, мониторинга геодинамического движения земной коры, экспресс-оценки сейсмической опасности [1].

Целью настоящей работы является разработка платформу-независимого комплекса программ для эффективной визуализации и автоматического анализа большого количества файлов, собираемых программно в кластеры (bigdata направленность), поступающих с регистраторов МГР-1.

Описание алгоритма

Файл регистратора МГР-1 структурирован в блоки по тринадцать байт следующим образом: первые тринадцать байтов файла содержат идентификатор станции и серийный номер. В каждой следующей группе размером тринадцать байт закодировано время (три однобайтовых значения), количество импульсов по трем каналам (по одной беззнаковой переменной размером два байта на канал) и амплитуда по двум каналам (по одной знаковой переменной размером два байта на каждый канал).

Программное обеспечение имеет оконный интерфейс, реализованный при помощи пакета JavaSwing. Интерфейс позволяет выбирать несколько файлов с расширением mrg для визуализации, строить графики нужных данных, масштабировать их и сохранять на компьютере, выбирать временной промежуток измерений и усреднять данные в выбранном шаге.

Программа поддерживает выбор нескольких файлов. Данная возможность реализуется классом пакета JavaSwing – FileChooser. На первом этапе происходит чтение файлов с расширением mrg, осуществляемое при помощи пакета JavaIOAPI, класса RandomAccessFile [2,3]. Структура считанных данных контролируется и конвертируется в таблицу исходных данных. Каждая строка таблицы отображает мгновенное значение измеряемых величин в определенный момент времени.

Для графического представления данных используется пользовательский пакет JFreeChart, который также реализует возможность сохранения

графика в ПЗУ и позволяет масштабировать графики выделением нужной площадки компьютерной мышкой, а также увеличением размера окна. Визуализация происходит на основе обработанных данных, помещенных в объект типа XYSeries [4].

Дерево методов, используемых при представлении данных в графическом виде представлено на рис. 1.

Метод jButtonAction вызывает две функции: check, которая реализует интерфейс выбора графиков (рис. 2) и draw, которая визуализирует указанные данные при помощи функций createDataset для формирования таблицы данных, parse для чтения пользовательских установок и createChart для визуализации таблицы, сформированной в createDataset (рис. 3, рис. 4).

Интерфейс (рис. 2) содержит три поля ввода: верхнее поле предназначено для ввода шага усреднения, два нижних – для ввода временного промежутка измерений. Программа предоставляет возможность для ввода математического примера, содержащего умножение. Преобразование введенной строки происходит при помощи метода parse (рис. 1). На рис. 2. Можно наблюдать, что пользователя интересуют данные с 5550 секунды до 10000 секунды с шагом усреднения одна минута

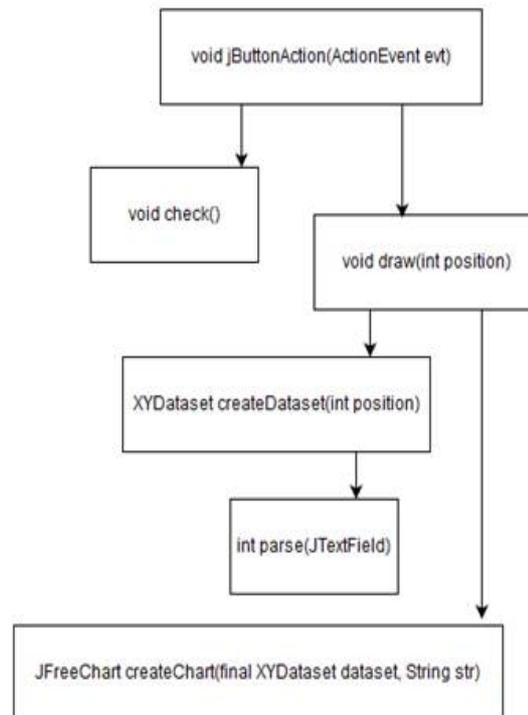


Рис. 1. Дерево методов

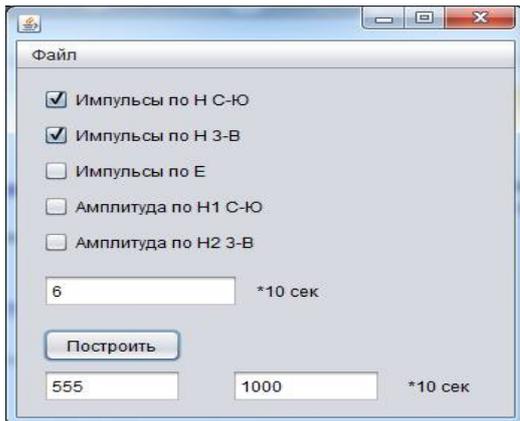


Рис. 2. Пользовательский интерфейс

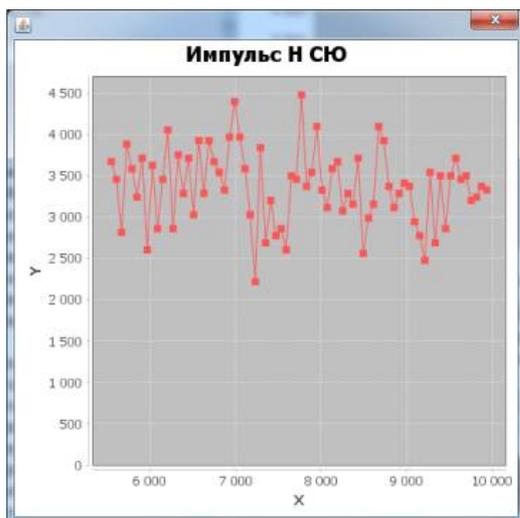


Рис. 3. Импульсы Н СЮ

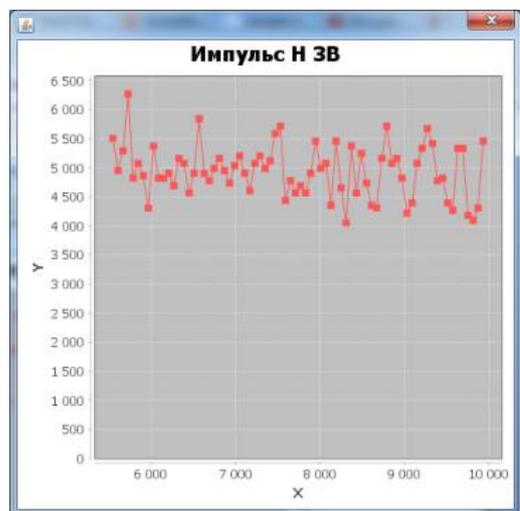


Рис. 4. Импульсы Н ЗВ

На рис. 3 представлен график усредненного количества импульсов электромагнитного излучения Земли по каналу Север-Юг, а на рис. 4 по каналу Запад-Восток. По оси X указано значение времени от начала отчета в секундах. По оси Y указано усредненное количество импульсов за одну минуту.

Анализ количества импульсов по каналу Н Север-Юг (Импульс Н СЮ) показывает, что в промежутке между семью и восемью тысячами секунд после начала измерений наблюдалось anomalous изменение усредненного количества импульсов от 4500 до 2300 и опять до 4500.

Анализ количества импульсов по каналу Н Запад-Восток (Импульс Н ЗВ) показывает, что электромагнитное поле Земли было устойчивое.

Для решения задачи использовалась среда «NetBeansIDE 8.1».

Заключение

На основе изученной структуры данных, получаемых с датчиков регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) было разработано программное обеспечение, позволяющее читать содержимое файлов с данными, конвертировать их в форматы удобные для восприятия и обработки. Для визуализации данных был использован свободно распространяемый фреймворк для графики – JFreeChart.

Список использованных источников

1. Многоканальный геофизический регистратор МГР – 01. [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.sbras.ru/expo/expo/doc/350.pdf>(дата обращения 12.10.2016).
2. Метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли [Электронный ресурс]. – URL: <http://nedraproject.com/method.htm>(дата обращения 12.10.2016).
3. Геопатогенные зоны и естественное импульсное электромагнитное поле Земли [Электронный ресурс]. – URL: http://traidi.at.ua/publ/geopatogennye_zony_i_estestvennoe_impulsnoe_ehlektrornagnitnoe_pole_zemli/3-1-0-9(дата обращения 12.10.2016).
4. Руководство по языку программирования Java. [Электронный ресурс]. – URL: <http://metanit.com/java/tutorial/> (дата обращения 12.10.2016).
5. Java™ Platform, Standard Edition 7 API Specification. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/>(дата обращения 12.10.2016).
6. JFreeChart – QuickGuide. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tutorialspoint.com/jfreechart/jfreechart_quick_guide.htm (дата обращения 12.10.2016).

РАССЕЯНИЕ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА НЕОДНОРОДНОСТЯХ СЕРДЦЕВИНЫ GI-POF, ИМЕЮЩИХ КОЛЬЦЕВУЮ СТРУКТУРУ

Шибельгут А. А., Рахим Р. А. А., Литвинова Н. Р.

научный руководитель, доцент, к.ф.-м.н. Литвинов Р. В.

Томский политехнический университет, Томский университет систем управления и радиоэлектроники
shibelgut@gmail.com

Как показано в работах [1–4] падение сфокусированного лазерного пучка на боковую поверхность оптических волокон может приводить к возбуждению волноводных мод [5]. Причиной этого является рассеяние светового поля на неоднородностях сердцевинного волокна. Характерной особенностью зависимости эффективности такого возбуждения в ступенчатых волокнах от положения лазерного пучка, сканирующего волокно, является наличие острых максимумов, которые достигаются при некотором положении сканирующего пучка [1, 2]. В данном сообщении представлены результаты исследования аналогичного возбуждения градиентного полимерного оптического волокна (graded-index polymer optical fiber – GI-POF).

Экспериментальные измерения интенсивности возбуждаемых волноводных мод I_{\perp} при различных смещениях d лазерного пучка относительно оси волокна в плоскости поперечного сечения были выполнены для перпендикулярной поляризации пучка относительно оси волокна на длине световой волны 633 нм. На рисунке 1 кружочками и вертикальными отрезками, проходящими через кружочки, показаны средние значения интенсивности $I_{\perp}(d)$ и ее доверительные интервалы, рассчитанные в соответствии с распределением Стьюдента для доверительной вероятности $p=0,95$ и пренебрежимо малой инструментальной погрешности.

Из рисунка 1 видно, что экспериментальная зависимость $I_{\perp}(d)$ обладает следующими особенностями. Во-первых, отсутствует симметрия этой зависимости относительно оси волокна. Во-вторых, в промежутке между максимумами зависимости присутствуют малые флуктуации интенсивности (мелкая рябь). В-третьих, зависимость $I_{\perp}(d)$ заметно асимметрична относительно оси ординат.

Технология послойного спекания ультрадисперсного порошка, используемая для изготовления GI-POF, приводит к кольцевой структуре распределения показателя преломления по сердцевине волокна. Количество этих колец может достигать нескольких десятков [6]. При радиусе сердцевинного порядка 1 мм ширина таких колец имеет порядок 10 мкм. Мелкие флуктуации показателя преломления, которые наблюдаются в пределах каждого кольца, свидетельствуют о наличии неоднородностей, имеющих аналогичную кольцевую структуру. Теоретический анализ и

численное моделирование показывают, что при толщине колец, не превышающей порядка $w=10$ мкм, нормированная интенсивность возбуждаемых волноводных мод может быть представлена в следующем виде:

$$I_{\Sigma}(d) = T_{\perp}(d) \sum_{s=1}^N k_s F_{\perp s}(d) L_s(d), \quad (1)$$

где k_s есть нормированная концентрация неоднородностей в s -ом кольце, $s=1,2,3 \dots N$; $T_{\perp}(d)$ есть пропускательная способность оболочки волокна;

$$F_{\perp s}(d) = \int_0^{2\pi} \left(\frac{1}{8} (3 \cos(2\varphi) - 5) (\cos(\theta_c(y_s(d), \varphi)) - 1) + \frac{1}{6} \cos^2(\varphi) \sin^2\left(\frac{3\theta_c(y_s(d), \varphi)}{2}\right) \right) d\varphi$$

коэффициенты, описывающие влияние локальных параметров одиночного рассеивающего центра и пространственную избирательность оптического волокна, где $y_s(d) = \left((s2w)^2 - d^2 \right)^{1/2}$;

$$L_s(d) = \begin{cases} 2 \left(\sqrt{w(2s+1)^2 - d^2} - \sqrt{w(2s-1)^2 - d^2} \right), & \text{npu } d < w(2s-1) \\ 2 \sqrt{w(2s+1)^2 - d^2}, & \text{npu } w(2s-1) \leq d \leq w(2s+1) \\ 0, & \text{npu } d > w(2s+1) \end{cases}$$

эффективная длина, описывающая вклад в суммарное рассеяние неоднородностей в s -ом кольце.

Пунктирной кривой на рисунке 1 представлены результаты численного расчета зависимости интенсивности $I_{\perp}(d)$ по формуле (1), которые соответствуют случаю рассеяния светового пучка на одиночном кольце неоднородностей в сердцевине волокна ($s=1$). Используемые в расчетах численные значения ширины кольца неоднородностей $2w=17,4$ мкм и его радиуса $R=282,6$ мкм были получены подгонкой теоретических кривых под средние экспериментальные значения по методу наименьших квадратов. Из рисунка 1 следует, что пунктирная кривая не обладает особенностями

экспериментальной зависимости $I_{\perp}(d)$: ее пики

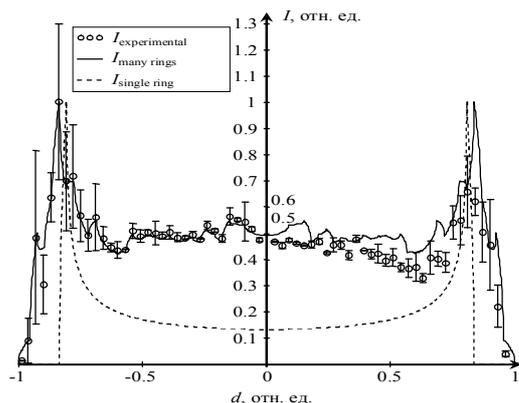


Рис. 1. Сопоставление численного моделирования с экспериментальными данными

значительно уже пиков экспериментальной зависимости, она имеет симметрию относительно оси волокна и ее распределение интенсивности в промежутке между пиками не обладает малыми флуктуациями интенсивности (гладкая кривая). Отмеченные расхождения позволяют сделать вывод о неполном описании рассеяния лазерного пучка на неоднородностях оптического волокна в волноводные моды на основе модели с одним кольцом неоднородностей. Подтверждением этого является и то, что результаты теоретических расчетов, представленные на рисунке 1 пунктирной кривой, не попадают в доверительные интервалы экспериментальных данных.

Результаты численного расчета зависимости интенсивности $I_{\perp}(d)$ по формуле (1) для многокольцевой структуры представлены на рисунке 1 сплошной кривой. Расчеты выполнены для $N=49$ колец одинаковой толщины $2w=10$ мкм. При этом нормированные концентрации рассеивающих центров k_s были найдены методом минимизации нормы невязки переопределенной системы уравнений, полученной из формулы (1) подстановками в нее 66 средних экспериментальных значений $I_{\perp}(d)$. В отличие от зависимости $I_{\perp}(d)$, соответствующей случаю рассеяния на одном кольце (см. пунктирную кривую на рисунке 1), зависимость $I_{\perp}(d)$ согласуется с экспериментальными данными значительно лучше как по уровню, так по форме и положению максимумов. На кривой $I_{\perp}(d)$ также появляются малые флуктуации, отсутствующие у кривой $I_{\perp}(d)$. При этом наличие у экспериментальной зависимости $I_{\perp}(d)$ (см. кружочки на рисунке 1) хорошо заметной асимметрии относительно оси ординат не может быть описано в рамках рассмотренной модели, так как она не учитывает неоднородность распределения рассеивающих центров по азимутальному углу.

Распределение нормированной концентрации неоднородностей вдоль радиуса волокна, соответствующее зависимости $I_{\text{many rings}}$ на

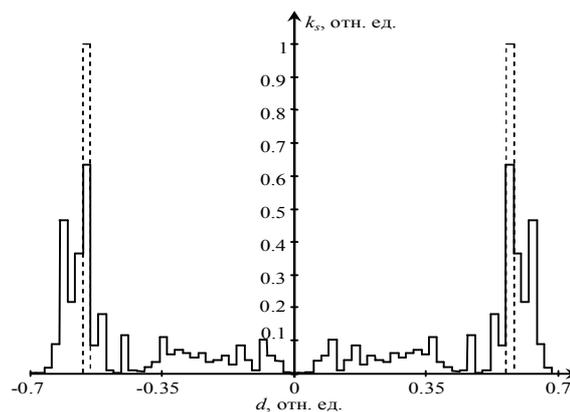


Рис. 2. Распределение нормированной концентрации неоднородностей вдоль радиуса сердцевины GI-POF

рисунке 1 представлены на рисунке 2 сплошной кривой. Области максимумов концентрации совпадают с положением одного кольца неоднородностей, показанным на рисунке 2 пунктиром и соответствующем зависимости $I_{\text{single ring}}$ на рисунке 1.

Таким образом, сравнительный анализ результатов численного моделирования с экспериментальными данными показывает, что предложенная выше модель многокольцевой структуры неоднородностей сердцевины GI-POF учитывает большинство рассмотренных особенностей экспериментальной кривой. Однако, она не дает объяснения наличию асимметрии максимумов на экспериментальной кривой, что может быть связано с неоднородностью распределения рассеивающих центров в области кольцевой структуры по азимутальному углу.

Список использованных источников

1. Bunge С.-А., Kruglov R., Poisel H. Rayleigh and Mie Scattering in Polymer Optical Fibers // J. Lightw. Technol. – 2006. – Vol. 24. – Iss. 8. – P. 3137-3146.
2. Aldabaldetrek G. A comprehensive analysis of scattering in polymer optical fibers / G. Aldabaldetrek, I. Bikandi, M.A. Illarramendi et al. // Optics Express. – 2010. – Vol. 18. – Iss. 24. – P. 24536-24555.
3. Unger H.-G. Planar optical waveguides and fibres. – Oxford: Clarendon Press, 1977. – 656 p.
4. Snyder A.W. Optical Waveguide Theory / A.W. Snyder, J.D. Love. – London: Chapman and Hall, 1983. – 734 p.
5. Tamir T. Integrated Optics. – Berlin: Springer-Verlag, 1975. – 318 p.
6. Ziemann O. POF Handbook – Optical Short Range Transmission Systems / O. Ziemann, J. Krauser, P.E. Zamzow, W. Daum. – Berlin: Springer-Verlag, 2008. – 884 p.

ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕРМОАНЕМОМЕТРОВ

Лебедев А.В., Литневский С.Е., Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
lebedok@sibmail.com

Введение

На сегодняшний день климат планеты подвержен непрерывным изменениям. Без наблюдений за изменениями в климате планеты невозможно его описать, понять причины изменений и прогнозировать.

Фактические сведения об атмосфере, погоде и климате дают метеорологические наблюдения. Метеорологические наблюдения – это инструментальные измерения и визуальные оценки метеорологических величин и явлений. Метеорологические наблюдения над состоянием атмосферы вне приземного слоя и до высот около 40 км носят название аэрологических наблюдений. Анализ результатов наблюдений служит в метеорологии и климатологии средством выяснения причинной связи в изучаемых явлениях. Наиболее полные и точные наблюдения производятся в метеорологических и аэрологических обсерваториях [1].

Метеорологические наблюдения ведутся на станциях по единым методикам, с использованием однотипных приборов и в определенные часы суток. Таким образом, метеорологические и аэрологические станции образуют в каждой стране и мировом масштабе сеть метеорологических станций [2].

Структура технических данных

Разрабатываемое техническое решение обрабатывает файлы с данными, которые снимает прибор.

Данный программный модуль обрабатывает данные файлы с данными, которые зафиксировал прибор в определенный промежуток времени. Данные снятие прибором хранятся в файлах в зашифрованном виде. Ниже приведена структура формирующегося файла.

В начале файла записываются байты, несущие информацию о дате и времени регистрации первого отсчета данных изделия, записываемого в файл.

После этого записываются мгновенные значения метеорологических параметров для каждого цикла измерений, повторяющихся через интервал 12,5 мс (при $f = 80$ Гц):

- Температуры воздуха.
- Южный компонент вектора горизонтальной скорости ветра.
- 3. Восточный компонент вектора горизонтальной скорости ветра.
- Вертикальный компонент полного вектора

скорости ветра.

- Атмосферное давление.
- Относительная влажность воздуха.
- Признак ошибки.

По завершению записи каждого бинарного файла в его конец дописываются дата и время регистрации последнего отсчета данных изделия, записываемого в файл.

Двухбайтовые параметры записываются младшим байтом вперед, т.е. сначала младший байт числа, затем старший байт.

Разработка программного обеспечения

Следуя общепринятой практике и с учетом требований к гидрометеорологическим постам Всемирной метеорологической организации (ВМО) и Росгидромета статистической обработке подвергается совокупность данных измерений, ограничиваемая по времени их регистрации двумя параметрами: сроком метеорологических наблюдений начального времени и интервалом статистического анализа (усреднения) данных усредненного промежутка времени [3].

Помимо данных полученных с прибора, программный модуль вычисляет дополнительные параметры, такие как статические данные необходимые для прогнозирования и анализа погодных условий.

Обработка данных разделена на два этапа.

На первом этапе расчетов идет оценка средних и дисперсий для значений метеорологических величин температуры, давления, влажности и скорости ветра в различных координатах, описывающих их квазиравновесное (за выбранный временной интервал усредненного промежутка времени) состояние в точке измерений в момент времени.

На втором этапе работы программный модуль вычисляет параметры атмосферной турбулентности: создание новых массивов обрабатываемых данных и вычисление физически значимых статистических моментов второго (и выше) порядка.

Данный программный модуль функционально способен обработать как все данные за весь промежуток времени, так и сделать выборку за определенный промежуток времени. Помимо выборки и обработки, данный программный модуль имеет функцию «скользящего окна». Например, ультразвуковой термоанемометр производит реальные измерения каждые 12,5 миллисекунд, а программный модуль может

изменить интервал (путем усреднения) между мгновенными измерениями до интервала, указанного исследователем.

Алгоритм работы программы

Данный программный модуль состоит из двух частей. Первый модуль программы отвечает за обработку данных с измерительных приборов в заданном промежутки времени, их расчет и передачу во второй модуль программы. Второй модуль программы отвечает за визуализацию полученных данных из первого модуля, а именно представление в табличном виде с вариантами выбора данных и возможностью построить график по выбранным ранее табличным данным.

Написать, что при запуске открывается кликер датапикер, что в geditа происходят вычисления, дальше открывается форма, про нее ниже описание идет.

На форме располагается таблица jTable для вывода данных, jTextArea для вывода статистики, группа элементов jCheckBox, исходя из которых, отображаются данные и график. А также кнопки управления.

По событию нажатия кнопки “Отобразить таблицу” программа получает ранее заполненную переменную GetData.DannieTable из класса GetData.

Затем используя метод AddToTable() данные отображаются в таблице с учетом выбранных jCheckBox путем присвоения таблице новой модели.

По событию нажатия кнопки “Статистика” происходит отображение средней статистики обработанных данных полученных из первого модуля с помощью статичной переменной.

В результате на этом шаге, после нажатия этих двух кнопок фрейм имеет вид, представленный на рисунке 1.

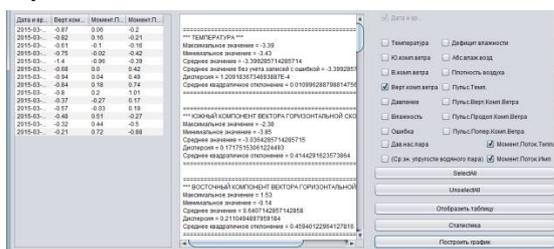


Рис. 1. Заполненный фрейм

Далее выключенная кнопка “Построить график” становится активной, и появляется возможность построить график, представленный на рисунке 2.

С помощью метода CreateDataset(), который берет данные из таблицы jTable1, строится график в зависимости от времени исследования.[4]

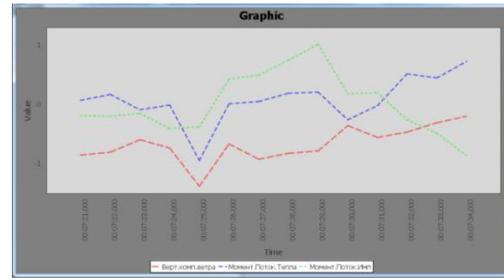


Рис. 2. График по выбранным данным

Используемая среда визуализации

Данный программный модуль был разработан на языке высокого уровня JAVA. Была использована дополнительная графическая библиотека JFreeChart.

Разработка велась в среде IDE NetBeans. Данная среда позволяет быстро и легко разрабатывать настольные, мобильные и веб-приложения Java, а также приложения HTML5 с использованием технологий HTML, JavaScript и CSS. IDE также предоставляет многофункциональные наборы средств для разработчиков PHP и C/C++.

Разработанный программный модуль является платформенно-независимым. [5][6]

Заключение

В результате совместной работы был разработан полноценный программный продукт, позволяющий обрабатывать и визуализировать метеоданные, получаемые с ультразвуковых термоанемометров.

Первый модуль программы отвечает за обработку данных с измерительных приборов в заданном промежутки времени, их расчет и передачу во второй модуль программы.

Второй модуль программы отвечает за визуализацию полученных данных из первого модуля, а именно представление в табличном виде с вариантами выбора данных и возможностью построить график по выбранным ранее табличным данным.

Список использованных источников

1. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и Климатология: учебник для университетов. М., МГУ, 2001. — 528 с.
2. Стом Данлоп. Атлас погоды. Атмосферные явления и прогнозы. - СПб.: Амфора, 2010. - 192 с.
3. Стехновский Д.И., Васильев К.П. Справочник по навигационной гидрометеорологии. — М.: Транспорт, 1976.— 168 с.
4. Герберт, Шилдт Java 2 v5.0 (Tiger). Новые возможности; СПб: БХВ-Петербург, 2013.- 208 с.
5. Ноултон, П.; Шилдт, Г. Java 2 в подлиннике; СПб: BHV, 2011.
6. Пауэлл, Томас; Шнайдер, Фриц Полный справочник по Java; М.: Вильямс; Издание 2-е, 2012. - 960 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ИЗОБРАЖАЮЩИХ ВЕКТОРОВ

Пономарева А.В.

Шалаев Ю.Н.

Томский политехнический университет

avp35@tpu.ru

Введение

В статье проводится идентификация динамических объектов по характеристике выходного сигнала. В работе предложен алгоритм оценки параметров динамической системы методом изображающих векторов. Это операторный метод, который всякой временной функции на конечном промежутке ставит соответствие n -мерный вектор, а линейному оператору – матрицу ($n \times n$). Дальнейшие преобразования, необходимые для оценки параметров системы, ведутся численными методами, что позволяет успешно использовать вычислительную технику, а окончательный результат на основании формулы обращения записывается в аналоговой форме. В векторно-матричной форме производится синтез управляющего сигнала нестационарных динамических систем по желаемой характеристике выходного сигнала и предложен алгоритм оценки их параметров методом изображающих векторов, все вычисления ведутся численными методами. Все это позволяет успешно использовать вычислительную технику, а окончательный результат на основании формулы обращения записывать в аналоговой форме. Оцениваются конструктивные параметры передаточной функции n и m исследуемой системы, а по системе алгебраических уравнений находятся коэффициенты знаменателя и числителя передаточной функции.

Оценка параметров динамической системы

Динамику системы управления успешно описывают с помощью дифференциальных и интегральных уравнений [1-7]:

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^{n-i}}{dt^{n-i}} y(t) = \sum_{j=0}^m b_j \frac{d^{m-j}}{dt^{m-j}} u(t) \quad (1)$$

Формальная структура системы управления на основании многих источников определена в виде дифференциального уравнения (1). Оператор идентификации объекта управления запишем в виде передаточной функции:

$$W(s) = \frac{B(s)}{A(s)} \quad (2)$$

Таким образом, задача оценки параметров передаточной функции по виду переходного процесса системы управления $h(t)$ сводится к оценке конструктивных параметров m и n

передаточной функции (2), при этом $m < n$, и нахождению неизвестных параметров модели

$$a_i (i = \overline{0, n-1}) \quad \text{и} \quad b_j (j = \overline{0, m})$$

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом изображающих векторов. Метод изображающих векторов – это операторный метод, который всякой временной функции на конечном промежутке времени ставит в соответствие p -мерный вектор, а линейному оператору – матрицу ($p \times p$). Суть метода изображающих векторов состоит в том, что каждой функции $f(t)$ ставится в однозначное соответствие вектор $F = \{f_1, f_2, \dots, f_p\}$ элементы которого, коэффициенты ряда Фурье, для функции $f(t)$, определенной на промежутке времени $[0, t_0]$, имеет место разложение:

$$f(\tau) = \sum_{i=0}^p f_i T_i(\tau),$$

где f_i – коэффициенты Фурье; $T_i(\tau)$ – ортонормированные смещенные полиномы Чебышева I-го рода; $\tau = t/t_0$ – безразмерная независимая переменная.

Переходной процесс $h(t)$, исходной системы, преобразуем в изображающий вектор по соотношениям [1-6], получим:

$$H = \{h_1, h_2, \dots, h_p\} \quad (3)$$

По вектору (3) и из формулы обращения [1,2] получаем аналитическую зависимость переходного процесса в виде полинома порядка P :

$$h(t) = (H, T(t)) \quad (4)$$

По аналитической зависимости (4) функции $h(t)$ находим время переходного процесса t_0 от момента включения системы до момента, когда модуль отклонения переходного процесса от установившегося значения не превосходит заданной величины зоны нечувствительности. Для нахождения весовой функции системы $w(t)$ воспользуемся дифференциальной связью между весовой и переходной функциями:

$$w(t) = \frac{d}{dt} h(t) \quad (5)$$

В области изображающих векторов соотношение (5) запишется как:

$$w = DH \quad (6)$$

По соотношению (4) получаем аналитический вид весовой функции:

$$w(t) = (w, T(t)) \quad (7)$$

По весовой функции (7) получаем числовую характеристику передаточной функции, для этого воспользуемся интегральным преобразованием Лапласа:

$$W(g_i) = \int_0^{\infty} w(t) \exp(-g_i t) dt \quad (8)$$

где g_i – вещественный параметр на интервале $[0, t_0]$, $W(g_i)$ – оператор системы управления. Необходимо отметить, что для устойчивых динамических систем весовая функция (7) определена на интервале $[0, t_0]$, то есть на время переходного процесса, на последующем участке наблюдения, она равна нулю. На основании этого вывода интегральное преобразование Лапласа (8) рассматривается в пределах времени переходного процесса.

Оператор системы управления (2) для вещественной переменной g запишется как:

$$W(g) = \frac{b_m g^m + b_{m-1} g^{m-1} + \dots + b_1 g + b_0}{g^n + a_{n-1} g^{n-1} + \dots + a_1 g + a_0} \quad (9)$$

где $a_i (i = \overline{0, n-1})$, $b_j (j = \overline{0, m})$ – коэффициенты передаточной функции.

Для оценки конструктивных параметров n , m воспользуемся [2-6], уравнениями (8, 9) и предельным соотношением:

$$\lim_{g \rightarrow \infty} \frac{W(g)}{W(c * g)} = c^{n-m} \quad (10)$$

где $c > 1$. Опытным путем получено, что лучший результат оценки конструктивных параметров m и n достигается при $c=2$. Из полученного соотношения (10) находится оценка конструктивных параметров:

$$n - m = \frac{\ln c^{n-m}}{\ln c}$$

В результате введенных допущений при оценке параметров n , m получается вещественное число, содержащее целую часть и мантиссу. Мантиссу полученного выражения принимаем за единицу и прибавляем к целой части. Для нахождения параметра m воспользуемся оператором сдвига (4) и, изменяя величину k , определяем количество нулей m передаточной функции.

Таким образом, задача нахождения конструктивных параметров n , m решена. Для нахождения коэффициентов передаточной

функции необходимо решить систему линейных алгебраических уравнений порядка $n+m+1$ следующего вида:

$$g_k^n W(g_k) + W(g_k) \sum_{i=0}^{n-1} a_i g_k^i - \sum_{j=0}^m b_j g_k^j = 0, \\ k = \overline{0, n+m+1}.$$

По найденным коэффициентам a_i, b_j и конструктивным параметрам n и m записываем передаточную функцию исходной системы, то есть находим структуру исследуемой динамической системы. Необходимо отметить, что переходной процесс (9) может быть на выходе нестационарной и нелинейной динамических систем.

Заключение

Изложенный метод оценки параметров динамических систем позволяет аппроксимировать эти системы передаточными функциями линейных динамических систем.

Список использованных источников

- Осипов В.М. Основы метода изображающих векторов и линейное преобразование сигналов // Вопросы программирования и автоматизации проектирования – Томск: Издательство Томского университета, 1971. – вып. 1 – с. 1-13.
- Шалаев Ю.Н. Моделирование нестационарных динамических систем методом изображающих векторов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. - №7. – с. 44-47.
- Шалаев Ю.Н. Обработка экспериментальных данных методом изображающих векторов // Математическое и программное обеспечение проектирования систем – Томск: Издательство Томского университета, 2002. – вып. 2 – с. 44-47.
- Шалаев Ю.Н. Моделирование сдвига функций во временной области методом изображающих векторов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. - №5. – с. 33-37.
- Ponomareva A., Shalaev Y. Generation of the Dynamic System Control Signal According to Characteristic of the Transient Process // Key Engineering Materials. - 2016 - Vol. 685. - p. 967-970.
- Shalaev, Y.N. The estimation of parameters of dynamic system by a method of image vectors. Proceedings - 9th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, KORUS-2005.
- Березняк О.В., Шалаев Ю.Н. Оценка конструктивных параметров объекта управления // Современные техника и технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Томск: ТПУ, 2010. - Т. 2 - с. 293-295.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ГОЛОСОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Худоногова Л. И.

Томский политехнический университет
likhud@tpu.ru

Введение

Голосование является одним из эффективных методов решения проблемы согласования неточных, неполных или противоречивых данных, полученных из разных источников [1]. Под голосованием понимается процедура измерения уровня согласованности мнений m избирателей (участников) относительно ряда n кандидатов (альтернатив). Задачей голосования является нахождение консенсуса, представляющего собой обобщенное мнение участников. В интервальном голосовании каждый участник представляет свое мнение в виде интервала значений на вещественной оси, и все значения из этого интервала (альтернативы) являются одинаково предпочтительными с точки зрения участника. Результатом такого голосования становится интервал значений, выражающий наилучший компромисс представленных мнений. Использование интервалов позволяет участнику не ограничиваться одним значением, если несколько альтернатив представляются ему в равной мере подходящими. Основой любого алгоритма голосования является правило отбора, определяющее, как результат голосования будет получен. В данной статье проводится анализ алгоритмов голосования с целью оценки их пригодности для обработки измерительных данных в беспроводных сенсорных сетях (БСС).

Алгоритмы на основе правил абсолютного и относительного большинства

В [1-3] рассматриваются простые алгоритмы интервального голосования, основанные на правилах абсолютного и относительного большинства. В приведенных работах интервал I , выражающий мнение участника, представляется своими нижней (l) и верхней (u) границами, т.е. наименьшим и наибольшим значением из упорядоченного ряда альтернатив.

В соответствии с правилом относительного большинства, подсчитывается число участников, проголосовавших за каждую из альтернатив. «Победителем» становится альтернатива, набравшая наибольшее количество голосов. В отличие от алгоритмов, где мнение участника представляется единственной альтернативой, интервальное голосование не требует прямого подсчета или попарного сравнения всех предпочтительных альтернатив, за счет чего временная сложность алгоритма интервального голосования значительно снижается. Результирующий интервал находится как

пересечение интервалов большинства участников. На рис. 1 показан пример интервального голосования с применением правила относительного большинства. Границы полученного результирующего интервала I_r обозначены пунктирными линиями.

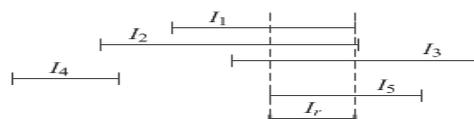


Рис. 1. Интервальное голосование на основе правила относительного большинства

Несмотря на то, что алгоритм, основанный на определении интервала посредством пересечения, прост, он может привести к возникновению парадоксов голосования. Предположим, что при голосовании получены интервалы от четырех участников, как показано на рис.2. Применяя правило относительного большинства, можно найти два непересекающихся интервала $[a, b]$ и $[c, d]$, каждый из которых имеет одинаковое количество голосов. В таком случае неясно, какой интервал следует выбрать в качестве результирующего, поскольку нет причин считать один из них предпочтительнее другого.

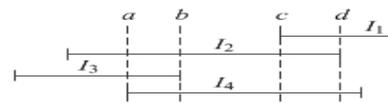


Рис.2. Парадокс голосования

Согласно правилу абсолютного большинства, победителем считается альтернатива, собравшая больше половины голосов. В [3] представлены два алгоритма на основе правила абсолютного большинства применительно к интервальному голосованию. Результирующие интервалы I_{r1} и I_{r2} для двух алгоритмов соответственно показаны на рис. 3. Как видно на рисунке, полученные интервалы достаточно широки. С одной стороны, это дает основание утверждать, что верная альтернатива с высокой степенью вероятности попадает в результирующий интервал. С другой стороны, чем шире получившийся интервал, тем ниже точность определения результата. Кроме того, правило абсолютного большинства также может приводить к появлению парадоксов.

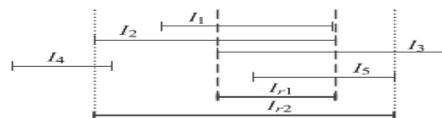


Рис.3. Интервальное голосование на основе правила абсолютного большинства

Алгоритм на основе агрегирования предпочтений

В [4] представлен принципиально новый подход к интервальному голосованию, где интервал представляется в виде ранжирования альтернатив, которое может включать строгое отношение предпочтения и отношение эквивалентности. Пусть среди m участников голосования каждый k -ый участник предоставляет интервал I_k (Рис.4). Расположим каждый интервал на числовой прямой конечной длины. Разделим прямую на $n - 1$ отрезков равной длины, присвоив верхней границе каждого отрезка значение из множества альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Теперь сформируем множество отношений предпочтения $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$, где каждое из m ранжирований $\lambda = \{a_1 > a_2 > \dots > a_n \sim a_n \sim \dots \sim a_n\}$ может содержать строгое отношение предпочтения $>$ и отношение эквивалентности \sim между альтернативами a . Если альтернатива a_i попадает в интервал I_k , она находится в отношении строгого предпочтения к альтернативам, расположенным за пределами интервала, и эквивалента альтернативам внутри интервала. Для профиля предпочтения Λ строится матрица профиля $P = [p_{ij}]$ по формуле (1):

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^m \begin{pmatrix} 0 & \text{если } a_i^k > a_j^k \\ 1 & \text{если } a_i^k \sim a_j^k \\ 2 & \text{если } a_i^k < a_j^k \end{pmatrix}, \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Правило Кемени позволяет найти отношение консенсуса β , такое, что расстояние $D(\beta, \Lambda)$ от ранжирования β до профиля Λ минимально:

$$\beta = \arg \min_{\lambda \in \Pi} D(\lambda, \Lambda) = \sum_{i < j} p_{ij}, \quad (2)$$

где $D(\lambda, \Lambda)$ – расстояние между некоторым ранжированием λ и профилем Λ [5]. Для нахождения отношения консенсуса применяется рекурсивный алгоритм ветвей и границ. В случае получения более чем одного оптимального решения все решения преобразуются в единственное итоговое отношение консенсуса β_{fin} в соответствии с правилами, описанными в [4]. В полученном отношении консенсуса альтернатива a_f , стоящая на первом месте, принимается за середину результирующего интервала. Границы интервала определяются как наименьшее из двух значений: максимальная нижняя граница ($l_k \leq a_f$) и минимальная верхняя граница ($u_k \geq a_f$) интервалов (Рис.4).

Использование интервального голосования для обработки измерительных данных

Обработка результатов измерений сенсоров в БСС необходима при экологическом мониторинге, медицинском мониторинге и пр. Целью такой обработки является получение точного значения измеряемой величины на основании неточных или неполных результатов измерений сенсоров.

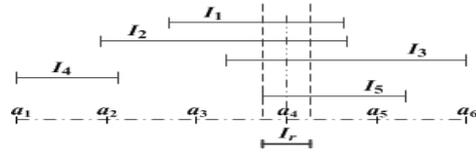


Рис.4. Интервальное голосование на основе агрегирования предпочтений по правилу Кемени

Данные с соседних узлов сети в одной исследуемой области, агрегируются для нахождения максимально возможного точного значения величины. Данные с соседних узлов сети в одной исследуемой области, агрегируются для нахождения максимально возможного точного значения величины. Обладая информацией о погрешности сенсора $U(x_k)$, узел предоставляет данные в форме интервала $[x_k \pm U(x_k)]$, где x_k – значение величины, измеренное k -ым сенсором. Центральный узел после получения данных запускает алгоритм интервального голосования, определяющий интервал неопределенности и значение измеряемой величины.

Заключение

Описанные алгоритмы интервального голосования были использованы для обработки данных численного моделирования работы БСС. Результат: правило Кемени позволяет получить узкий результирующий интервал неопределенности и наиболее близкое к номинальному значение измеряемой величины [4]. Использование правила Кемени исключает вероятность возникновения парадоксов при голосовании. Хотя временная сложность алгоритма на основе агрегирования предпочтений выше, чем при использовании правил большинства, при числе участников до двадцати время работы алгоритма не превышает нескольких секунд.

Список использованных источников

1. Parhami, B. Voting: a paradigm for adjudication and data fusion in dependable systems // Dependable Computing Systems: Paradigms, Performance Issues, & Applications, Wiley, 2005, pp. 87-114.
2. Berg D., Norine S., Su F.E., Thomas R., Wollan P. Set intersections, perfect graphs, and voting in agreeable societies // Manuscript, August 2006.
3. Parhami B. Distributed interval voting with node failures of various types // Proceedings of the IPDPS 2007, California, USA, 2007, pp. 1-7.
4. Muravyov S.V., Khudonogova L.I. Multisensor accuracy enhancement on the base of interval voting in form of preference aggregation in WSN for ecological monitoring // Proceedings of the ICUMT 2015.– Czech Republic, 2015.– P. 293-297.
5. Muravyov S.V. Preference aggregation as a way to solve problems in me-trology and instrumentation // Measurement Techniques. – 2014. – Vol. 57, iss. 2. – P. 132-138.

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ РЕСУРСОВ

Нагиев А.Е., Ботыгин И.А., Шерстнёва А.И.
Томский политехнический университет
andrew_nagiev09@mail.ru

Введение

В настоящее время наметилась четкая тенденция к проектированию распределенных гетерогенных систем управления. И это понятно – очень привлекательна идея увеличить вычислительную мощность систем за счет простой интеграции компьютерной техники в единый виртуальный кластер. Разработка распределенных вычислительных систем тесно связана с балансировкой нагрузки (БН), которая позволяет максимально эффективно использовать ресурсы виртуального кластера, а также повышает его отказоустойчивость и обеспечивает дополнительное подключение вычислителей при высоких нагрузках на основные узлы.

Метод динамического подключения ресурсов

В настоящей работе развивается диспетчеризация нагрузки на основе метода динамического подключения ресурсов [1-3].

Функциональная структура, на основе которой проводились программные эксперименты по исследованию предложенного алгоритма диспетчеризации (ДПР) представлена на рис. 1.

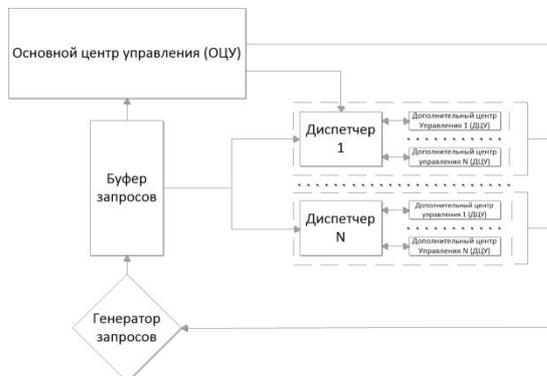


Рис. 1. Структурная схема распределенной вычислительной системы с ДПР

На схеме изображен основной центр управления (ОЦУ), который играет роль сервера управления. Также были добавлены специальные диспетчеры нагрузки. Они позволяют производить дополнительное подключение ресурсов (центров управления). Буфер запросов ОЦУ предназначен для накопления поступающих запросов на обработку от генератора запросов. После обработки запроса на вычисления происходит его удаление из буфера.

С увеличением количества поступающих запросов от генератора ОЦУ не успевает обрабатывать все запросы. Однако, в отличие от

классического серверного решения, где происходит отказ системы, в распределенной вычислительной системе с использованием ДПР происходит накопление поступающих запросов в буфере. При достижении определенного задаваемого количества запросов на обработку в буфере, происходит подключение диспетчеров нагрузки. Диспетчеры нагрузки в отдельных потоках начинают запускать дополнительные центры управления (ДЦУ). Количество подключенных ДЦУ ограничивается только скоростью поступления запросов и физическими возможностями системы, т.е. наличием дополнительных вычислительных мощностей.

Каждый запускаемый диспетчер и ДЦУ работают с буфером в отдельном потоке. После вычисления всех, переданных с помощью диспетчера нагрузки запросов, ДЦУ прекращает работу.

Программное моделирование

На рис. 2 изображена кривая, отображающая количество потоков, работающих в данный момент в генераторе запросов.

При определенной невысокой частоте поступающих запросов ОЦУ успевает их принимать, обрабатывать и отправлять результаты из различных потоков обратно в генератор запросов для дальнейшей работы. Однако, при повышении скорости поступающих запросов происходит увеличение количества обрабатываемых потоков и основной центр управления уже не успевает обработать все поступающие запросы, и они начинают накапливаться в буфере запросов. В этот момент происходит отказ классического серверного решения, т.к. ввиду отсутствия буфера потоки начинают конкурировать за ресурсы сервера. При достижении определенного количества потоков, задаваемого программно, включается диспетчер нагрузки, который подключает ДЦУ и увеличивает вычислительную мощность системы. Это приводит к тому, что рост количества запросов в буфере прекращается и происходит медленное снижение количества запросов путем распределения их между дополнительными центрами управления.

На рис. 3 можно заметить, разницу между загрузкой ЦП до начала отправки запросов от генератора и при обработке запросов. Увеличение частоты поступающих запросов увеличивает использование ЦП основным центром управления, который все быстрее должен обрабатывать поступающие запросы.



Рис. 2. График количества действующих потоков в РАС

Затем рост нагрузки обеспечивается подключение ДЦУ. При этом происходит равномерное распределение вычислений между ядрами ЦП на основе датчика псевдослучайных чисел.

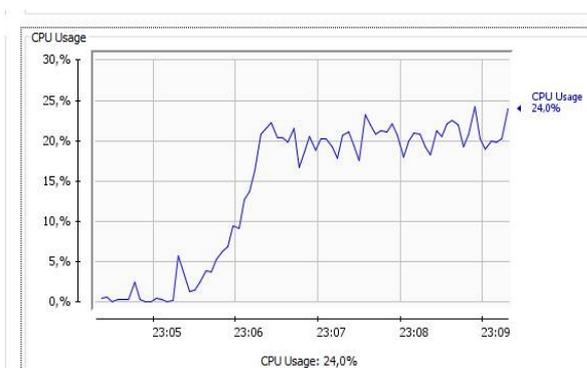


Рис. 3. Увеличение нагрузки системой ЦП

Далее, после окончания отправки запросов от генератора происходит обработка оставшихся запросов в буфере и выключение диспетчеров и ДЦУ. При этом происходит снижение использования центрального процессора до первоначального состояния (рис. 4, рис. 5).

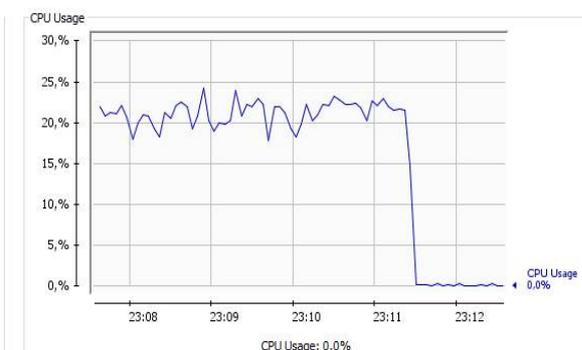


Рис. 4. Снижение использование ЦП при окончании поступления и обработки запросов



Рис. 5. Окончание отправки запросов от генератора характеризуется снижением потоков в системе

Результаты программного эксперимента

В результате проведения экспериментов можно говорить о том, что время подключения терминалов и обработки запросов к ОЦУ по сравнению с классическим вариантом, сократилось на 57%. За то же самое время к ОЦУ подключается и обрабатывается на 58,5% больше запросов от терминалов, чем при работе основного центра управления без подключения дополнительных.

При подключении второго ДЦУ скорость обработки выросла соответственно на 13% относительно системы с одним ДЦУ. При подключении третьего ДЦУ скорость обработки также возросла на 24% относительно системы, в которой работает два дополнительных центра управления.

Заключение

Эксперимент, описанный выше, показал эффективность разработанного метода динамического подключения ресурсов. Благодаря представленному модельному эксперименту можно сказать, что рассмотренный метод динамического подключения ресурсов будет эффективен также при значительном увеличении количества подключаемых узлов и увеличении масштаба архитектуры.

Список использованных источников

1. Botygin I.A., Nagiyev A.E. Model experiment for load balancing in a distributed computer system // 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). – Tomsk, Russia. 2015. – pp. 1-4.
2. Kshemkalyani A.D., Singhal M. Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems. – Cambridge University Press, 2008. – 754 p.
3. Sherstnyov V.S., Sherstnyova A.I., Botygin I.A., Kustov D.A. Distributed Information System for Processing and Storage of Meteorological Data // High Technology: Research and Applications 2015. Key Engineering Materials. – Trans Tech Publications, Switzerland, 2016. – Vol. 685. – pp. 867-871.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Фролов С.Г., Попов В.Н., Ботыгин И.А.

Ботыгин И.А.

Томский политехнический университет

sgf2@tpu.ru

Введение

Одна из ключевых проблем в распределенных вычислительных системах – это проблема балансировки нагрузки вычислительной сети, возникающая по нескольким достаточно очевидным причинам. Здесь и различная степень сложности, поступающих на обработку заданий, и неоднородность самого вычислительного кластера, и неоднородность межузлового взаимодействия в кластере и т.п. Основными задачами системы балансировки являются контроль за нагрузкой и состоянием вычислительных узлов, а также выбор, в соответствии с заданным алгоритмом, узла для передачи на него запроса пользователя. И именно балансировка нагрузки является на сегодняшний день одним из наиболее используемых приемов повышения производительности распределенных вычислительных систем за счет оптимального распределения заданий между узлами вычислительной системы. Поэтому разработка методов и алгоритмов оптимального диспетчирования вычислений в распределенных системах, динамично изменяющих в процессе работы свою инфраструктуру – важная задача.

На сегодняшний день существует множество методов балансировки нагрузки: Round Robin, Weighted Round Robin, Least connections, Weighted least connections и др. Балансировка нагрузки также разделяется на статическую, полудинамическую и динамическую. Если говорить о том, как взаимодействует балансировка нагрузки в вычислительной системе, то балансировка подразделяется на централизованную и распределенную.

В статье описывается метод балансировки вычислительной нагрузки в распределенных автоматизированных системах, ориентированных на мультиагентность и многопоточность обработки данных. Предложена схема управления обработки запросов от терминальных устройств, обеспечивающая эффективное динамическое горизонтальное масштабирование вычислительной мощности при пиковых нагрузках. Представлены GPSS-модель и результаты модельных экспериментов исследования разработанного алгоритма диспетчеризации нагрузки, показывающие его эффективность даже при значительном увеличении количества подключаемых узлов и увеличении масштаба архитектуры распределенной вычислительной системы.

Архитектура распределенной вычислительной системы

Моделирование функционирования алгоритма балансировки нагрузки исследовалось на функциональной структуре распределенной вычислительной системы. Особенностью данной системы является возможность быстрого наращивания производительности с помощью горизонтального масштабирования вычислительных узлов и ресурсов. Архитектура системы базируется на компонентах, используемых при построении современных инструментальных средств распределенных вычислений (grid-систем). Но внутренняя структура комплекса, содержание функциональных компонентов (middleware) и протоколы их взаимодействия являются оригинальными. Архитектура разработанного комплекса виртуализует три основных технических ресурса, на которых строится высокопроизводительный центр обработки данных (вычислительные системы, системы хранения данных и глобальные коммуникации), а затем собирает их в единый виртуальный компьютер, чтобы предоставлять его ресурсы в виде сервисов.

В структуре распределенной вычислительной системы обработки данных выделены вычислительные серверы, коммуникационный сервер и сервер базы данных. Планирование и диспетчирование процессами обработки данных распределено на специальный коммуникационный сервер. Взаимодействие всех пользователей с комплексом обработки осуществляется только через коммуникационный сервер. Основной задачей коммуникационного сервера является обеспечение оптимальной загрузки имеющихся в его распоряжении вычислительных серверов и обеспечение режима работы в реальном времени (online) пользователей. В такой ситуации пользователю уже не важно, на каком конкретном узле сети исполняется его задача – он просто потребляет определенное количество виртуальной процессорной мощности, имеющейся в сети. На вычислительных серверах комплекса производится математическая обработка данных [1].

Алгоритм использует информацию, которая хранится в профилях (метаописаниях) вычислительных серверов (таблица процессоров, таблица соответствия задач и таблица задач).

Основные шаги алгоритма:

Шаг 1. Формирование списка вычислительных серверов для решения задачи.

Шаг 2. Исключение из списка выключенных серверов.

Шаг 3. Исключение из списка занятых серверов.

Шаг 4. Исключение из списка серверов, с которыми связь по техническим причинам невозможна.

Шаг 5. Определение времени установления связи и скорость передачи данных с серверами.

Шаг 6. Определение сервера с максимально свободной вычислительной мощностью.

Шаг 7. При наличии нескольких серверов с одинаковой вычислительной мощностью выбирается тот сервер, с которым скорость обмена данными выше.

Шаг 8. Увеличение на единицу значения поля Количество пользователей.

Шаг 9. При отсутствии серверов со свободными вычислительными мощностями заявка на выполнение задачи помещается в буфер коммуникационного сервера.

Шаг 10. Передача управления на выбранный вычислительный сервер.

Критерий выбора заключается в поиске такого сервера, нагрузка на который минимальна, а скорость обмена данными – максимальна.

GPSS-модель для оценки эффективности алгоритма балансировки нагрузки

Для оценки эффективности функционирования распределенной вычислительной системы, представленной выше, была разработана её имитационная модель на языке GPSS World [2].

Основными объектами моделируемой системы являются: потоки входных заданий, вычислительные сегменты, вычислительные серверы (ВС) сегментов, коммуникационный сервер (КС), серверы баз данных (БД), менеджер БД. Вычисление моментов появления заданий (случайной величины, связанной с промежутком времени между появлениями двух соседних заданий) осуществляется по нормальному закону распределения. Интервалы обслуживания также являются случайной величины, распределённой по экспоненциальному закону.

Изменяемыми параметрами модели являются: количество ВС, максимальное время обработки задания, количество типов заданий, средний интервал между заданиями, доля параллельных заданий, доля отклонённых заданий, среднее время обработки заданий КС, отклонение от среднего времени обработки заданий КС, вероятность сбоя ВС, вероятность восстановления ВС, среднее время восстановления ВС, отклонение от среднего времени восстановления ВС, количество КС, максимальное время обработки задания администратора, количество типов заданий, средний интервал между заданиями, среднее время восстановления ВС, отклонение от среднего времени восстановления ВС. Типовыми заданиями в настоящей модели являлись задачи сбора, хранения и обработки метеорологических данных

для анализа и прогнозирования климатических процессов [2].

В работе проведено исследование зависимостей таких критериев как: количество заданий общее, отклонённых, без параллелизма, с параллелизмом, аварийных ситуаций с восстановлением, без восстановления, с восстановлением (для заданий с параллелизмом), без восстановления (для заданий с параллелизмом), заданий в очереди, от следующих параметров: количество ВС, максимальное время обработки задания, количество типов заданий, интервал между заданиями, количество КС. Во всех экспериментах моделирование осуществлялось в течении 24 часов (модельное время).

При выбранных в модели параметрах быстродействия ВС: их количество (свыше 100), максимального времени обработки задания (до 100 единиц), количество КС (до 10) практически не влияет на исследуемые критерии. Количество типов выполняемых заданий значительно влияет на число выполненных в МВК заданий, а также на очередь к КС. Изменение интервала поступления заданий значительно влияет на исследуемые критерии, особенно на начальных этапах его увеличения. Эксперименты имитационного моделирования разработанной функциональной структуры распределенной вычислительной системы показали эффективность ее работы даже при значительном увеличении количества подключаемых узлов и увеличении масштаба архитектуры. Предложенные параметры модели и статические критерии оценки ее функционирования позволили комплексно и оценить качество разработанной модели.

Заключение

Вопрос о планировании нагрузки в распределенной вычислительной системе следует решать еще на ранней стадии развития любого сервиса. Первоначально проблемы недостаточной производительности распределенной вычислительной системы в связи ростом нагрузок можно решать путем наращивания мощности её серверов, но эффективнее – оптимизация используемых алгоритмов и программных кодов.

Список использованных источников

1. Ботыгин И.А., Попов В.Н. Архитектура распределенной файловой системы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/137TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус. англ. DOI: 10.15862/137TVN614
2. I. A. Botygin, V. N. Popov, V. A. Tartakovsky, V. S. Sherstnev Architecture of scalability file system for meteorological observation data storing // Proc. of SPIE, 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. – 2015. – vol. 9680. – pp. 96800J-1– 96800J-4. – doi: 10.1117/12.2205749.

СВЕТОДИОДНОЕ ТАБЛО, УПРАВЛЯЕМОЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ ARDUINO

Ананьев А.Д., Соболев А.В., Юдин А.И., Фадеев А.С.
Научный руководитель: Фадеев А.С., заведующий кафедрой АиКС ИК ТПУ
Томский политехнический университет
sciff16@yandex.ru

Введение

В настоящее время большая часть автобусов в городе Томске использует «картонные» таблички с информацией о маршруте. Их нужно регулярно менять, если один автобус следует по нескольким маршрутам; при изменении маршрута приходится изготавливать новую табличку; в темное время суток в большинстве случаев очень сложно увидеть маршрут из-за отсутствия подсветки. Однако широкое распространение светодиодных матриц позволяет создавать различные системы информирования от бегущих строк, до знаков и указателей. Применение таких матриц с удобной системой управления позволило бы создать современную и удобную как для водителей, так и для пассажиров информационную систему.

Целью данной работы является создание системы, управляемой с помощью платформы Arduino, отображающей информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта и позволяющей водителю управлять экраном.

Состав системы

Данная информационная система состоит из четырех частей: микроконтроллер Arduino, табло, состоящее из последовательно соединенных светодиодных матриц размерами 16x32 точки, LCD-дисплей размером 20x4 символа и матричная клавиатура размером 4x4 клавиши.

Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328. В его состав входит необходимый набор компонентов для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов, разъем USB, разъем питания, кнопка сброса и др. Для начала работы с устройством достаточно просто подать питание от AC/DC-адаптера или батарейки, либо подключить его к компьютеру посредством USB-кабеля. Внешний вид микроконтроллера представлен на рисунке 1.

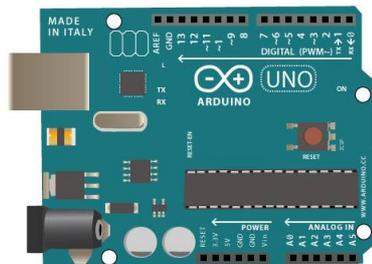


Рисунок 2 - Внешний вид микроконтроллера ArduinoUno

Табло – светодиодная матрица, использующая 32x16 светодиодов красного цвета. При такой схеме подключения в устройствах отображения применяется матричная схема включения, которая позволяет сократить число управляющих каналов, а, следовательно, и контактов, в несколько раз. Схема подключения представлена на рисунке 2.

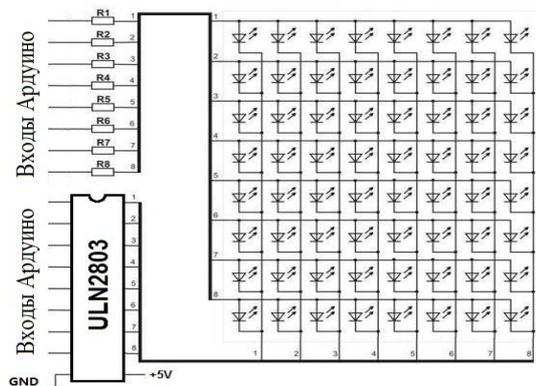


Рисунок 3 - Схема подключения

Суть ее такова: у каждого светодиода есть общий контакт в каждом ряду и строчке. Чтобы загорелся нужный светодиод, нужно подать на строчку «плюс», то есть логическую единицу, а нужный столбец подключить к «минусу», то есть подать логический ноль.

Чтобы зажечь сразу несколько разных светодиодов в разных столбцах и строчках, надо сначала зажечь светодиод на верхней строчке, через некоторое время снять напряжение с первой строчки, и подать на вторую, а микросхемы столбцов подключить к минусам. Смена загорания строчек должна происходить так быстро, чтобы пользователь не замечал мерцания, создавая ощущение, что на самом деле горят все светодиоды таблички.

Для управления строчками матрицы светодиодов используется транзистор, управляемый микроконтроллером (МК). Для управления столбцами используют сдвиговые регистры, которые заменяют параллельное управление столбцами матрицы на последовательное управление.

Сдвиговые регистры работают синхронно с главным МК таблички и тактируют их по соответствующему входу. После заполнения последней ячейки регистра, информация подается на выход, к которому можно подключить следующий сдвиговый регистр и тем самым продолжить цепочку (выход).

При построении табло, информирующего о наименовании начальной и конечной остановки следования автобуса, необходимо формировать текстовую информацию на нескольких светодиодных матрицах, расположенных вплотную. Матрицы подключаются последовательно, при этом посылаются сигналы только на первую матрицу, но, после формирования изображения на ней, данные передаются на следующую. Таким образом цифровые выходы МК подключаются только ко входу первой матрицы, но фактически управление осуществляется изображением всех матриц, подключенных последовательно. Схема представлена на рисунке 3.

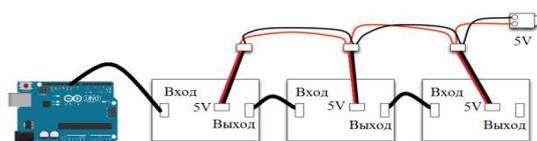


Рисунок 4 - Последовательное подключение светодиодных матриц

На матрицу подаются данные, которые представлены массивом десятичных чисел, соответствующих в двоичном представлении светодиодам, которые необходимо зажечь. Принцип вывода представлен на рисунке 4.

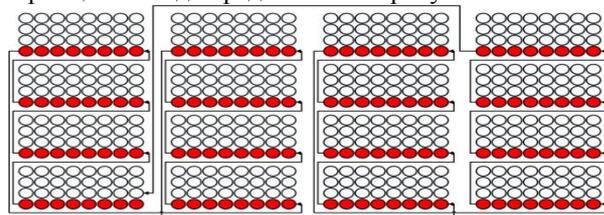


Рисунок 4 - Принцип вывода

LCD дисплей предназначен для удобства информирования водителя, он позволяет отображать набранную комбинацию цифр и показывать часть информации, выводимой на табло. Для уменьшения количества занимаемых входов/выходов на Arduino было использовано цифровой протокол последовательной передачи информации — I2C. Адрес дисплея был определен стандартной командой среды разработчика. За счет наличия адресации устройств, протокол I2C позволяет параллельно подсоединять до 127 устройств, используя только два выхода. Принцип работы следующий: устройства остаются в бездействии, пока не распознают свой адрес перед командой, то есть данные передаются по типу «адрес - команда».

Подключение LCD дисплея при помощи I2C модуля представлено на рисунке 5. I2C модуль содержит следующие входы: VCC – вход питания, GND – выход на «землю», SDA – последовательная линия данных, SCL – сигнал тактовых синхроимпульсов. Выходы SDA и SCL

подключаются к аналоговым портам A4 и A5 соответственно.

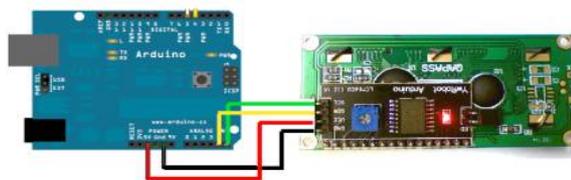


Рисунок 5 - Схема подключения LCD дисплея к Arduino с помощью I2C модуля

Принцип работы системы

Схема системы представлена на рисунке 6.

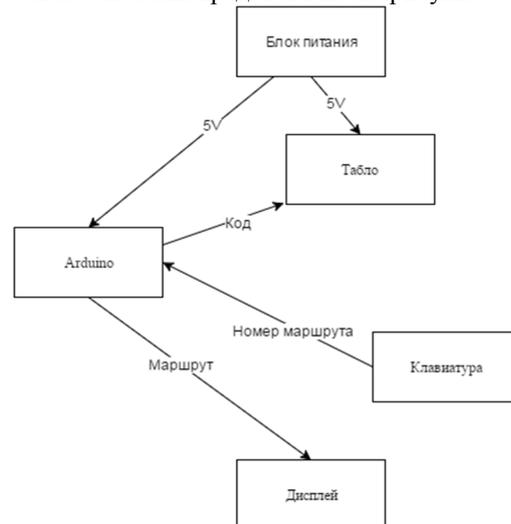


Рисунок 6 - Схема системы

После загрузки кода на микроконтроллер, подачи питания на микроконтроллер и наборе комбинации цифр на клавиатуре, на LCD дисплее и табло, состоящем из последовательно соединенных LED матриц, отображается информация. На дисплее отображается набранная комбинация цифр и часть информации, отображаемой на табло, а на табло отображается маршрут движения транспорта, соответствующий набранной комбинации цифр.

Список использованных источников

1. Москатов Е.А. Электронная техника. Издание 2. – Таганрог, 2005.
2. «How to Connect and Read a Keypad with an Arduino» [Электронный ресурс] <http://www.learning-aboutelectronics.com/Articles/Arduino-keypad-circuit.php> (дата обращения 6.09.2016).
3. «Подключение текстового экрана к Arduino» [Электронный ресурс] <http://wiki.amperka.ru/схемы-подключения:подключение-текстового-экрана> (дата обращения 6.09.2016).
4. «Связка Mega2560 с p10 ledmodule» Материалы по программированию Arduino переведенные с официального сайта проекта Ардуино [Электронный ресурс] <http://arduino.ru/forum/apparatnye-voprosy/svyazka-mega2560-s-p10-led-module>.

САПР ДЛЯ РАЗРАБОТКИ IP-CORE НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ VIVADO HIGH-LEVEL SYNTHESIS

Черепов А.А.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н.

Томский политехнический университет

e-mail: aac26@tpu.ru

Введение

ПЛИС – разновидность интегральных схем, логика работы которых определяется не при изготовлении, а задается посредством программирования. Современные ПЛИС содержат до двух миллионов логических ячеек, которые могут быть сконфигурированы для задания множества алгоритмов. При этом скорость работы алгоритма на ПЛИС сравнима со скоростью работы этого же алгоритма на обычной ИС, однако важным преимуществом ПЛИС является возможность динамического изменения структуры логических ячеек.

Практическое использование ПЛИС часто вызывает трудности для «чистых» программистов, которые сталкиваются с целым рядом непривычных задач: необходимостью помнить о правильном формировании тактовых сигналов, учитывать латентность, а также вообще понимать, что операторы языков описания аппаратуры не вполне эквивалентны операторам языков программирования.

САПР Vivado HLS, предназначена для создания цифровых устройств с применением языков высокого уровня. С помощью данной среды разработки возможно написать программу, или перенести уже готовый алгоритм для его дальнейшего распараллеливания и конвейеризации, чтобы получить все преимущества от использования ПЛИС.

Важным преимуществом данного ПО является то, что инженеры, которые разрабатывают программы для ПЛИС, смогут работать на более высоком уровне абстракции, а разработчики прикладного ПО получают возможность реализации аппаратного ускорения вычислений при помощи ПЛИС, затрачивая при этом минимальное количество времени и ресурсов.

Шаги разработки

Разработка HLS проектов подразумевает следующие шаги:

- Создание алгоритма на языке высокого уровня и его проверка при помощи C-симуляции.
- Имплементация данного алгоритма на RTL при помощи C-синтеза и его верификация. Шаги которой показаны на рисунке 1.
- Оптимизация полученного RTL определения при помощи специальных директив.

- Создание нескольких решений, отличающихся быстродействием и количеством занимаемых ресурсов ПЛИС.
- Экспорт данных решений как IP-core для дальнейшего использования.
- Использование ресурсов данного проекта в других проектах.

Каждый проект Vivado HLS содержит в себе следующие компоненты:

- Функцию, написанную на C, C++ или SystemC, которая будет преобразована в RTL
- Ограничения и требования, включающие в себя период тактов, погрешность периода и ПЛИС, для которой создается IP-core. По умолчанию погрешность приравнивается к 12,5% от периода.
- Опциональные директивы, которые определяют особенности функционирования IP-core, такие как интерфейсы ввода/вывода, конвейеризацию циклов, ресурсы для размещения данных и т. д.
- Файлы с кодом для тестирования синтезируемой функции и заголовочные файлы Исходный код в Vivado HLS делится на две части:
 - Код, который будет синтезирован в RTL.
 - Весь остальной код, который используется для тестирования преобразуемого кода.

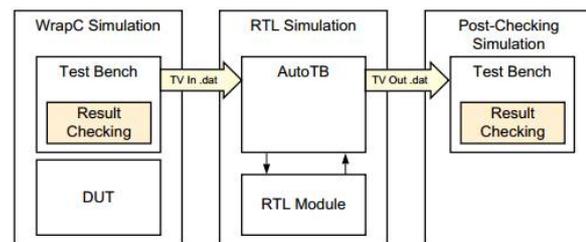


Рис. 1. Шаги RTL верификации.

Для каждого проекта необходимо выбрать одну функцию, которая будет определять использоваться для синтеза. Этой функцией не может быть функция main(). Также будут синтезированы все подфункции, вызываемые основной функцией.

Разработчику предоставляется возможность гибко определять интерфейсы ввода/вывода данных, используемые ресурсы памяти, осуществлять конвейеризацию и распараллеливание при помощи специальных директив.

При запуске среды разработки открывается стартовая страница, изображенная на рисунке 2,

которая позволяет создать новый проект, открыть созданные ранее проекты, в том числе проекты с примерами, а также позволяет получить быстрый доступ к различным видам документации.



Рис. 2. Стартовая страница Vivado HLS.

Особенности использования C/C++

Трансляция исходного кода высокого уровня на язык описания аппаратуры накладывает специфические требования и ограничения на использование языковых конструкций. Также вместе с Vivado HLS поставляется набор библиотек для языков C/C++/SystemC, содержащие в себе ряд полезных функций и типов, таких как: знаковые/беззнаковые целые числа произвольной разрядности, дробные числа с фиксированной точкой произвольной разрядности, библиотеки для работы с потоками, мат. функциями, для обработки видео и т.д.

Программисту при использовании Vivado HLS желательно иметь хотя бы общее представление об интерфейсах взаимодействия между отдельными блоками RTL, и знать об AXI стандартах, handshake протоколе и т.д.

Рассмотрим, как создаются интерфейсы при преобразовании функции на языке Си в RTL блок на примере простейшей функции.

```
dout_t sum_io
(din_t in1, din_t in2, dio_t *sum)
{
    dout_t temp;
    *sum = in1 + in2 + *sum;
    temp = in1 + in2;
    return temp;
}
```

Результат синтеза примера в RTL блок показан на рисунке 3.

Этот пример содержит в себе:

- Два входных аргумента, передаваемых напрямую.
- Указатель *sum* позволяющий читать и записывать данные.
- Возвращаемую посредством *return* переменную *temp*.

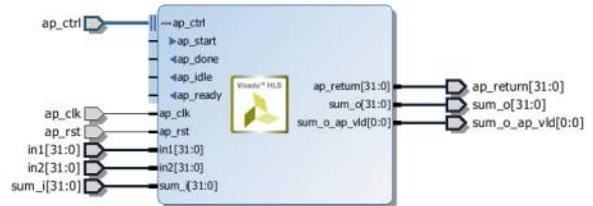


Рис. 3. RTL блок, полученный в результате синтеза примера.

По умолчанию Vivado HLS создает порты *ap_clk* и *ap_rst* для тактирования и сброса соответственно. Также для реализации протокола блочного уровня создается шина *ap_ctrl*, содержащая в себе сигналы для индикации о занятости, готовности, завершении работы и сигнал старта.

Также Vivado HLS по умолчанию создает порты для переменных, которые объявлены как аргументы функции. Программист может при помощи специальных директив назначать аргументам функции конкретный тип порта ввода или вывода данных. При этом для разных типов входных данных доступны разные типы портов. Все входные данные разделяются на три типа: скалярный, массив, указатель или ссылка. При этом как порты ввода/вывода могут использоваться только массивы или указатели/ссылки. Скалярный тип данных определяется как порт только для ввода или только для вывода данных. Таблицу с соответствием интерфейсов типам входных переменных можно найти в документе [2].

Заключение

Vivado HLS является мощным инструментом, который позволяет в кратчайшие сроки разработать IP-Core прикладному программисту для ускорения вычисления своих алгоритмов на ПЛИС.

Список литературы:

1. Introduction to FPGA Design with Vivado High-Level Synthesis(UG998). – 89 p
2. Vivado Design Suite User Guide High-Level Synthesis UG902(v2015.4) November 24, 2015. – 671 p
3. Vivado High-Level Synthesis // Xilinx Inc // URL: <https://www.xilinx.com/products/design-tools/vivado/integration/esl-design.html> // Дата обращения: 10.10.16
4. Getting started with Vivado High-Level Synthesis // Xilinx Inc. // URL: <http://www.xilinx.com/video/hardware/getting-started-vivado-high-level-synthesis.html>// `Дата обращения 10.10.16

INTRAMODE WAVE PACKET WITH SPECTRUM IN THE VICINITY OF ZERO FREQUENCY OF THE TM-MODE GROUP VELOCITY OF THIN LEFT-HANDED MATERIAL

Rahim A.A.R., Parafionova E.S., Litvinova N.R.

Supervisor: Litvinov R.V.

National research Tomsk Polytechnic University

aritomsk@yahoo.com

One of the new laws for directed propagation of the optical modes of material left-handed waveguides due to the fact that the direction of the power carried by a waveguide mode in the left-handed material, the opposite direction to portable power with the right-oriented coating medium and substrate [1, 2]. At a certain frequency ω_0 total power carried by the waveguide mode of the cross section of the waveguide, and, as a consequence, its group velocity vanish [3, 4].

This report presents the results of analysis of the propagation intramode wave packet with frequency range of near zero group velocity of the optical mode *TM*-type thin left-handed material.

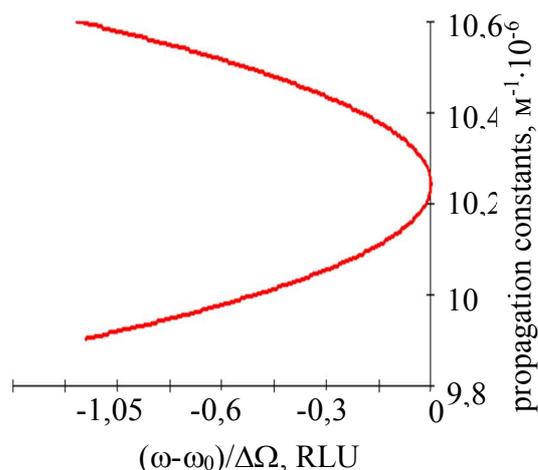


Fig.1 The dispersion dependence of the propagation constant mode of thin left-handed material in the vicinity of the frequency of zero group velocity modes ω_0 with width of the wave packet spectrum $\Delta\Omega=10^{11}$ rad/s.

Figure 1 shows the dependence of the dispersion of the propagation constant β with frequency ω modes of *TM* for material thickness of $h=330$ nm with parameters of left-handed metamaterial $\omega_p=3,46 \cdot 10^{15}$ rad/s (plasma frequency), $\omega_m=1,63 \cdot 10^{15}$ rad/s (magnetic resonance frequency) and $F=0,5$ (the filling factor of the metamaterial), air coating medium and the substrate with relative permittivity $\epsilon_s=2$. At a frequency $\omega_0 \approx 1,74 \cdot 10^{15}$ rad/s modes group velocity vanishes ($v_g=d\omega/d\beta=0$). The dependence of $\beta(\omega)$ divides into two branches at the

point of $v_g=0$. The phase and group velocity of modes corresponding to the lower branch of the dispersion relation, have the same direction, and the respective upper branch - opposite. Thus, at a frequency ω near the point of ω_0 ($\omega < \omega_0$), in which the group velocity of the mode *TM* becomes zero, there might be two waveguide modes with propagation constants belonging to the same continuous dispersion branch.

Dependencies $\beta(\omega)$ near the point of ω_0 (see. Fig. 1) can be represented as a series in powers of the square root ($\Delta\omega^{1/2}$) from the frequency increment $\Delta\omega=\omega_0-\omega$. Dispersion dependencies of the propagation constant β^+ (modes with the same directions of the phase and group velocity) and constant β^- (modes with opposite directions of these velocities) in the first approximation largest $\Delta\omega^{1/2}$ can be described by the following equations:

$$\beta^\pm = \beta_0 \mp \sqrt{\Delta\omega/a} = \beta_0 (1 \mp \delta\beta), \quad (1)$$

where $\beta_0 = \beta(\omega_0)$, $a = -0.5 d^2\omega/d\beta^2$, $\delta\beta = (\Delta\omega/a)^{1/2}/\beta_0$. For the case $\beta_0 \approx 1,02 \cdot 10^7$ m⁻¹, $a \approx 1,28$ s/m².

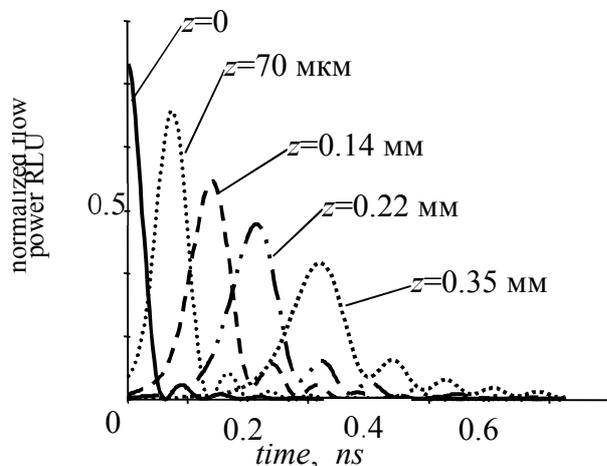
In general, the frequency interval $\Delta\Omega = \omega_0 - \omega_{\min} \ll \omega_0$ correspond to two different couples intramode packages waveguide modes which have opposite direction of phase velocity. Wherein modes of one package of each pair (with constant propagation β^+) have the same direction of the phase and group velocities. Modes of another package of each pair (with permanent β^-) have opposite directions of these velocities. Below is believed that each of the packets has a uniform spectral density within the frequency band $\Delta\Omega$.

In this case, the power flow mode and the group velocity at the frequency ω_0 are equal to zero. Therefore, the dispersion distortion of power of each wave packet, manifested in their spatial-temporal transformation, in this case associated with both the phase dispersion and the form dispersion as well. Normalized (dimensionless) power carried by one of these intramode wave packets can be obtained as:

$$P(z,t) = \text{Re} \left\{ \int_0^{\Delta\Omega} \exp \left[-i \left(\Delta\omega t + \sqrt{\frac{\Delta\omega}{|a|}} z \right) \right] d\Delta\omega \times \int_0^{\Delta\Omega} \sqrt{\frac{\Delta\omega}{|a|}} \exp \left[i \left(\Delta\omega t + \sqrt{\frac{\Delta\omega}{|a|}} z \right) \right] d\Delta\omega \right\} \quad (2)$$

The time dependence of the power $p(t)=P(z,t)/\max[P(0,t)]$, carried by the wave packet width $\Delta\Omega=100$ GHz in different sections $z = \text{const}$, normalized to the maximum flow at $z = 0$, is shown in Figure 2.

Figure 2. Normalized to the maximum time



dependence of the power carried by the wave packet TM mode in various sections $z = \text{const}$ left-handed material.

The multi-character of this relationship due to a rectangular range of the original wave packet is not changing during its propagation. Effect of dispersion leads to distortions manifest themselves in alignment depending lobe maxima $s(t)$ in the process of spreading the package in time with increasing z while maintaining the package of energy in the absence of absorption. Noticeable distortion of the wave packet dispersion occur even at small distances z , the order of tenths of a millimeter.

With strong dispersion distortions typical idea of the speed of propagation of a narrow band of the wave packet, as the group velocity is meaningless [5]. In this case, as the package propagation velocity may be considered the speed of the main peak power. The analysis shows that both the instantaneous and average velocity increases from this maximum value, equal to: $v_0=(136\cdot(a\Delta\Omega)^{1/2})/105\approx 5,27\cdot 10^5$ m/s in the section $z\rightarrow 0$, to a value equal $v_\infty=(2\cdot(a/\Delta\Omega)^{1/2})\approx 8,14\cdot 10^5$ m/s in the section $z\rightarrow\infty$.

Note that in an unbounded (bulk) left-handed environment, the group velocity of light waves does not vanish in any of frequencies under the considered range. At the same time at a frequency $\omega_0\approx 1,74\cdot 10^{15}$ rad/s, where the group velocity of the guided mode TM thin left-handed material vanishes, the group velocity of approximately equal $4\cdot 10^7$ m/s. This is 50 times more than the propagation power velocity, considered tolerable intramode wave packet having order $7\cdot 10^5$ m/s with a width of its spectrum equal $\Delta\Omega=100$ GHz. Decrease in $\Delta\Omega$ reduces the speed of power carried by the package in a left-handed material. The propagation velocity of the power carried by the wave packet with

a width range of 1 GHz in this material will be a 500-fold less than the group velocity of the bulk material.

In the limit $\Delta\Omega\rightarrow 0$ considered the propagation velocity of the wave packet in the material and strive to zero, since in this limit the wave packet in the material degenerates into a guided mode having zero group velocity at the frequency ω_0 .

Thus, the propagation velocity of a wave packet in intramode left-handed thin material at its spectrum width of 100 GHz can be reduced relative to the group velocity of light in a left-handed bulk material by two orders.

References

1. He Y., Cao Z., and Shen Q. Guided optical modes in asymmetric left-handed waveguides. *Optics Communications*, 245, 125 (2005).
2. Xuea Y. L., Liu W., Gu Y., and Zhang Y., Light storage in a cylindrical waveguide with metamaterials. *Optics & Laser Technology*, 68, 28 (2015).
3. Atakaramians S., Argyros A., Fleming S. C., and Kuhlmeier B. T. J. *Opt. Soc. Am. B*, 29 (2012).
4. Konkin D.A., Shibelgut A.A., Litvinov R.V., Optical waveguide mode dispersion of thin left-handed films.// *Izvestiya Samarskovo nauchno tsentra RAN*, 2015, т. 17, 83 с.
5. Davidovich M V "On the Hartman paradox, electromagnetic wave tunneling, and supraluminal velocities (comment on "Tunneling of electromagnetic waves: paradoxes and prospects" by A B Shvartsburg)" *Phys. Usp.* 52 415 (2009).

DEVELOPMENT OF CROSS-PLATFORM SOFTWARE COMPLEX FOR DETERMINING OPTICAL RADIATION EXTINCTION AND TRANSMISSION

Loskutov V.V.

Scientific advisor M.A. Sonkin

National Research Tomsk Polytechnic University

deonold@gmail.com

Introduction

Nowadays, the task of monitoring and investigating marine areas is given a large amount of attention [1]. The reason is growing necessity of environmental control and rational management of natural resources. For such task, it is very prospective to use optical methods based on determining the properties of radiation transformed by a medium.

This work describes the principles and algorithms behind the development of software complex, implementing a numerical model for studying extinction and transmission of optical radiation passing through a medium containing various particles. The software complex in question allows to easily perform a large number of calculations for a variety of input data and display the results in a way that is convenient for conducting research.

Method of calculation

To study the properties of the incident radiation passed through a medium, a numerical model has been developed [2]. Modelling the extinction process of radiant energy requires considering the extinction coefficient. For a system of particles, it can be defined as following:

$$\alpha_{\text{ext}} = C \cdot \langle S_{\text{ext}} \rangle. \quad (1)$$

Here $\langle S_{\text{ext}} \rangle$ is the average extinction cross-section; C is the volume concentration of particles.

When radiation beam transmits through a layer of medium with particles, radiation intensity decreases. The transmission function is determined as

$$T = \exp(-\alpha_{\text{ext}} \cdot h), \quad (2)$$

where h is medium layer thickness.

To compute the extinction characteristics, it is necessary to use the dimensionless value such as extinction efficiency factor:

$$Q_{\text{ext}} = \frac{S_{\text{ext}}}{S_{\text{sq}}}, \quad (3)$$

where S_{sq} is the area of particle geometrical projection on the detector surface crystal shadow.

The software complex uses two methods to compute Q_{ext} among many other incident radiation scattering and extinction properties. First method utilizes Bohren-Huffman-Mie algorithm for solving the scattering problem of the plane wave on the sphere [3]. This algorithm returns a precise solution and is not compute-intensive. However, its application is limited to simple highly-symmetric shapes. This work uses the most common Mie algorithm for spheres only.

The second method is discrete dipole approximation (DDA) [4]. By using DDA method, it is possible to solve the problem of plane wave scattering on a particle of arbitrary shape and composition. While conceptually easy, the algorithm is iterative and computation-intensive. Nonetheless, it can solve the task with any specified accuracy given sufficient computational resources.

The software complex utilizes both of these methods as a part of its calculation routine. However, for a proper study of spectral-wave dependence of extinction, it is necessary to use a priori information on particle nature and select acceptable wavelength ranges for laser sensing. The numerical model uses a non-absorbent medium with particles that can absorb and scatter light to a varying extent.

Software complex model

To calculate the optical characteristics of the medium, we should consider a number of input parameters. They include wavelength of the incident radiation, the refractive index and thickness of the medium layer, particle sizes, particle concentration and spectral dependence of the complex refractive index.

The software complex designed for studying optical radiation extinction and transmission should satisfy a number of requirements. Such requirements include modularity, usage convenience, possibility of using custom input data sets and ability to record output data as well as change its visual appearance. The functional scheme of the developed software complex is shown in Figure 1.

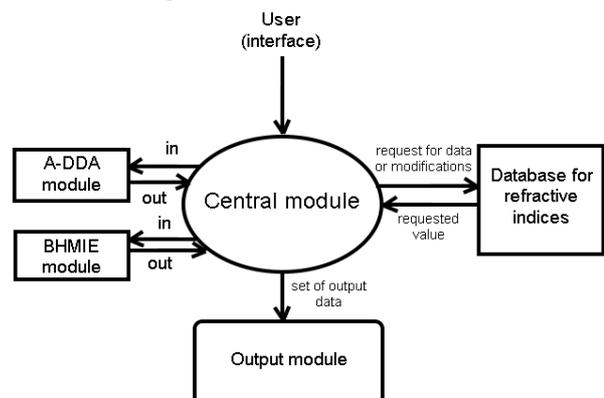


Figure 1. Software complex functional scheme

The central module acts as a pivot of the complex, receiving input data via user interface, sending commands to computation modules and sending the results to the output module. The user can specify whether to calculate a single value or a range of values

with a varying parameter. In the case of varying parameter, a set of the resulting data is sent to the output module.

The user can specify which computation module needs to be used – BHMIE or A-DDA. The modules use Mie or discrete dipole approximation methods, respectively. The input data is received via user interface and collected by central module after processing. Since A-DDA module calculations can require a considerable amount of time, it is run in a separate thread with a separate window that displays computation progress as well as processing log.

Determining optical properties of the radiation transformed by a medium requires considering materials with spectral dependences of the complex refractive index. Therefore, it is very convenient to use a complex refractive index database. Once material database is loaded, its contents are added to the user interface. The screenshot of the central module displaying database contents is shown in Figure 2.



	DVM	PM1	PM2
1	0.2	1.55	1e-07
2	0.25	1.55	1e-07
3	0.3	1.54	1e-07
4	0.337	1.54	1e-07
5	0.4	1.54	1e-07

Figure 2. Screenshot of the database for refractive indices

When calculations are complete, central module gathers the output data into a single set and sends it to the output module. The output module stores the data received in this session and can display it in both text and graphical form. For research purposes, the data visualization is the most important aspect. The output module features a number of tools to display calculation results in a more convenient way, adding multiple data sets on a single graph or changing the curve style and color for visibility. The screenshot of the output module is shown in Figure 3.

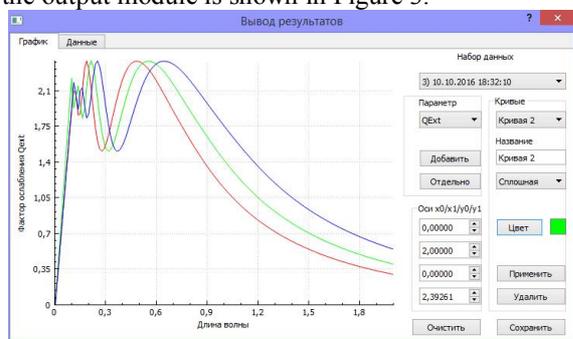


Figure 3. Screenshot of the output module graph

Implementation tools

The prototype version of the software complex for determining optical radiation extinction and transmission was written on C++ language and utilizes free Qt libraries. Qt allows to compile the source code for most of the known platforms, which can extend the application field of the software.

BHMIE calculation module uses classic Bohren-Huffman-Mie algorithm for solving the scattering problem of the plane wave on the sphere. The algorithm was rewritten for C++ programming language and further modified to fit the software complex.

Discrete dipole approximation calculation module uses free ADDA application designed by Maxim Yurkin. Software complex provides a basic interface that allows to generate a series of commands for ADDA running in background. After processing is complete, central module reads and stores the results.

Output module uses free QCustomPlot library [5] that provides a convenient way for customized graph visualization.

Conclusion

A software complex designed for determining optical radiation extinction and transmission was presented in this paper. Its modular architecture and ability of cross-platform code compilation allow for easy modification due to possible changes in requirements. The described software can run a number of calculations and visualize them in a way convenient to study and find useful dependences. The developed complex is a practical solution for researching optical radiation transformed by a medium containing particles of various sizes and natures.

References

1. Eastman R., Warren S.G. Variation in cloud cover and cloud types over the ocean from surface observations // J. Climate. – 2011. – V. 24. – pp. 5914-5934.
2. Shefer O.V., Loskutov V.V. Numerical model of water medium with methane inclusions // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2016, Proceedings. – Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016.
3. Bohren C.F., Huffman D.R. Absorption and scattering of light by small particles. / Wiley-VCH Verlag, New York, 1983.
4. Yurkin M.A., Hoekstra A.G. The discrete-dipole-approximation code ADDA: capabilities and known limitations // J. Quant. Spectr. Rad. Trans. – 2011. – V. 112. – pp. 2234-2247.
5. QCustomPlot - Introduction [Web resource] / Qt Plotting Widget QCustomPlot. – URL: <http://qcustomplot.com/index.php/introduction> (reference date: 11.10.2016).

СЕКЦИЯ 2
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

ФОРМИРОВАНИЕ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАТОРНОЙ МОДЕЛИ

Фатьянова М.Э.

Томский политехнический университет

mefl@tpu.ru

Введение

Опционный продукт (опционный портфель, ОП) – инвестиционная стратегия, упакованная индивидуально для клиента исходя из его целей и запросов, сформированная посредством купли/продажи опционных контрактов [1].

Опцион «call» (колл) / «put» (пут) дает право покупателю опциона купить / продать базисный актив у продавца опциона по цене исполнения в установленные сроки или отказаться от этой покупки. Фьючерс – производный финансовый инструмент, стандартный срочный биржевой контракт купли-продажи базового актива, при заключении которого стороны (продавец и покупатель) договариваются только об уровне цены и сроке поставки. Страйк – фиксированная в опционном контракте цена (цена исполнения), по которой может быть куплен или продан базовый актив в случае исполнения опциона. Цена *ask* (*bid*) цена продажи (покупки) базового актива. При этом спредом называется разность цен *ask* и *bid* [1].

В данном исследовании имеется четыре фактора, влияющих на выбор финансового продукта:

1) Стоимость опционного продукта: отрицательная, положительная и нулевая. Отрицательная стоимость – продукт бесплатен для клиента и предполагает первоначальную денежную выплату в момент создания инвестиционного портфеля (монетизация). Положительная – стоимость продукта, установленная банком, оплачивается инвестором в момент формирования портфеля (демонетизация). Нулевая – продукт является полностью бесплатным для клиента.

2) Сценарий движения цены базового актива опционного портфеля (например, «бычий» или «медвежий» спреда).

3) Портфель должен иметь ограниченный максимальный уровень убытка в случае нереализации прогноза движения цены актива инвестора.

4) Если цена базового актива в момент экспирации опционного продукта совпадет с прогнозируемым значением цены, портфель должен принести максимальную прибыль [2].

Введем предположения и условные обозначения.

1. Предполагается, что банк имеет доступ к срочному рынку Московской биржи FORTS, на котором заключаются сделки купли-продажи различных деривативов с соответствующими сроками экспирации.

2. Базовый актив (БА) – акции, ценные бумаги, фондовые индексы и другие финансовые инструменты, которые лежат в основе срочных контрактов. В качестве деривативов будет выступать маржируемый опцион конкретного вида на фьючерсный контракт на какой-либо БА (например, акции ПАО «Газпром» или индекс РТС) [3,4].

Торговлю маржируемыми опционами запустила биржа РТС в 2009 году. Основное отличие маржируемых от немаржируемых опционов состоит в том, что покупатель сразу не платит весь размер премии продавцу, т.е. в момент заключения сделки на счетах не происходит движения реальных денежных средств. Вместо этого с обеих сторон (покупателя и продавца) удерживается гарантийное обеспечение (ГО). При этом по итогам изменения цены в дневной (14:00 мск.) и вечерний (18:45 мск.) клиринг им начисляется положительная или отрицательная разница (вариационная маржа) [1].

Гарантийное обеспечение (ГО) – сумма, составляющая некоторый процент от стоимости базового актива, которая должна находиться на счете клиента. Гарантийное обеспечение (ГО) обычно варьируется от 10 до 25 процентов от стоимости базового актива и указывается в спецификации фьючерсного контракта. Размер ГО тесно связан с волатильностью (динамикой изменения) цены на рынке.

Гарантийное обеспечение определяет депозитную маржу (возвращаемая страховая сумма, которая взимается биржей с обеих сторон (покупателя и продавца) при покупке/продаже опционных контрактов [1].

Постановка задачи

Пусть $M \in [0; +\infty]$ – рыночная цена БА (акции «ПАО Газпром») на момент экспирации продукта (цена спот). Инвестор имеет прогноз роста цены актива от текущего значения M_{now} до ожидаемого значения M_E , в котором он желает получить максимальный доход. Кроме того, в момент формирования портфеля инвестор хочет получить денежную сумму Mon (монетизация), а в случае падения цены актива ограничить уровень понесенного убытка определенной величиной L .

Входные параметры

E – количество купленных / проданных опционов с одним страйком (определяется исходя из ликвидности на рынке, в данном исследовании $E=10$); $X = (X_1, \dots, X_6)$, причем $|X_i| \leq E$ – вектор количества купленных / проданных опционов колл

на фьючерс; аналогично $Y = (Y_1, \dots, Y_6)$, причем $|Y_i| \leq E$ – вектор количества купленных / проданных опционов колл на фьючерс; $S_C = (S_{C1}, \dots, S_{C6})$, где $S_{C1} < \dots < S_{C6}$ – цена страйк опционов колл на фьючерсный контракт; $S_P = (S_{P1}, \dots, S_{P6})$, $S_{P1} < \dots < S_{P6}$ – цена страйк опционов пут на фьючерсный контракт; $\sum_{k=1..6} (X_k \cdot \max(M - S_{Ck}; 0))$ – суммарная общая колл-выплата в момент экспирации продукта; $\sum_{k=1..6} (Y_k \cdot \max(S_{Pk} - M; 0))$ – суммарная общая пут-выплата в момент экспирации продукта; $P = (P_1, \dots, P_6)$ – средневзвешенные цены опционов колл в соответствии с ценой страйк; $Q = (Q_1, \dots, Q_6)$ – средневзвешенные цены опционов пут в соответствии с ценой страйк; средневзвешенные цены покупки опционов: колл $P_{Bid} = (P_{Bid(1)}, \dots, P_{Bid(6)})$, где $P_{Bid(k)} = P_k * 0.9$, $k=1..6$ и пут $Q_{Bid} = (Q_{Bid(1)}, \dots, Q_{Bid(6)})$, где $Q_{Bid(k)} = Q_k * 0.9$, $k=1..6$; средневзвешенные цены продажи опционов: колл $P_{Ask} = (P_{Ask(1)}, \dots, P_{Ask(6)})$, где $P_{Ask(k)} = P_k * 1.1$, $k=1..6$ и пут $Q_{Ask} = (Q_{Ask(1)}, \dots, Q_{Ask(6)})$, где $Q_{Ask(k)} = Q_k * 1.1$, $k=1..6$.

Тогда суммарную прибыль, получаемую в момент экспирации продукта, можно представить в следующем виде:

$$F(P, Q, X, Y, M) = \sum_{k=1..6} (X_k \cdot (-P_{Bid(k)} \text{ или } P_{Ask(k)}) + \max(M - S_{Ck}; 0)) + \sum_{k=1..6} (Y_k \cdot (-Q_{Bid(k)} \text{ или } Q_{Ask(k)}) + \max(S_{Pk} - M; 0)) \quad [5]. \quad (1)$$

Принципы формирования портфеля

1. Величина выплат портфеля на промежутке $[0; \min(S_{C1}; S_{P1})]$ должна быть ограничена, а также должно выполняться условие горизонтальности графика:

$$F(P, Q, X, Y, M = \min(S_{C1}; S_{P1})) = -L_u \text{ и}$$

$$\sum_{k=1}^n Y_k = 0 \quad (2)$$

2. Для обеспечения горизонтальности выплат на промежутке цены $[\max(S_{Cn}; S_{Pn}); +\infty]$, должно выполняться условие:

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0 \quad (3)$$

3. Растущий тренд графика функции на промежутке между двумя любыми соседними страйками создается из условия [5]:

$$D_q = \sum_{S_{C_i} \leq S_q} X_i - \sum_{S_{P_j} \geq S_{q+1}} Y_j \geq 0, \quad (4)$$

$$(S_q; S_{q+1}) \in [\min(S_{C1}; S_{P1}); \max(S_{Cn}; S_{Pn})], \text{ где } q = 1..7$$

4. Отрицательная стоимость продукта, выражается следующим ограничением-равенством: $Mon = const < 0$ (5)

$$\sum_{k=1}^n [X_k \cdot (P_{Bid(k)} \text{ или } P_{Ask(k)}) + Y_k \cdot (Q_{Bid(k)} \text{ или } Q_{Ask(k)})] = Mon$$

$$\text{или } Q_{Ask(k)}] = Mon$$

Расчетная часть

Пусть инвестор 22.02.2016 выдвигает прогноз движения цен акций Газпрома от текущего значения $M_{now} = 138,8$ руб. до ожидаемого значения на 15.06.16 $M_E = 155$ руб., в котором он желает получить максимальный доход. При этом инвестор хочет получить 1000 руб. наличными в момент приобретения продукта и ограничить максимальный убыток величиной $L = 10\,000$ руб.

Для удовлетворения предпочтений инвестора следует сформировать портфель из 6 опционов «call» (колл) на фьючерсный контракт на обыкновенные акции «ПАО Газпром» и 6 опционов «put» (пут) с одним сроком исполнения 17.06.16 и различными страйками.

На рынке акций 1 лот содержит 1 акцию, однако на срочном рынке торговля идет не лотами, а контрактами. Объем фьючерсного контракта на акции ПАО «Газпром» – это 100 акций, следовательно, страйки на бирже – это цены акций, умноженные на 100.

Таким образом введем вектор страйков опционов колл и пут: $S_C = (13500, 14000, 14500, 15000, 15500, 16000)$ и $S_P = (12000, 12500, 13000, 13500, 14000, 14500)$. Сформируем вектора средневзвешенных (расчетных) цен опционов колл и пут в соответствии с конкретным страйком. Их можно получить, используя спецификацию и «Доску опционов» срочного рынка FORTS Московской биржи $P = (1187, 894, 647, 448, 295, 184)$, $Q = (186, 276, 399, 562, 769, 1022)$.

В соответствии с принципами формирования портфеля (1-5) была решена задача линейного программирования путем программирования в пакете «Matlab». Было получено оптимальное значение целевой функции:

$\max F(P, Q, X_{optimal}, Y_{optimal}, M_E = 15500) = 22938$ руб. и оптимальный план: $X_{optimal} = (2, 10, -2, 10, -10, -10)$ и $Y_{optimal} = (10, 10, 10, -10, -10, -10)$.

Литература

1. Вайн С. Опционы: Полный курс для профессионалов. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 466 с.
2. Мысочник В.А. Опционные стратегии // Успехи современной науки. 2015. № 4. С. 38-42.
3. Контракт «Маржируемый Опцион колл на фьючерсный контракт на обыкновенные акции ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] / URL: <http://rts.micex.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. Дата обращения: 20.03.2016 г.
4. Контракт «Маржируемый опцион пут на фьючерсный контракт на обыкновенные акции ПАО «Газпром» [Электронный Ресурс] / URL: <http://rts.micex.ru>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. Дата обращения: 20.03.2016 г.
5. Пичугин И.С. Структурирование опционных продуктов на основе метода оптимизации конечных денежных выплат. – Диссертация, 2007

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Сопруненко Э.Е., Перминов В.А.

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Перминов В.А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
E-mail: soprunenko.elina@yandex.ru

Введение

Лесной пожар представляют собой чрезвычайно сложное и разрушительное природное явление, интенсивность тепло- и массовыделения которого зависит от множества факторов, основными из которых являются: вид и количество лесных горючих материалов (ЛГМ) и метеорологические условия. Область исследования находится на стыке ряда таких дисциплин, как: механика сплошных сред, лесная пирология, экология и т.д. Исходя из вышесказанного, необходимо выбрать такой метод исследования, который с одной стороны, позволил бы выявить характерные черты изучаемого явления и осуществить его прогноз, а с другой стороны, данный метод должен быть в материальном отношении доступным и выгодным, давать информационно емкий и адекватный результат. А в некоторых случаях, он должен выступать достойной заменой, в информационном отношении, натурным и лабораторным экспериментам в силу их дороговизны, а порой риска и невозможности реализации.

Гипотеза исследования для осуществления эффективной борьбы с лесными пожарами заключается в том, что необходимо разрабатывать новые математические модели возникновения и развития лесных пожаров различного вида (верховые, низовые, крупномасштабные и т.д.), с описанием динамики изменения состояния окружающей среды в результате воздействия очага тепло- и массовыделения на приземный слой атмосферы, а также описывающие воздействие лесных пожаров на здания и сооружения расположенные в непосредственной близости от лесных массивов (возникновение городских пожаров). Разработанная математическая модель должна быть использована для оценки и прогнозирования воздействия лесных пожаров на окружающую среду с учетом как можно большего количества факторов.

Классификация моделей лесных пожаров

Самым важным, определяющим вопросом для исследователя остается вопрос построения и достоверного описания модели, а для этого необходимо верно расставить приоритеты в исследуемом процессе, т.е. правильно определить его первостепенные стороны, вызывающие наш научный интерес.

Начиная со второй половины XX века проблеме моделирования лесных пожаров

уделялось много внимания по всему миру. За последние пол века было проделано большое количество исследований, в результате которых был разработан ряд математических моделей лесных пожаров. В большинстве научных трудов принята следующая классификация моделей лесных пожаров: теоретические или математические, эмпирические или статистические, полуэмпирические.

Теоретические модели основаны на законах теплоассопереноса и газовой динамики, включая также ряд других законов химии и физики. Запись их часто осуществляется в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Осуществление адекватности таких моделей весьма проблематична, но при этом они единственные описывают развитие и распространение лесного пожара с учетом совокупности основных общих и территориальных факторов, как следствие, давая возможность решить ряд задач и найти ответы на большее количество вопросов, чем в исследованиях с другими моделями.

В эмпирических или статистических моделях собираются и систематизируются данные о таких параметрах лесного пожара, как: скорость его распространения, концентрации кислорода и продуктов пиролиза вблизи очага лесного пожара и т.д. При этом сам механизм явления не будет описан, а полученные соотношения не смогут быть использованы за пределами применимости статистических данных, которые указаны в данной модели. При использовании таких моделей исследователи дают прогноз только с определенной вероятностью.

В полуэмпирических моделях, к примеру, с целью определения скорости распространения фронта пожара, используются общие законы сохранения энергии, массы и количества движения, которые записываются в виде упрощенных зависимостей, а соответствующие коэффициенты подбираются путем обобщения уже имеющейся экспериментальной информации. Такие модели применимы в ситуациях, при которых были собраны и обобщены в достаточном количестве опытные данные. Эти модели просты по сравнению с теоретическими в верификации, и при этом они более адекватны, если их сравнивать с эмпирическими (статистическими) моделями [1].

Автор работы [2] отмечает, что все существующие математические модели пожаров также можно разбить на следующие четыре

группы: модели с целью прогноза изменения контуров лесного пожара; модели с целью прогноза характеристик течения, тепло- и массопереноса во фронте и зоне пожара; модели прогноза скорости распространения лесного пожара; общие математические модели, которые могут прогнозировать все характеристики как во фронте так в зоне лесного пожара. В рамках общей математической модели лес при пожаре представлен как пористо-дисперсная реакционноспособная сплошная среда, которая достаточно неоднородна по составу и структуре. Исходя из существующих оценок, типичное расстояние между деревьями на многие порядки меньше характерного размера лесного массива, это и позволяет исследователю использовать методы механики сплошной среды для математического описания лесных пожаров, для осуществления математической постановки.

Этапы математического моделирования лесного пожара при детерминированном подходе

При данном подходе исследователь выделяет в работе следующие этапы:

1. Физический анализ процесса распространения лесного пожара: определение механизма передачи энергии из фронта пожара в окружающую среду, идентификация типа среды (биогеоценоза), т.е. осуществляется постановка физической модели явления.

2. Расчет теплофизических свойств среды (коэффициентов переноса и параметров структуры среды). Вывод основной системы уравнений, описание граничных и начальных условий, т.е. математическая постановка задачи.

3. Выбор метода численного решения задачи.

4. Тестовая проверка программы. Численное решение задачи на ЭВМ.

5. Проверка адекватности полученных результатов модели. Физическая интерпретация полученных данных и выработка новых предложений о мерах борьбы с лесными пожарами.

Математическое моделирование таких многокомпонентных сложных объектов природы представляет собой единый неразрывный цикл создания от фундаментального исследования проблемы до детальных численных расчетов показателей эффективности объекта. Схема создания математической модели осуществляется по следующему алгоритму:

- вычленение того параметра или функции, которые интересуют исследователя;
- определение закона, которому подчиняется выбранный параметр;
- выбор той области, где необходимо изучить данное явление.

Уже на основе созданных математических моделей осуществляется вычислительный эксперимент, который выступает как промежуточно-связующая, теоретико-

практическая реализация данного метода. Мы получаем новый способ описания реальности – вычислительный метод познания, в котором осуществляется переход от изучения реального объекта к изучению его математической модели. Пример построения компьютерной модели верхового лесного пожара представлен на рисунке 1 [3].

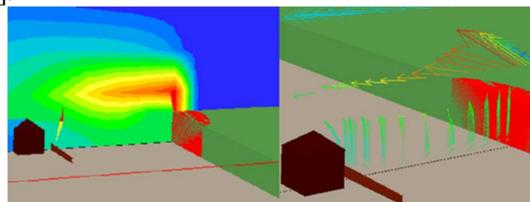


Рис. 1. Компьютерная модель верхового лесного пожара

Заключение

При изучении таких сложных многокомпонентных задач, связанных с возникновением и распространением лесных пожаров, а также изучением их воздействия на окружающую среду, методы математического моделирования являются наиболее эффективными и удовлетворяют современным требованиям, отвечая на вопросы ученого. Разработка математических моделей возникновения и распространения лесных пожаров позволяет предсказать их поведение, что способствует более эффективной борьбе со стихией огня.

Список использованных источников

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / Гришин А.М. – Новосибирск: Наука, 1992. – 408 с
2. Гришин А.М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф // Вестник томского государственного университета. – 2008. – № 2(3).
3. Сопруненко Э. Е. Математическое моделирование воздействия верховых лесных пожаров на здания и сооружения [Текст]: дис. ... магистр: 01.02.05: утв. 11.06.15 / Э. Е. Сопруненко. – 2015. – 110 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБКИХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ НАНО-БАЛОК В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

Добриян В. В., Кутепов И. Е., Крысько А. В.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Томский политехнический университет

ilyakutepov@yandex.ru

Введение

Микро- и нано-размерные балки, пластинки и оболочки широко используются в микро- и нано электромеханических системах, таких как датчики колебаний [1], микро-приводы [2], микропереключатели [3].

Зависимость упругого поведения от размеров тела в микронном масштабе экспериментально наблюдалась в металлах [4] и других материалов такие как сплавы, полимеры, кристаллы.

Несмотря на большое количество работ, по данной тематике, в которых для численного анализа используются линейные модели, необходимо отметить что, эксперименты подтверждают необходимость учета нелинейности на поведении микро и нано механических систем [9].

До настоящего времени не получены исходные дифференциальные уравнения для криволинейных нано-балок Бернулли-Эйлера. Настоящая работа ставит своей целью получения этих уравнений и создание алгоритма расчета нано-балок Бернулли-Эйлера с учетом их криволинейности в температурном поле.

Математическая модель

Для изотропного неоднородного материала напряжения, вызванные кинематическими параметрами, входящими в выражение для плотности энергии деформации, определяются следующими уравнениями состояния:

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{mm} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}, m_{ij} = 2\mu l^2 \chi_{ij} \quad (1)$$

где σ_{ij} , ε_{ij} , m_{ij} и χ_{ij} обозначают компоненты классического тензора напряжений σ , тензора деформаций ε , девиаторной части симметричного тензора момента высшего порядка m и симметричной части тензора кривизны χ , соответственно; $\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$, $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$ – параметры Ламэ; $E(x, y, z, e_i)$, $\nu(x, y, z, e_i)$ – модуль Юнга и коэффициент Пуассона, соответственно, $\rho(x, y, z, e_i)$ – плотность материала балки; e_i – интенсивности деформации.

Параметр l , появляющийся в моменте высшего порядка m_{ij} , представляет собой дополнительный независимый материальный параметр длины связанный с симметричным тензором градиента вращения.

Уравнения движения балки, граничные и начальные условия были получены из энергетического принципа Остроградского-Гамильтона. Согласно этому принципу

производится сравнение близких движений, приводящих систему материальных точек из начального положения в момент времени t_0 в конечное положение в момент времени t_1 . Для истинных движений должно выполняться условие

$$\int_{t_0}^{t_1} (\delta K - \delta \Pi + \delta W) dt = 0 \quad (2)$$

где K – кинетическая энергия системы; Π – потенциальная энергия; W – сумма элементарных работ внешних сил.

Для случая линейного изотропного материала выпишем систему нелинейных дифференциальных уравнений элемента балки в частных производных в безразмерном виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k_x \frac{\partial w}{\partial x} + L_3(w, w) - \frac{\partial N_x^T}{\partial x} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0; \\ \frac{1}{\lambda^2} \left[- \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{2} \gamma \right) \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + k_x \left[\frac{\partial u}{\partial x} - k_x w - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 - w \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] + L_1(w, u) + L_2(w, w) \right] \\ - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial w}{\partial x} N_x^T \right) - \frac{\partial^2 M_x^T}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \varepsilon \frac{\partial w}{\partial t} + q_0 = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

где, $L_1(u, w) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$; $L_2(w, w) = \frac{3}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$; $L_3(w, w) = \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$; – нелинейные операторы $w(x, t)$ – прогиб балки в направлении нормали; $u(x, t)$ – перемещение элемента в продольном направлении; ε – коэффициент диссипации; q_0 – внешняя нагрузка, λ и γ – размерно-зависимые коэффициенты; N_x^T – температурное усилие; M_x^T – температурный момент.

Безразмерные параметры имеют вид:

$$\begin{aligned} \bar{w} = \frac{w}{h}, \bar{u} = \frac{uL}{h^2}, \bar{x} = \frac{x}{L}, \bar{z} = \frac{z}{h}, \bar{q} = q \frac{L^4}{h^4 E}, \\ c = \sqrt{\frac{Eg}{\rho}}, \bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon L}{c}, \bar{t} = \frac{t}{\tau}, \tau = \frac{L}{c}, \lambda = \frac{L}{h}, \gamma \\ = \frac{l}{h}, \\ \bar{k}_x = \frac{k_x L^2}{h}, \bar{N}_x^T = \frac{N_x^T L^2}{E h^3}, \bar{M}_x^T = \frac{M_x^T}{E h^2}, \bar{T} = \alpha T \end{aligned} \quad (4)$$

здесь, $\rho = const$ – объемный вес материала балки; g – ускорение свободного падения; модуль Юнга $E = const$; α – коэффициент температурного расширения.

Алгоритм расчета

Температурные усилия N_x^T и моменты M_x^T , определяется из решения двумерного уравнения теплопроводности для соответствующих краевых условий. Уравнения в частных производных (3) сводятся к задаче Коши методом конечных разностей второго порядка точности. Задача Коши решается методом Рунге-Кутты 4-го порядка [5]. Разбиение на 80 частей по пространственной координате методом конечных разностей оказалось оптимальным, а для уравнения теплопроводности 80×10 частей, т.е. рассматривалась система с бесконечным числом степеней свободы.

Численный пример

В качестве примера рассматривалась криволинейная балка с характеристиками $E = 2,06 \times 10^5$ МПа, $\alpha = 12,5 \times 10^{-6}$ 1/град. Граничные условия для балки – неподвижное опирание на концах:

$$w(0, t) = u(0, t) = M_x(0, t) = w(1, t) = u(1, t) = M_x(1, t) = 0; \quad (5)$$

Начальные условия для балки:

$$w(x, 0) = \dot{w}(x, 0) = u(x, 0) = \dot{u}(x, 0) = 0. \quad (6)$$

Граничные условия для уравнения теплопроводности приведены в таблице:

Таблица. Граничные условия

$T(x, z) = T$	$z = -1/2$	$0 < x < 1$
$T(x, z) = 0$	$z = 1/2$	$0 < x < 1$
$T(x, z) = 0$	$x = 1$	$-1/2 < z < 1/2$
$T(x, z) = 0$	$x = 0$	$-1/2 < z < 1/2$

На верхнюю поверхность балки действует ударная нагрузка бесконечной продолжительностью во времени, вязкость среды $\varepsilon = 1$, кривизна $k_x = 24$. Расчеты проводились для $\gamma = 0; 0,3; 0,5$. При $\gamma = 0$ мы получаем решение для гибкой упругой криволинейной балки, при $\gamma = 0,3; 0,5$ получаем решение для гибкой криволинейной нано-балки, находящимися в стационарном температурном поле.

Для исследования устойчивости проанализируем зависимости прогиба w от нагрузки q_0 (Рисунок 1) для случая в отсутствие температурного воздействия $T = 0$ (показано черным цветом) и при $T = 50^\circ\text{C}$ (показано красным цветом). Установлено, что учет в математических моделях размерно-зависимого поведения приводит к уменьшению прогиба w при одинаковых нагрузках для моделей как с учетом температуры так и без её учета. Воздействие температуры вследствие температурного расширения приводит к увеличению кривизны балки и возрастанию критической нагрузки при которой происходит потеря устойчивости.

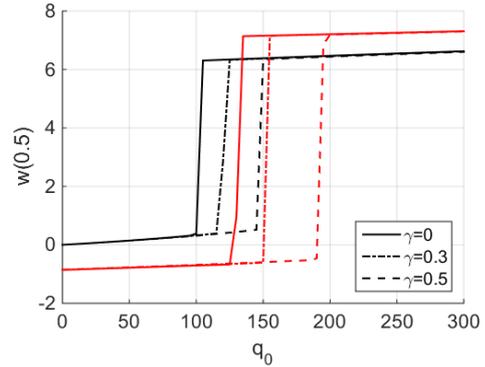


Рис. 5. $w(0.5)[q_0]$

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 16-19-10290.

Выводы

Построенная математическая модель позволяет исследовать нелинейную динамику механических систем на основе балки Бернулли-Эйлера с различными геометрическими параметрами, а именно кривизны k_x и размерно-зависимого параметра γ , а также с учетом нелинейного температурного поля. Для рассматриваемого класса задач направление температурного воздействия не влияет на зависимость $w(0.5)[q_0]$.

Показано, что величина параметра γ и температурное поле существенно влияет на величину критических нагрузок криволинейных балок Бернулли-Эйлера. Установлено, что увеличение размерно-зависимого параметра γ приводит к возрастанию критической нагрузки. Увеличение температурного воздействия определенного типа и кривизны балки так же способствует возрастанию устойчивости системы.

Список использованных источников

1. Fu, Y., Zhang, J.: Electromechanical dynamic buckling phenomenon in symmetric electric fields actuated microbeams considering material damping. *Acta Mech.* 212, 29–42 (2010)
2. M. Moghimi Zand, and M. T. Ahmadian, “Static pull-in analysis of electrostatically actuated microbeams using homotopy perturbation method”, *Appl. Math. Model.* 34 (2010), 1032–1041.
3. Jia, X.L., Yang, J., Kitipornchai, S.: Pull-in instability of geometrically nonlinear micro-switches under electrostatic and Casimir forces. *Acta Mech.* 218, 161–174 (2011)
4. Fleck, N.A., Muller, G.M., Ashby, M.F., Hutchinson, J.W., 1994. Strain gradient plasticity: theory and experiments. *Acta Metall. Mater.* 42, 475–487.
5. Kutepov, I.E. Chaotic dynamics of flexible Euler-Bernoulli beams / A.V. Krysko, J. Awrejcewicz, N.A. Zagniboroda, V. Dobriyan, V.A. Krysko, I.E. Kutepov // *Chaos*, 34(4), 2014.

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Кинева М.О.

Крицкий О.Л.

Томский политехнический университет

mariakineva@mail.ru

Введение

Финансовая устойчивость организации характеризует стабильность финансового положения организации, которая обеспечивается высокой долей собственного капитала в общей сумме используемых ею финансовых средств и формируется в процессе всей производственно-хозяйственной деятельности организации. Она во многом зависит от наличия у организации собственных ресурсов и прежде всего, прибыли. Чем большая доля прибыли направляется на развитие производства, тем устойчивее положение организации, а также чем больше денежных средств может привлечь организация, тем выше ее финансовые возможности.

Целью настоящей работы является проведение анализа финансовой устойчивости предприятий и выборка наиболее адекватного метода, применимого для данной отрасли производства. В процессе исследования проводились экономико-математические методы – коэффициентный анализ, дискриминантный анализ – модели Альтмана, Лиса, Спрингейта, Чессера, Сайфуллина-Кадыкова, Таффлера.

Актуальность данной работы состоит в потребности производственных предприятий анализа вероятности банкротства предприятия-заказчика и рассмотрения возможности заключения долгосрочных контрактов только с предприятиями, имеющими устойчивое финансовое состояние.

В результате исследования проведен анализ финансовой устойчивости 9 наиболее крупных российских компаний энергетической отрасли, на основе использования данных бухгалтерских балансов с 2008 г. по 2016 г, а также проведена комплексная оценка вероятности банкротства с помощью 6 моделей. Дана интерпретация полученных результатов и сделаны соответствующие выводы.

Методы оценки

Анализ долгосрочной финансовой устойчивости ориентирован на оценку структуры капитала, поскольку именно соотношение собственных и заемных источников финансирования предопределяет платежеспособность организации в долгосрочной перспективе. Финансовую устойчивость организации с позиций долгосрочной перспективы принято оценивать достаточно большим количеством коэффициентов. Кроме

коэффициентного анализа используется ряд классификационных моделей, отделяющих фирмы-банкроты от устойчивых заемщиков и прогнозирующих возможное банкротство фирмы-заемщика. Используемые модели для оценивания финансовой устойчивости предприятий представлены в таблице 1.

Таблица 1. Используемые модели для расчета.

Модель	Порядок расчета	Банкротство маловероятно при
модель Альтмана	$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + X_5$	$Z > 2,9$
модель Лиса	$Z = 0,063X_1 + 0,092X_2 + 0,057X_3 + 0,001X_4$	$Z \geq 0,037$
модель Таффлера	$Z = 0,53X_1 + 0,13X_2 + 0,18X_3 + 0,16X_4$	$Z > 0,3$
модель Кадыкова и Сайфуллина	$P = 2K_1 + 0,1K_2 + 0,08K_3 + 0,45K_4 + K_5$	$P > 1$
модель Спрингейта	$Z = 1,03X_1 + 3,07X_2 + 0,66X_3 + 0,4X_4$	$Z < 0,862$
модель Чессера	$Y = -2,0434 - 5,24X_1 + 0,0053X_2 - 6,6507X_3 + 4,4009X_4 - 0,0791X_5 - 0,1220X_6$ $P = \frac{1}{(1+e^{-Y})}$	$P \leq 0,6$

Для анализа энергетической отрасли России в целом были выбраны крупнейшие предприятия, занимающие 80% исследуемой отрасли по капитализации. Были проанализированы показатели финансовой устойчивости данных предприятий и выявлено, что в среднем показатели всех выбранных для анализа предприятий соответствуют нормам устойчивости. Исходя из того факта, что все рассмотренные предприятия финансово устойчивы за период с 2008 по 2016 год,

предлагается проверить эффективность известных моделей оценки финансовой устойчивости предприятий. Основываясь на результатах, полученных при использовании 6 различных методов, был выбран один наилучший метод, результат которого в большинстве случаев говорил о хорошем финансовом положении предприятий и предполагал низкую вероятность банкротства. Так же для выбранного метода был найден коэффициент детерминации, значение которого оказалось близким к 1, это означает, что дисперсия мала и модель достаточно хорошо описывает данные. Кроме этого, была оценена значимость коэффициентов, входящих в модель и выявлено, что все коэффициенты значимы. Ниже представлена сравнительная таблица результатов по каждому методу с указанием точности оценки в процентном соотношении (Таблица 2).

Таблица 2. Сравнение полученных результатов

	2008-2010	2011-2013	2014-2016	Итого
Модель Альтмана	0%	0%	1%	0%
Модель Лиса	75%	66%	80%	72%
Модель Таффлера	99%	98%	92%	96%
модель Кадыкова и Сайфулина	56%	38%	36%	42%
Модель Спрингейта	39%	38%	26%	35%
Модель Чессера	100%			

Наилучшей моделью из рассматриваемых была выбрана модель Чессера. Данная модель содержит дискриминантную функцию и барьер для вероятности банкротства, который можно использовать для оценки более мелких энергетических предприятий.

Выбрав данный метод и убедившись, что данная модель оценивания финансовой устойчивости применима к энергетической отрасли России, проведем анализ финансовой устойчивости ПАО «Ленэнерго» для возможного заключения контрактов в будущем:

период	P
2 кв 2016	0.207738749
1 кв 2016	0.182426737
4 кв 2015	0.268690239
3 кв 2015	0.568238101
2 кв 2015	0.566119083
1 кв 2015	0.4622903

Из таблицы видно, что значение P не превышает 0,6, что говорит об удовлетворительном финансовом состоянии данного предприятия вероятность банкротства очень низкая.

Заключение

В данной работе были исследованы крупнейшие предприятия энергетической отрасли России на финансовую устойчивость различными методами.

Был выбран наилучший метод – модель Чессера, дающий достоверную оценку деятельности предприятия и сделан вывод о его применимости к анализу энергетической отрасли России.

Используя данный метод было проведено исследование ПАО Ленэнерго для дальнейшего заключения контракта. Предприятие финансово устойчиво, перспективы на сотрудничество хорошие.

Список использованных источников

1. Анализ финансовой отчетности: Учебник. – 2-е изд. / Под общ.ред. М.А.Вахрушиной. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА—М, 2011. 431с.
2. Пердеряев И.И. Учет и анализ банкротств: учебное пособие, 2-е изд., стереотип. – М.: МГИУ, 2008. – 208 с.
3. Балдин К.В. Математические методы и модели в экономике: учебник / К.В. Балдин, В.Н. Башлыков, А.В. Рукосуев; под общей редакцией К.В. Балдина. – М.: ФЛИНТА: НОУ ВПО «МПСи», 2012. – 328 с.
4. Пожидаева Т.А. Анализ финансовой отчетности: учебное пособие / Т.А. Пожидаева. – 3-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2010. 320с.
5. Модели банкротства (диагностика и оценка вероятности банкротства) [Электронный ресурс] / сайт Финансовый Менеджер finance-m.info. URL.: http://finance-m.info/bankruptcy_models.html (дата обращения 02.08.2016).

Таблица 3. Значение дискриминантной функции P.

ТОМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРОТЕЗОВ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕЕРНОГО ПУЧКА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ПЕРЕПАКОВКИ

Оздиев А.Х., Крючков Ю.Ю.

Кафедра Общей физики, Физико-Технический Институт, Томский Политехнический Университет, e-mail: ozdiev@tpu.ru

Введение

Современные медицинские томографы, использующие рентгеновское излучение, в подавляющем большинстве построены на пучке конусообразной или веерной формы. В статье предлагается применение прямого алгоритма обратного проецирования для реконструкции протезов сегментов артериального русла из проекционных данных, полученных на веерной геометрии, без использования алгоритма перепакровки данных в параллельную.

Объект исследования

«КемАнгиопротез» - единственный в мире протез кровеносного сосуда из внутренней грудной артерии крупного рогатого скота, используемый для постоянного замещения сегментов артериального русла. Широко применяется в хирургической практике с 1993 года.

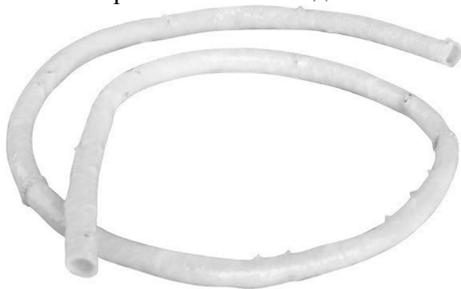


Рис. 1 – Протез кровеносного сосуда компании "NeoCor" (<http://neocor.ru/pages/15.html>)

Данный протез – часть внутренней грудной артерии крупного рогатого скота, обработанной эпоксисоединением. Для получения требуемой длины ксенопротезы сосудов изготавливают из одного, двух или трех сегментов артерий.

Томографическая реконструкция позволяет проводить анализ данных протезов на предмет наличия таких дефектов как: трещины, поры, и деформации; а также определять реальную толщину стенок.

Описание алгоритма

Одним из стандартных методов реконструкции изображений в компьютерной томографии является алгоритм обратных проекций [1]. Идея алгоритма выглядит следующим образом: для каждого значения угла поворота θ проекция $p(s, \theta)$ функции плотности $u(x, y)$ представляет собой одномерную функцию, которую можно привести к двумерной путём растягивания (рис. 1) по всей

плоскости (x, y) . Таким образом получается обратная проекция [2].

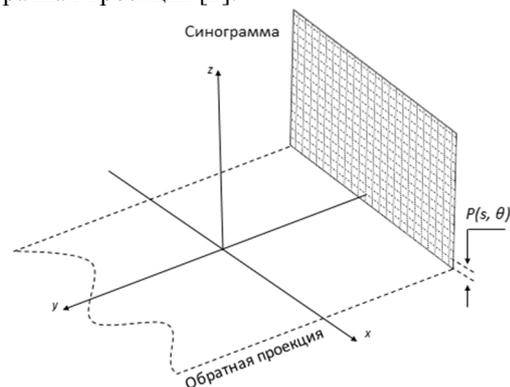


Рис. 2 – Обратное проецирование (растягивание) проекции $p(s, \theta)$ функции плотности $u(x, y)$

Далее все обратные проекции, удовлетворяющие тождеству $0 < \theta < \Pi$, складываются, в результате чего получается суммарное изображение, визуализирующее исследуемый объект. Из рисунка видно, что такой подход применим только для случая параллельного распространения излучения, так как растягивание в обратном направлении производится вдоль прямых параллельных между собой линий [3]. В случае с веерным пучком геометрия выглядит следующим образом.

Суммирование обратных проекций (рис. 3) в контуре области реконструкции приводит к получению финального изображения, используемое для объемной визуализация, оценки плотности, поиска дефектов.

В настоящее время, чтобы избежать дополнительных вычислений, применяют перепакровку данных [4]. Данный подход обладает рядом недостатков. Наблюдается погрешность реконструкции и ухудшение качество результирующего изображения, полученного из проекционных данных после «перегруппировки» [5]. Погрешность усиливается при уменьшении числа ракурсов. Небольшое число ракурсов является одним из главных критериев, для достижения минимального времени эксперимента и значительного снижения дозы облучения.

Для реализации алгоритма обратного проецирования при использовании веерного пучка без перепакровки помимо нормали (EP) из точки области реконструкции к центральной линии необходимо учитывать: расстояние от источника излучения до точки области реконструкции (SE) и

расстояние от источника излучения до нормали (SP), а также ввести понятия корректирующего фактора и виртуального детектора (D1D2).

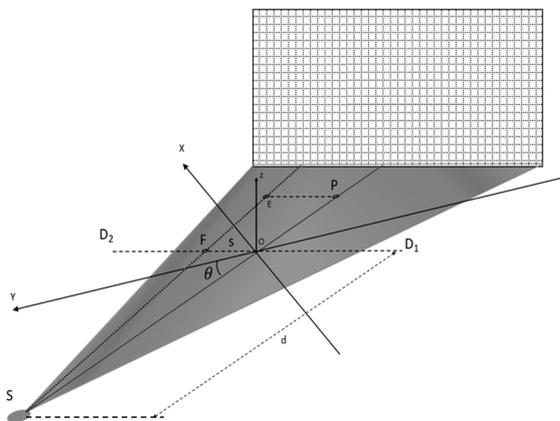


Рис. 3 – Схема эксперимента

Корректирующий фактор рассчитывается как отношение расстояния от источника излучения до нормали, опущенной из точки области реконструкции на центральную линию, и расстояния d от источника излучения до центра вращения системы.

Рассмотрим понятие виртуального детектора. В задаче томографической реконструкции при использовании веерного пучка виртуальным детектором называется прямая, проведенная перпендикулярно центральной линии через центр вращения системы. Вдоль этой прямой для каждой точки области реконструкции откладывается интервал, который вычисляется по формуле $OF = EP \div u$, где u – корректирующий фактор. Интервал OF будет одинаковым для тех точек области реконструкции, которые принадлежат одному и тому же лучу, вдоль которого распространяется излучение. Интерполяция значений проекции функции плотности на интервал OF для каждой точки области реконструкции позволяет производить обратное проецирование вдоль прямых, соединяющихся в точке S [5].

Экспериментальные результаты

Описываемый подход позволил получить послойную реконструкции исследуемых образцов и визуализировать результат в трехмерном виде без применения перепаковки данных.

В эксперименте было использовано 5 сегментов протеза, которые по отдельности были вертикально расположены внутри 5 пластиковых трубок соответствующей длины. Проекционные данные представляли из себя набор из 600 проекций, полученных с угловым шагом 0.3 градуса. Очевидно, что суммарный угол поворота составлял 180 градусов, угол раскрытия веерного пучка был равен 4.151566 градусов, расстояние от источника до центра вращения 940 мм.

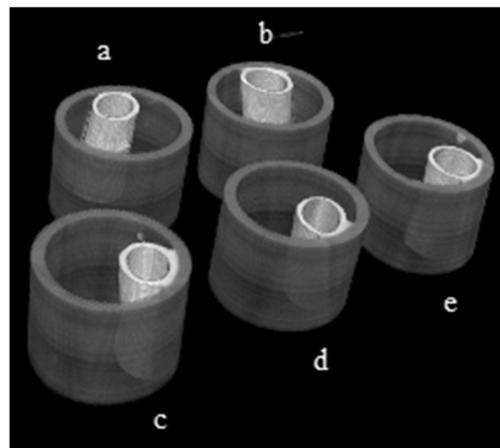


Рис. 4 – Трехмерная визуализация

Заключение

В результате применения алгоритма без перепаковки было достигнуто достаточно высокое качество реконструкции, позволившее с приемлемой точностью оценить плотность исследуемых материалов, а также провести объемную визуализацию и поиск дефектов.

Список использованных источников

1. Симонов, Е.Н. К вопросу получения объемных изображений в рентгеновской компьютерной томографии / Е.Н. Симонов, Д.В. Аврамов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 50–57. DOI: 10.14529/ctcr150405
2. Gabor T. Herman, Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, Springer Publishing Company, New York, 2009, 135 p.
3. И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин, А.А. Спектор, Цифровая обработка изображений в информационных системах, Изд-во НГТУ, Новосибирск, 2002, 316 с.
4. А.А. Комиссаров, Об одной задаче вычислительной томографии: «выпрямляющий» алгоритм обратного преобразования радона в схеме веерного пучка, Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА, №3, 2014, 128-136 с.
5. С.А. Лавров, Е.Н. Симонов, Влияние «перепаковки» проекций пучка излучения из веерной геометрии в параллельную на качество томографических изображений, ВАНТ, сер. Математическое моделирование физических процессов, Вып. 4, 2009, 78-43 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Баус С. С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Плотникова И. В.
национальный исследовательский Томский политехнический университет
ssb@tpu.ru

Математическое моделирование – одна из наиболее перспективных методов или систем реального физического мира. В настоящее время значение математического моделирования стремительно возрастает в связи с широким внедрением достижений науки почти во все сферы деятельности человека. Сложность технологий, необходимость принятия оперативных решений и т.п. являются объективными предпосылками к использованию математического моделирования и в научно-исследовательской деятельности.

Сложность воспроизводимости процесса на практике, недостаточная изученность проблематики научным сообществом, наличие множества всевозможных неучтенных факторов, которые не влияют на физический процесс и природу поведения ослабления интенсивности, все это является причинами выбора математического моделирования. Ведь системы научного или промышленного назначения, разработанные без применения инструментов математического моделирования, во многих случаях не обладают необходимыми качествами (эффективностью, точностью отображения реальной физической явления или объекта, заложенных свойств и т.д.).

Наиболее наглядно значение математического моделирования проявляется при конструировании рентгеновских систем для неразрушающего контроля. Если при конструировании томографа, а в частности выбора параметров работы системы, применять физическое моделирование, то, во-первых, дело сведется к перебору всех возможных сочетаний элементов томографа, который, даже если это и возможно, потребует значительного времени; во-вторых, это потребует больших затрат времени и материальных ресурсов. Если же в целях сокращения затрат времени и средств воспользоваться методом экспертных оценок, то результат будет зависеть от субъективных представлений самих экспертов. Таким образом, использование математического моделирования в проектировании томографических систем представляет собой путь повышения эффективности и качества разработки томографических систем за счет моделирования процесса ослабления интенсивности рентгеновского излучения, излучаемого рентгеновской трубкой, после прохождения через исследуемый материал.

Для решения данной проблематики можно применить корреляционно-регрессионный анализ.

Математические модели строятся и используются для трех обобщенных целей:

- для объяснения;
- для предсказания;
- для управления.

Пользуясь методами корреляционно-регрессионного анализа, измеряется теснота связи показателей с помощью коэффициента корреляции. При этом обнаруживаются связи, различные по силе (сильные, слабые, умеренные и др.) и различные по направлению (прямые, обратные). Если связи окажутся существенными, то целесообразно будет найти их математическое выражение в виде регрессионной модели и оценить статистическую значимость модели.

Имеется совокупность результатов наблюдений. В этой совокупности один столбец соответствует показателю, для которого необходимо установить функциональную зависимость с параметрами объекта и среды, представленными остальными столбцами. Целью которой является установить количественную взаимосвязь между показателем и факторами. В таком случае задача регрессионного анализа понимается как задача выявления такой функциональной зависимости $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, которая наилучшим образом описывает имеющиеся экспериментальные данные.

Регрессионный анализ называют основным методом современной математической статистики для выявления неявных и завуалированных связей между данными наблюдений.

Для проведения опыта были выбран титан. Титан один из наиболее частых материалов, применяемых в изготовлении различных промышленных деталей и частей в машиностроении, космостроении и т.д.

Данный эксперимент проводится в следующих условиях. Фиксируются значения толщины и вида исследуемого материала, а также мощность рентгеновской трубки. Выбранным материалом является железо, как один из самых часто встречающихся на практике. Исследуемая железная пластина имеет толщину 2 мм. Мощность рентгеновской трубки остается прежней.

Далее приводится описание эксперимента. Включаем рентгеновский микротомограф в электрическую сеть. Даем ему прогреться 2-3 минуты. Производим контрольный «прогон» импульса рентгеновского излучения без материала. Наблюдаем значение величины интенсивности рентгеновского излучения, если данная величина

составима с технической документацией на прибор можно начинать производить опыт, в противном случае необходимо устранить причину отклонения значения интенсивности рентгеновского излучения от заявленных в технической документации. Убедившись, что данная система работает исправно, можно начинать просвечивание исследуемого материала. Для этого необходимо разместить исследуемый материал на рабочий стол прибора, закрыть крышку прибора, убедиться, что соблюдена техника безопасности, установить значение напряжения на рентгеновской трубке, дождаться сигнала о просвечивании материала и зафиксировать результат, представленный на индикаторе прибора. Исследуемый материал и его размер, а также величину напряжения рентгеновской трубки необходимо выбирать на основании выбранных значений эксперимента.

Для анализа были определены следующие переменные:

1. Выходная интенсивность после прохождения через исследуемый материал, кЭв.
2. Напряжение на рентгеновской трубке, кВ.

Для определения тесноты связей между показателями напряжения и выходной интенсивности, оценки факторов, оказывающих наибольшее влияние на выходную интенсивность, установления степени влияния напряжения на выходную интенсивность, выбора типа и формы неизвестных причинных связей, а также определение расчётных значений выходной интенсивности (функции регрессии) используют регрессионный анализ, что позволяет прогнозировать при работе с прибором значения выходной интенсивности для более качественного построения трехмерных теневых изображений. Как известно, важнейшим этапом построения регрессионной модели (уравнения регрессии) является выбор вида математической функции, которая наилучшим образом определяет существующие связи между анализируемыми признаками [1]. В данном случае, за результативный признак мы приняли величину выходной интенсивности, а за факторный – напряжение.

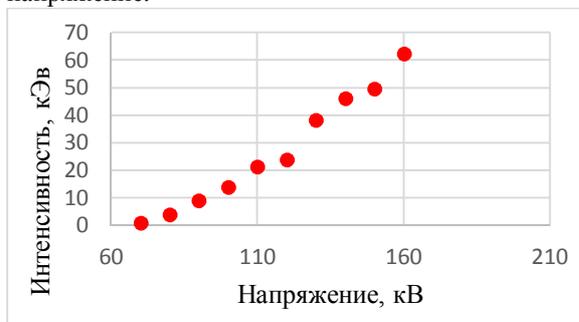


Рисунок 1. Диаграмма рассеивания

Анализ исходных данных позволяет предположить, что уравнение парной линейной корреляционной связи имеет вид функции:

$$y=b_0+b_1x.$$

На рисунке 1 можно наблюдать диаграмму рассеивания. Корреляция имеет положительную тенденцию. Произведя соответствующие вычисления в Excel получили следующие результаты. R-квадрат (коэффициент смешанной корреляции) представляет собой оценку полезности регрессионного уравнения, оценивает долю вариации переменной Y, которая объясняется независимой переменной X в регрессионной модели. Данное значение равно 0,973. Это характеризует то, что 97,3% вариации выходной интенсивности объясняется величиной напряжения и только 2,7% другими факторами. Большие значения, стремящиеся к 1, указывают на то, что X можно использовать для объяснения поведения Y.

Среднеквадратическая ошибка равна 3,6696. Это говорит о том, что в 95% случаев значения будут попадать в пределы $\pm 3,6696$ от линии регрессии. В итоге получено уравнение линейной регрессии, которое выражается следующим образом: $Y=-55,9916+0,6867*X$. Данное уравнение применимо для выбранного диапазона рабочих значений системы. Положительный наклон линейной регрессии говорит о том, что при увеличении напряжения на 1 единицу наблюдается рост значения выходной интенсивности на 0,6867.

В заключении хочется отметить, что проведён однофакторный регрессионный анализ, где откликом системы, как и в полном факторном эксперименте, являлась величина интенсивности после прохождения через толщину исследуемого материала, а за фактор было принято значение напряжения на рентгеновской трубке. Применяя данное линейное регрессионное уравнение на практике, можно легко и быстро спрогнозировать величину выходной интенсивности в зависимости от выбранного значения напряжения на рентгеновской трубке для данного диапазона работ.

Список литературы

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий // Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. Наука, 1976. – 280 с.
2. Landisa E. N., Keane D. T. X-ray microtomography [text]. - Materials Characterization. – 2010. – Pages 1305 – 1316.
3. Баус С. С. Система автоматизированного проектирования (САПР) рентгеновской трубки открытого и закрытого типа для нужд неразрушающего контроля // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 274-279.

ТЕОРИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛАСТИН КИРХГОФА

Вологина Т.В., Салтыкова О.А., Крысько А.В.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

tanja-klio@yandex.ru

Введение

Многие конструкции являются составными, и они состоят из сочленения балок, стержней, пластин и оболочек. Очень важным вопросом, при их проектировании, является построение модели контактного взаимодействия. Рассмотрим контактное взаимодействие двух взаимно-перпендикулярных пластинок, подчиняющихся гипотезе Кирхгофа [1,2].

Постановка задачи

На Рис.1, представлен пластинчатый элемент, состоящий из двух взаимно-перпендикулярных пластиноксопряженных между собой в области: $\Omega = (0, b) \times (b_1 - \frac{h_2}{2}, b_1 + \frac{h_2}{2})$.

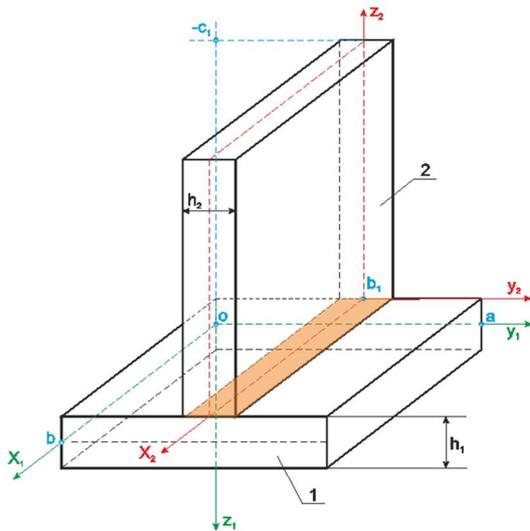


Рис.1. Расчетная схема

Используем декартовы системы координат.

Запишем выражения для компонент векторов перемещений $U^{(1)}$, $V^{(1)}$ и прогиба $W^{(1)}$ для пластины 1 [3].

$$\begin{aligned} U^{(1)}(x_1, y_1, z_1) &= u_0^{(1)}(x_1, y_1, 0) - z_1 \frac{\partial w_0^{(1)}(x_1, y_1, 0)}{\partial x_1} \\ V^{(1)}(x_1, y_1, z_1) &= v_0^{(1)}(x_1, y_1, 0) - z_1 \frac{\partial w_0^{(1)}(x_1, y_1, 0)}{\partial y_1} \\ W^{(1)}(x_1, y_1, z_1) &= w_0^{(1)}(x_1, y_1, 0) \end{aligned} \quad (1)$$

Для пластины 2, заменим в формулах (1): в первом уравнении z_1 на $-(x_1 - b_1)$ и ∂x_1 на ∂z_1 ; во втором уравнении z_1 на $(x_1 - b_1)$. И получим значения

компонент векторов перемещений и прогибов для пластины 2.

Соотношения Коши:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{x_1}^{(1)} &= \frac{\partial u_0^{(1)}}{\partial x_1} - z_1 \frac{\partial^2 w_0^{(1)}}{\partial x_1^2}; \quad \overline{(x_1, y_1)} \\ \gamma_{x_1 y_1}^{(1)} &= \frac{\partial u_0^{(1)}}{\partial y_1} + \frac{\partial v_0^{(1)}}{\partial x_1} - 2z_1 \frac{\partial^2 w_0^{(1)}}{\partial x_1 \partial y_1}. \quad \overline{(x_1, y_1)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Необходимо так же ввести закон преобразования координат:

$$y_2 = y_1; \quad x_2 = -z_1 - \frac{h_1}{2}; \quad z_2 = (x_1 - b_1).$$

Закон Гука:

$$\sigma_{x_1}^{(1)} = \frac{E}{1-\nu^2} \left(\varepsilon_{x_1}^{(1)} + \nu \varepsilon_{y_1}^{(1)} \right); \quad \overline{(x_1, y_1)}; \quad \tau_{x_1 y_1}^{(1)} = G \gamma_{x_1 y_1}^{(1)}. \quad (3)$$

Запишем функционал:

$$\begin{aligned} & \iint_{00-h_1/2}^{ab} \int_{-h_1/2}^{h_1/2} (\sigma_{x_1}^{(1)} \delta \varepsilon_{x_1}^{(1)} + \sigma_{y_1}^{(1)} \delta \varepsilon_{y_1}^{(1)} + \\ & + \tau_{x_1 y_1}^{(1)} \delta \gamma_{x_1 y_1}^{(1)}) dx_1 dy_1 dz_1 - \iint_{00}^{ab} (P_1^{(1)} \delta U^{(1)} + \\ & P_2^{(1)} \delta V^{(1)} + P_3^{(1)} \delta W^{(1)}) \Big|_{z_1 = -h_1/2}^{z_1 = h_1/2} dx_1 dy_1 \end{aligned} \quad (4)$$

Замечание: В функционале (4) полагаем, для упрощения, усилия и моменты, действующие на границах пластин, равными нулю.

Теорема: Функционал достигает своего стационарного значения на перемещениях, которые удовлетворяют уравнениям равновесия, кинематическим (заданным) и статистическим граничным условиям, выраженным через перемещения, а так же условиям сопряжения на полосе $(0, b) \times (b_1 - \frac{h_2}{2}, b_1 + \frac{h_2}{2})$ следующего вида:

Уравнения равновесия и естественные граничные условия для первой пластины:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{-Eh}{(1-\nu^2)} * \left(\frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial x_1^2} + \nu * \frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial x_1 \partial y_1} \right) + Gh * \left(\frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial y_1^2} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \nu * \frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial x_1 \partial y_1} \right) + \gamma(y_1) * \tau_{z_2 x_2} \right) \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}} = -P_1 \Big|_{z = \frac{h_1}{2}} \quad (5) \end{aligned}$$

$$\left(\frac{-Eh}{(1-\nu^2)} * \left(\frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial y_1^2} + \nu * \frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial x_1 \partial y_1} \right) - Gh * \left(\frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial x_1^2} + \nu * \frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial x_1 \partial y_1} \right) - \gamma(y_1) * \tau_{x_2 y_2} \right) \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}}^{z = \frac{h_1}{2}} = -P_2 \Big|_{z = -\frac{h_1}{2}}^{z = \frac{h_1}{2}} \quad (6)$$

статистические граничные условия для рассматриваемой пространственной пластинчатой конструкции в рамках модели Кирхгофа, условия сопряжения элементов конструкции вдоль полосы $(0, b) \times \left(b_1 - \frac{h_2}{2}, b_1 + \frac{h_2}{2} \right)$. Теорема доказана.

Заключение

В работе сформулирована и доказана теорема о достижении функционала своего стационарного значения на перемещениях, которые удовлетворяют уравнениям равновесия, кинематическим, статистическим и т. д. условиям.

Так же впервые получены выражения для компонент векторов перемещений и прогибов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-11-10138

Некоторые материалы этой работы были доложены Володиной Т. В. на конференции «Ломоносов-2016» 11.04.2016 г. в МГУ.

Список использованных источников

1. Нелинейная динамика пластинок и оболочек, Вольмир А. С., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1972 г., 432 стр.

2. A. V. Krysko, J. Awrejcewicz, O. A. Saltykova, S. S. Vetsel, V. A. Krysko Nonlinear dynamics and contact interaction of the structures composed of beam-beam and beam-closed cylindrical shell members // Chaos, Solitons & Fractals, Volume 91, October 2016, p. 622-638.

3. Крысько А. В. Математические модели нелинейных распределенных систем в виде пластинчатых конструкций: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 05.13.18, 01.02.04: Саратов, 2003 343 с. РГБ ОД, 71:05-1/77

$$\left(D * \left(\frac{\partial^4 w^{(1)}}{\partial x_1^4} - 2 * D * \frac{\partial^4 w^{(1)}}{\partial x_1^2 \partial y_1^2} + \frac{\partial^4 w^{(1)}}{\partial y_1^4} \right) - \gamma(y_1) * z_1 * \tau_{x_2 y_2} * \left[\delta \left(y_1 - b_1 + \frac{h_2}{2} \right) - \delta \left(y_1 - b_1 * \frac{h_2}{2} \right) + \gamma(y_1) * z_1 * \frac{\partial \tau_{x_2 y_2}}{\partial y_1} - \gamma(y_1) * z_1 * \tau_{x_2 y_2} * [\delta(x_1 - b_1) - \delta(x_1 - 0)] - \gamma(y_1) * z_1 * \frac{\partial \tau_{x_2 y_2}}{\partial x_1} \right] + \gamma(y_1) * \tau_{x_2 y_2} + \gamma(y_1) * \sigma_{x_2} \right) \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}}^{z_1 = \frac{h_1}{2}} = -z_1 * \frac{\partial P_1}{\partial x_1} - z_1 * \frac{\partial P_2}{\partial y_1} + P_3 \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}}^{z_1 = \frac{h_1}{2}} \quad (7)$$

$$\int_0^b \left[\left(\frac{-Eh}{(1-\nu^2)} * \left(\frac{\partial u^{(1)}}{\partial x_1} + \nu * \frac{\partial v^{(1)}}{\partial y_1} \right) \delta u^{(1)} + Gh \left(\frac{\partial u^{(1)}}{\partial y_1} + \frac{\partial v^{(1)}}{\partial x_1} \right) \sigma v^{(1)} - \left(D * \left(\frac{\partial^3 w^{(1)}}{\partial x_1^3} + \nu * \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y_1^2 \partial x_1} \right) + 4G \frac{h^3}{12} * \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y_1^2 \partial x_1} \right) \sigma w^{(1)} + D * \left(\frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y_1^2} \right) \sigma \frac{\partial w^{(1)}}{\partial x_1} \right] \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}}^{z_1 = \frac{h_1}{2}} dy \Big|_{x_1 = a}^{x_1 = 0} \quad (8)$$

$$\int_0^a \left[Gh * \left(\frac{\partial u^{(1)}}{\partial y} + \frac{\partial v^{(1)}}{\partial x} \right) \sigma u - \frac{Eh}{(1-\nu^2)} * \left(\nu * \frac{\partial v^{(1)}}{\partial y} \right) \sigma v + \left(D * \left(\frac{\partial^3 w^{(1)}}{\partial y^3} + \nu * \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y \partial x^2} \right) \right) \sigma w^{(1)} + \left(D * \left(\nu * \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y^2} \right) \right) \sigma \frac{\partial w^{(1)}}{\partial y} \right] \Big|_{z_1 = -\frac{h_1}{2}}^{z_1 = \frac{h_1}{2}} dx \Big|_{y_1 = b}^{y_1 = 0} \quad (9)$$

Уравнения для второй пластинки, виду их громоздкости, не приводятся, они имеют аналогичную структуру с уравнениями (5-9).

Доказательство: Для доказательства, проварьируем функционал (4). Построенный функционал представляет собой обобщенный функционал Лагранжа, из условия стационарности которого следуют уравнения равновесия,

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ДВУХ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛАСТИНОК МОДЕЛИ ТИМОШЕНКО В ТРЕХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Вологина, О.А. Салтыкова Т.В., Крысько А.В.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

tanja-klio@yandex.ru

Введение

Многие конструкции ответственного назначения в строительстве, машиностроении, авиационной технике, ракетостроении являются составными и состоят из сочленения балок, пластин и оболочек. Эти конструкции находятся под действием внешних сил различной природы, поэтому очень важным вопросом при их проектировании является анализ нелинейной динамики. Контактное взаимодействие и хаотическая динамика балок модели Тимошенко описано в работе [1]. Нелинейная динамика структуры из замкнутой цилиндрической оболочки и балки изучается в [2]. Рассмотрим конструкцию состоящих из двух взаимно-перпендикулярных пластинок, подчиняющихся гипотезе Тимошенко С.П. жестко соединенных между собой [3]. В известной литературе таких решений нет.

Постановка задачи

Пусть на верхнюю пластинку действует знакопеременная нагрузка, по всей правой боковой поверхности (рис. 1).

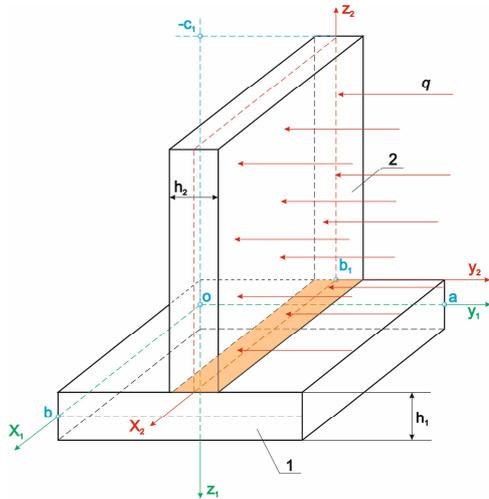
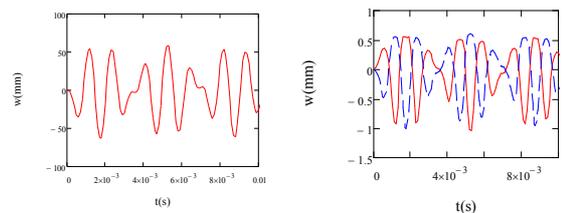


Рис. 1. Расчетная схема.

Размеры пластинок одинаковы: $100 \times 100 \times 10$ (мм). Нижняя пластинка жестко закреплена. Верхняя пластинка закреплена в плоскости XOY (рис. 1). Обе пластинки подчиняются гипотезам Тимошенко С.П. [4]. Задача рассматривается в трехмерной постановке. Бесконечная система дифференциальных уравнений сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений методом конечных элементов. Полученная задача Коши решается методом явного интегрирования.

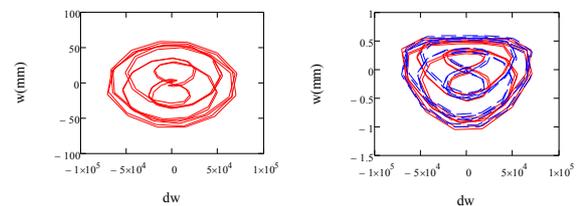
Нагрузка приложенная к поверхности второй пластинки имеет вид: $q = q_0 * \sin(\omega_p t)$ (рис. 1.), где амплитуда $q_0 = 1000, 1650 \text{ кгс/мм}^2$, частота $\omega_p = 1000 \text{ Гц}$ приложенной нагрузки.

Исследование проводилось с помощью методов нелинейной динамики: исследовались сигналы (рис. 2 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 5 ($q_0 = 1650 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 8 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$)); фазовые портреты (рис. 3 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 6 ($q_0 = 1650 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 9 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$)); спектры мощности Фурье (рис. 4 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 7 ($q_0 = 1650 \text{ кгс/мм}^2$), рис. 10 ($q_0 = 1000 \text{ кгс/мм}^2$)); вейвлет-анализ Морле и Гаусса-32. На графиках для пластинки 1 сплошной линией показаны характеристики, снятые справа, а пунктирной линией – слева от пластины 2.



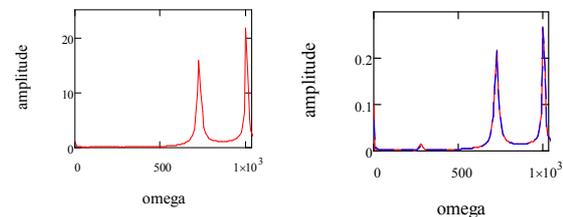
а) Пластинка 2 б) Пластинка 1

Рис. 2. Сигналы



а) пластинка 2 б) пластинка 1

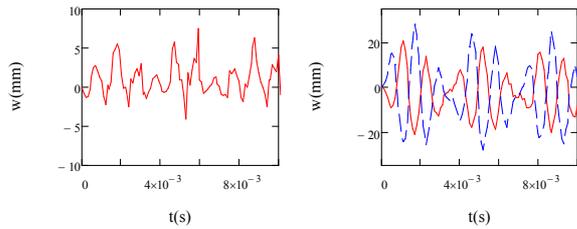
Рис. 3. Фазовые портреты



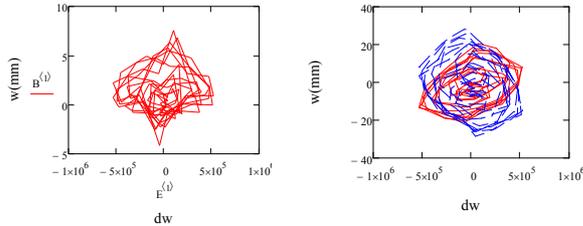
а) Пластинка 2 б) Пластинка 1

Рис. 4. Спектры Фурье

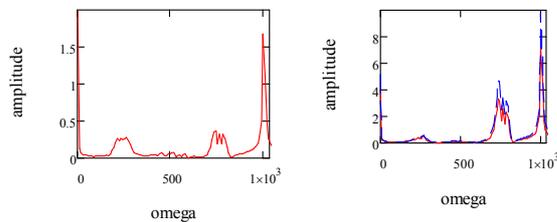
На рис. 4(а,б) помимо ω_p и $\omega_1 = 723.36 \text{ Гц}$ присутствуют и более мелкие частоты. Фазовые портреты пластинок схожи и представляют собой пересечение пяти колец.



а) Пластина 2 б) Пластина 1
Рис. 5. Сигналы



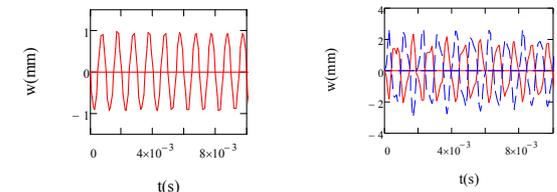
а) Пластина 2 б) Пластина 1
Рис. 6. Фазовые портреты



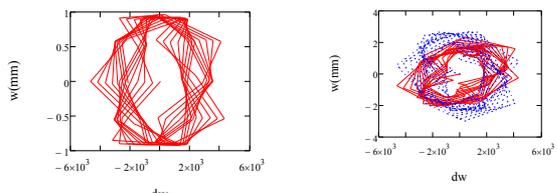
а) Пластина 2 б) Пластина 1
Рис. 7. Спектры Фурье

На рис. 7(а,б) помимо ω_p , $\omega_1 = 733.13$ (Гц) и $\omega_2 = 263.93$ (Гц) присутствуют частоты в их окрестностях. Значения частот ω_p , ω_1 и ω_2 - линейно-зависимые. Фазовый портрет верхней пластинки соответствует хаотическим колебаниям, а для нижней пластинки произошло разрушение колец.

Далее уменьшим в два раза высоту пластинки 2: $100 \times 50 \times 10$ (мм). Динамические характеристики приведены на рис. 8-10 для $q_0 = 1000$ кгс / мм², $\omega_p = 1000$ (Гц).

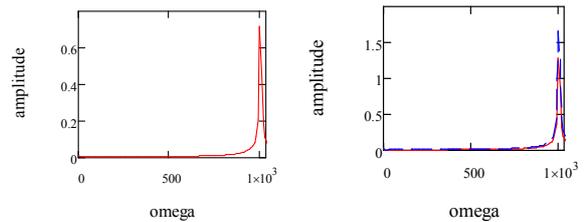


а) Пластина 2 б) Пластина 1
Рис. 8. Сигналы



а) Пластина 2 б) Пластина 1

Рис. 9. Фазовые портреты



а) Пластина 2 б) Пластина 1
Рис. 10. Спектры Фурье

На рис. 10 (а,б) отсутствуют дополнительные, частоты, по сравнению с рис. 4 (а,б). На спектре мощности есть только частота вынуждающих колебаний. Колебания нижней пластинки слева и справа находятся в противофазе.

Для $q_0 = 1650$ (кгс/мм²), $\omega_p = 1000$ (Гц) графики не приводятся, так как увеличение нагрузки не приводит к появлению новых частот и смене режима колебаний. Увеличивается амплитуда колебаний пластинок. Характер фазового портрета не меняется.

Заключение

В результате данных исследований, можно сделать вывод, что увеличение нагрузки, а также изменение высоты верхней пластинки существенно влияет на динамику системы.

В случае одинаковых геометрических размеров пластин увеличение амплитуды нагрузки приводит к смене режима колебаний всей структуры.

Уменьшение высоты пластинки 2, приводит к стабилизации всей структуры. В этом случае увеличение амплитуды колебаний не способствует появлению новых частот.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 16-11-10138

Список использованных источников

1. Krysko A.V., Awrejcewicz J., Saltykova O.A., Zhigalov M.V., Krysko V.A. Investigations of chaotic dynamics of multi-layer beams using taking into account rotational inertial effects // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 19(8), 2014, pp. 2568-2589.
2. A.V.Krysko, J. Awrejcewicz, O.A.Saltykova, S.S.Vetsel, V.A.Krysko Nonlinear dynamics and contact interaction of the structures composed of beam-beam and beam-closed cylindrical shell members // Chaos, Solitons & Fractals, Volume 91, October 2016, p. 622-638.
3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек, М.: «Наука», 1972 г., с.432.
4. Крысько А.В. Математические модели нелинейных распределенных систем в виде пластинчатых конструкций: Дис. д-ра физ.-мат. наук: 05.13.18, 01.02.04: Саратов, 2003 343 с. РГБ ОД, 71:05-1/77.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО РЯДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Бозняков Р.В.

Научный руководитель: Семенов М.Е.
Томский политехнический университет
romario1131@bk.ru

Введение

В экономике часто встречаются явления, которые интересно и важно изучать, так как они изменяются во времени. С течением времени изменяются цены, экономические условия, режим протекания того или иного производственного процесса. Если уметь анализировать и моделировать данные процессы, то можно уменьшить вероятность возникновения неблагоприятных событий, то есть сократить риски. Риск является неотъемлемой частью деятельности людей и компаний, занимающихся выпуском или инвестированием в ценные бумаги, а именно в акции. Из всех ценных бумаг акции обладают наибольшей волатильностью, то есть являются наиболее изменчивыми. Поэтому для сокращения рисков и, соответственно, денежных потерь необходимо уметь анализировать и исследовать процессы изменения цен акций.

Объектом исследования в данной работе были выбраны цены акций ОАО «Газпром». ОАО «Газпром» - глобальная энергетическая компания. Основные направления деятельности - геологоразведка, добыча, транспортировка, хранение, переработка и реализация газа, газового конденсата и нефти, реализация газа в качестве моторного топлива, а также производство и сбыт тепло- и электроэнергии.

Цель данной работы - проведение анализа объекта исследования и построение модели, описывающий исследуемый процесс течение различных интервалов времени для определения влияния количества входных данных на качество построенных моделей. В качестве исследуемых интервалов были взяты периоды времени, равные 4 месяцам (с 01.02.2016 по 01.06.2016), 6 месяцам (с 01.12.2015 по 01.06.2016), 1 году (с 01.06.2015 по 01.06.2016).

Для исследуемых периодов времени были сформированы три временных ряда, содержащих 84, 124, 252 наблюдаемых значений соответственно.

Проведение анализа

Полученные временные ряды были проверены на нормальность распределения и стационарность. Для этого были построены гистограммы для ряда доходностей акций в течение заданных периодов времени, а также применен критерий Колмогорова - Смирнова. Доходности акций рассчитывались по формуле:

$$X_t = \frac{X_{t+1} - X_t}{X_t}$$

Было получено, что все исследуемые временные ряды подчиняются нормальному закону распределения.

Для проверки на стационарность были исследованы автокорреляционные функции временных рядов. Исследование показало, что наблюдается значительная зависимость (корреляция) между смежными наблюдениями. Также можно отметить очень высокую величину коэффициента корреляции первого порядка для временных рядов и постепенное снижение при изменении лага. Такая сильная зависимость между наблюдениями указывает на наличие тренда в характере поведения временных рядов и дает основание полагать, что временной ряд при всех исследуемых периодах является нестационарным.

Построение математической модели

Так как временные ряды являются нестационарными, то из класса линейных моделей подходящей моделью будет модель ARIMA (p, d, q), где параметр d=1, так как ряд является интегрируемым первого порядка.

В ходе исследования были определены оптимальные модели для исследуемых рядов. Для временного ряда с периодом 4 месяца оптимальной моделью является модель ARIMA (1, 1, 0). Данная модель имеет следующий вид:

$$X_t = 0,124 + 0,142 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Для временного ряда с периодом 6 месяца оптимальной моделью является модель ARIMA (2, 1, 0), имеющая следующий вид:

$$X_t = 0,0597 + 0,96 X_{t-1} - 0,87 X_{t-2} + \varepsilon_t$$

Для ряда с периодом год была построена модель ARIMA (2, 1, 0):

$$X_t = 0,021 + 0,055 X_{t-1} - 0,27 X_{t-2} + \varepsilon_t$$

Построенные модели достаточно корректно описывают исследуемый процесс, что подтверждают АКФ и ЧАКФ ряда остатков, а именно малые значения коэффициентов автокорреляции в пределах доверительного интервала.

Сравнение полученных моделей

Для сравнения качества полученных моделей были выбраны следующие характеристики:
САПО – средняя абсолютная процентная ошибка;
САО – средняя абсолютная ошибка;
СКО – среднее квадратическое отклонение;

ВИС- информационный критерий Байерса;

R^2 – коэффициент детерминации.

Используя данные характеристики, было произведено сравнение построенных моделей для каждого из исследуемых временных рядов. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики временных рядов

	4 месяца (84 набл. значений)		6 месяцев (124 набл. значений)		1 год (252 набл. значений)	
САПО, %	1,30	1,29	-0,01	1,21	-0,08	
CAO	1,89	1,86	-0,03	1,73	-0,13	
СКО	6,17	5,96	-0,21	5,11	-0,85	
ВИС	1,87	1,86	-0,01	1,67	-0,19	
R^2 , %	97,72	98,4	+1,7	99,63	+1,21	

Как видно из таблицы 1, при увеличении количества входных данных, значение рассчитанных характеристик уменьшается. Это означает, что с увеличением количества входных данных величина отклонения наблюдаемых значений от расчетных (модельных) убывает, следовательно, модель более качественно описывает исследуемый процесс. В данном случае наилучшей является модель, построенная для временного ряда с периодом, равным 1 году.

Определение оптимального количества входных данных временного ряда с периодом 1 год

Ранее было определено, что количество входных данных влияет на качество модели. В данном случае временной ряд содержит 252 наблюдаемых значений. Но действительно ли временной ряд должен содержать определенное количество, или возможно сократить количество данных, при том не значительно потеряв в качестве. Для того, чтобы это проверить, было принято решение построить модель ARIMA(2, 1, 0) для данного временного ряда, постепенно убирая из него наблюдения. Исключаться будут те наблюдения, которые вошли во временной ряд в конце периода исследования. Прodelывать это необходимо до тех пор, пока расхождения не станут значительными. Данные полученных расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

Количество входных данных	Количество исключенных данных	СКО	CAO
252	0	5,17	1,73
251	1	5,19	1,73
250	2	5,14	1,72
245	7	5,20	1,74
242	10	5,17	1,73
239	13	5,12	1,71
236	16	5,16	1,73
229	23	4,96	1,69
226	26	4,99	1,7
216	36	4,45	1,62
206	46	4,5	1,63

Сравнение моделей производилось только по двум характеристикам: CAO и СКО. Как видно из таблицы, при исключении данных в количестве от 0 до 16, СКО лежит в интервале от 5,1 до 5,2, изменения происходит в сотых долях. Увеличивая количество исключенных данных до 23, СКО уже становится равным 4,96, CAO=1,69. Наилучшие показатели имеет модель, содержащая 216 наблюдаемых значений (-36). Можно сделать вывод, оптимальную модель для временного промежутка можно построить и с меньшим количеством данных, при этом не теряя в качестве модели.

Заключение

В данной работе было изучено влияние количества входных данных на качество построенной модели. Для этого были сформированы три временных ряда в течение трех различных временных промежутков: 4 месяца, 6 месяцев, 1 год. Было получено, что количество входных данных действительно влияет на качество модели, а именно на величину отклонения наблюдаемых данных от смоделированных. Также было количественно определено влияние данного фактора. Для временного ряда с периодом, равным 1 году было получено, что можно откинуть часть исходных данных, не теряя при этом в качестве.

Список использованных источников

1. Гребенников А.В., Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA // Системный анализ в науке и образовании, 2011. – Вып. 1. – www.sanse.ru/download/79
2. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.
3. Draper N., Smith H. Applied regression analysis. New York: Wiley, In press, 1981. 693 p.
4. Крейнина М.Н. Финансовый менеджмент: учеб. пособие. - М.: "Дело и Сервис", 2001. - 400 с.;

МОНИТОРИНГ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Пилецкий А. А., Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
aap47@tpu.ru

Введение

На сегодняшний день имеется достаточное количество задач, для решения которых требуется изучение процессов в пограничном слое атмосферы (такие как: исследование аэрозолей, моделирование пограничного слоя атмосферы (ПСА), загрязнение атмосферы и др.).

Роль ПСА достаточно велика, несмотря на, казалось бы, небольшую его толщину. Ввиду того, что в пограничном слое воздушный поток задерживается, здесь более сильные вертикальные градиенты температуры. Процессы обмена энергией и влагой поверхностью и атмосферой также происходят в данном слое [1, 2].

Современные измерительные средства позволяют улучшать и повышать качество моделирования и мониторинга атмосферных процессов. Применение ультразвуковой автоматизированной метеорологической станции (УАМС) АМК-03 позволяет определить турбулентные характеристики атмосферного воздуха. Принцип действия метеостанции при измерении параметров воздушных потоков и температуры воздуха основан на измерении временных интервалов прохождения ультразвуковых сигналов между четырьмя парами пьезоэлектрических преобразователей ультразвуковых сигналов и вычислении по полученным значениям модуля и направления вектора групповой скорости воздушного потока, протекающего между преобразователями ультразвуковых сигналов, а также температуры воздуха.

Для получения мгновенных значений метеорологических величин была использована УАМС АМК-03. Из мгновенных метеорологических величин скорости ветра V_x , V_y , w и температуры воздуха T были получены временные ряды турбулентных пульсаций выше перечисленных величин.

Полученные вышеперечисленные ряды, с помощью формул теории вероятности использовались для расчета статистических характеристик случайных величин. Такие как, оценки среднеквадратических отклонений, коэффициентов корреляции, асимметрии и т.д. После статистической обработки данных из ее результатов были получены различные параметры турбулентности для пограничного слоя атмосферы.

Указанные вычисления производились при использовании формул теории атмосферной турбулентности Монина-Обухова.

В настоящее время для расчетов характеристик атмосферной турбулентности, а также моделирования используется теория Монина-Обухова [3].

В настоящее время для изучения атмосферной турбулентности применяется теория Монина-Обухова. В атмосферном пограничном слое уравнение баланса турбулентной энергии будет иметь вид:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{2} \overline{u' u' w'} + \frac{1}{\rho} \overline{p' w'} \right) = -\overline{u' w'} \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{g}{\rho} \overline{p' w'} - \overline{\epsilon} \quad (1)$$

где U , u' , w' , ρ , p' - средние и пульсационные компоненты горизонтальной и вертикальной скорости и плотности; Z - вертикальная координата (направлена вверх от поверхности); g - ускорение силы тяжести; ϵ - скорость диссипации кинетической энергии турбулентности под действием молекулярной вязкости.

Левая часть уравнения (1) описывает вертикальный перенос энергии пульсациями скорости и давления, обычно она полагается малой по сравнению с другими членами. Средние величины скорости и напряжений в поперечном к потоку направлении равны нулю в силу симметрии. В условиях развитой турбулентности вязкие напряжения трения пренебрежимо малы по сравнению с турбулентными напряжениями Рейнольдса (кроме примыкающего к поверхности вязкого подслоя), поэтому естественно считать, что перенос турбулентной энергии за счет сил вязкости очень мал по сравнению с переносом энергии турбулентными пульсациями скорости. Вклад сил плавучести в баланс турбулентной энергии выражается членом $B = -g \overline{p' w'}$, т.е. коррелированными пульсациями скорости и плотности. Основной вклад в изменение плотности вносят пульсации температуры при $\partial T / \partial z \neq 0$ и в меньшей степени пульсации влажности воздуха.

Продукция энергии за счет градиента плотности определяется вертикальными потоками тепла и водяного пара

$$\overline{p' w'} = -\frac{\rho}{T_v} \overline{T_v' w'} \quad (2)$$

Основные положения теории Монина-Обухова

Градиент скорости определяется следующим образом:

$$\frac{\partial U}{\partial z} = \frac{u_*}{\kappa z} \phi_u(\zeta) \quad (3)$$

где $u_*^2 = -\overline{u'w'}$, $\zeta = \frac{z}{L}$, $L = -\frac{T_v u_*^3}{\kappa g \overline{T'w'}}$ (4)

Входные данные

Для выполнения данной работы было разработано приложение, считывающее метеоданные, хранящиеся в файлах, с дальнейшей обработкой и вычислении основных характеристик погоды.

Каждый файл, сформированный УАМС АМК-03, хранит сведения об основных измеряемых метеорологических величинах (температура воздуха, скорость горизонтального и вертикально ветра, атмосферное давление и т.д.) в течение десятиминутного периода. При этом информация хранится в байтах.

Структура файла с метеоданными представлена на рисунке 1.

DF	07	03	00	01	00	00	00	07	00	14	00	1C	03	8C	0A
01	B2	FE	DB	FE	2B	00	BD	FF	49	ID	77	23	00	A9	FE
86	FE	18	00	C0	FF	49	ID	77	23	00	AB	FE	BF	FE	18
00	C2	FF	49	ID	77	23	00	AA	FE	CE	FE	24	00	BF	FF
48	ID	77	23	00	AE	FE	CD	FE	2A	00	AC	FF	49	ID	76
23	00	AD	FE	C5	FE	30	00	AA	FF	48	ID	77	23	00	B1
FE	D0	FE	3F	00	96	FF	49	ID	78	23	00	AE	FE	C7	FE
3F	00	9C	FF	49	ID	78	23	00	AE	FE	C7	FE	38	00	9D
FF	49	ID	78	23	00	B5	FE	CI	FE	38	00	9B	FF	49	ID
77	23	00	AC	FE	C4	FE	38	00	9A	FF	49	ID	77	23	00

Рис. 1. Структура файла с метеоданными

На основе прочитанных файлов производится формирование массива характеристик с последующим вычислением различных характеристик атмосферы, в том числе параметров турбулентности для пограничного слоя.

Анализ рассчитанных величин

На основе выполненных вычислений в разработанном приложении возможно провести анализ характеристик атмосферы за определенный период. В данной работе произведен анализ двух характеристик: упругости водяного пара (e) и дефицита влажности (E_d):

$$E_d = E - e, \quad (5)$$

где E - упругость пара, насыщающего воздух при данной температуре;

$$e = 6.112 * e^{\frac{17.62+t}{243.12+t}}, \quad (6)$$

где t - температура воздуха.

На рисунке 1 и рисунке 2 представлен суточный ход упругости водяного пара и дефицит влажности, характерного для 01.03.2015.

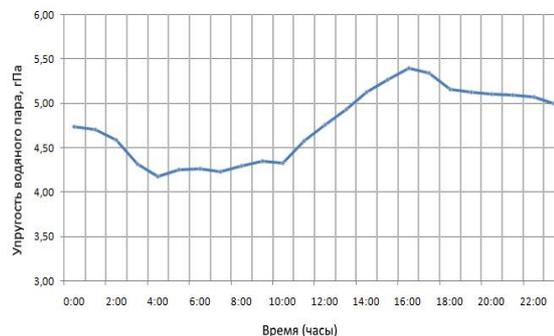


Рис. 2. Суточный ход упругости водяного пара

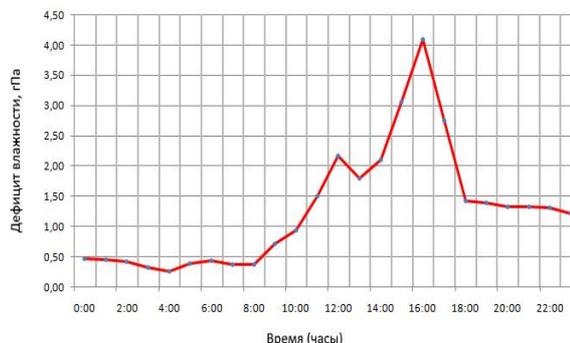


Рис. 3. Суточный ход дефицита влажности

Заключение

Вертикальный поток тепла является основной характеристикой пограничного слоя, определяющей термическое взаимодействие атмосферы и подстилающей поверхности. Для расчетов турбулентных характеристик было написано приложение с использованием платформу-независимой технологии Java. В связи с большими затратами вычислительных ресурсов для формирования инфраструктуры и расчета нужных характеристик атмосферы, данное приложение будет усовершенствовано с использованием Grid-технологии в будущем.

Список литературы

1. J.A. Businger, J.C. Wyngard, Y. Isumi and E.F. Bradley. Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer. J.Atmos.Sci., vol.28, 1971. – P. 181-189.
2. Брюхань Ф.Ф., Виноградов А.Ю., Лаврусевич А.А. Мониторинг пограничного слоя атмосферы на площадке Белорусской АЭС // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 2. – С. 27-32.
3. Мони́н А.С., Ягло́м А.М.. Статистическая механика – Москва: Наука, 1965, – 639 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ В МЕТОДОЛОГИИ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ

Данилов А.С., Шорников Ю.В.

Новосибирский государственный технический университет
danilov.as@inbox.ru

Введение

Системная динамика – это подход имитационного моделирования сложных экономических, социальных и экологических систем, предложенный Джейм Форрестером в 1970-х гг. Модели системной динамики являются непрерывными, и Форрестер описывает их с помощью разностных уравнений с использованием явного метода Эйлера – одного из самых неточных численных методов [1]. В работе предлагается спецификация моделей на языке современной вычислительной математики - в виде систем дифференциально-алгебраических уравнений и структурных схем теории автоматического управления. Это позволяет использовать более точные численные методы для решения задачи Коши. Моделирование и эксперименты проводились в инструментальной среде ISMA_2015 [2].

Основные парадигмы по Форрестеру

Основными парадигмами системной динамики являются: уровни, потоки и запаздывания.

Уровни отражают возникающие накопления внутри системы и могут быть описаны с помощью задачи Коши

$$IAF'(t) = SRF(t) - SSF(t),$$

$$IAF(0) = IAF_0,$$

где IAF – значение уровня, SRF , SSF – входной и выходной темпы соответственно, IAF_0 – начальные условия.

Темпы потоков определяют существующие потоки между уровнями системы и отражают их активность. **Функции решений**, формирующие потоки, описываются алгебраическими уравнениями, правые части которых могут быть определены через кусочно – линейные функции.

Запаздывание определяет задержку между входным и выходными темпами. Соответствующая система дифференциально-алгебраических уравнений имеет вид

$$LEV'(t) = IN(t) - OUT(t),$$

$$LEV(0) = LEV_0,$$

$$OUT(t) = \frac{LEV(t)}{DEL},$$

где LEV – уровень в запаздывании, IN , OUT – входной и выходной потоки

соответственно, DEL – постоянная запаздывания.

Изложенный подход проиллюстрирован на примере модели производственно-сбытовой системы (ПСС), предложенной Форрестером [3]. Перевозка руды осуществляется с помощью автосамосвалов БелАЗ-7547 грузоподъемностью 45 тонн. Добытая руда из карьера «Интер» перевозится на промежуточный склад, находящийся на расстоянии один километр от карьера. Вместимость промежуточного склада - 45 000 тонн. Далее руда транспортируется на склад постоянного хранения, расстояние до которого от промежуточного склада составляет 18 километров. Вместимость постоянного склада – 200 000 тонн. В зависимости от нужд фабрики №3 руда подвозится с постоянного склада. Расстояние от постоянного склада до фабрики составляет четыре километра. Всего на перевозку руды с «Интер» задействовано пять автосамосвалов. Погрузка автосамосвалов в каждом пункте осуществляется последовательно с помощью одного погрузчика. Добыча и транспортировка руды происходит ежедневно. Поставка руды на обогатительную фабрику №3 осуществляется непрерывно с постоянным темпом. Целевой уровень добычи руды в год – 500 000 тонн.

Разработка модели

Модель содержит три уровня: руды на промежуточном складе, руды на постоянном складе, руды доставлено на фабрику.

Определено два состояния гибридной системы: «Обычное», при переходе в которое ничего не происходит, и «Начало погрузки», в котором скачкообразно изменяется значение дифференциального уравнения для времени с начала последней погрузки. На следующем шаге интегрирования сразу же происходит переход в состояние «Обычное» из состояния «Начало погрузки». На вход блока поступают следующие значения: номер дня, целая часть модельного времени; уровень руды на промежуточном складе; уровень руды на постоянном складе. На выход поступает значение времени с начала последней погрузки. К выходу блока подключена нелинейная функция, моделирующая один цикл погрузки автосамосвалов, начиная с нулевого момента времени.

Машинные эксперименты

Проведём следующий эксперимент. Добыча руды останавливается на 30 дней (с 100 по 130 день). Остальные параметры модели остаются

неизменными. На рисунке 3 представлены графики изменения уровней руды на складах и суммарного количества руды, доставленной на фабрику. До 100 дня система находится в квазиустойчивом состоянии, как и в первом сценарии эксперимента. Начиная с 100 дня прекращается поставка руды на промежуточный склад. Уровень руды на промежуточном складе на промежуточном складе составил чуть менее 75% от номинального объёма, а на постоянном складе превысил 75% номинального объёма. Это приводит к остановке транспортировки руды между промежуточным и постоянным складами. Уровень руды на

промежуточном складе остаётся неизменным, а на постоянном уменьшается до 118 дня. На 118 день уровень руды на постоянном складе становится ниже комфортного в 75% от номинального, перевозка руды с промежуточного склада на постоянный возобновляется, уровни руды на складах стабилизируются. Начиная со 130 дня, добыча руды возобновляется, система вновь приходит в квазиустойчивое равновесие. За весь период простоя карьера доставка руды на фабрику не прекращалась и не уменьшалась за счёт исходных запасов руды на складах.

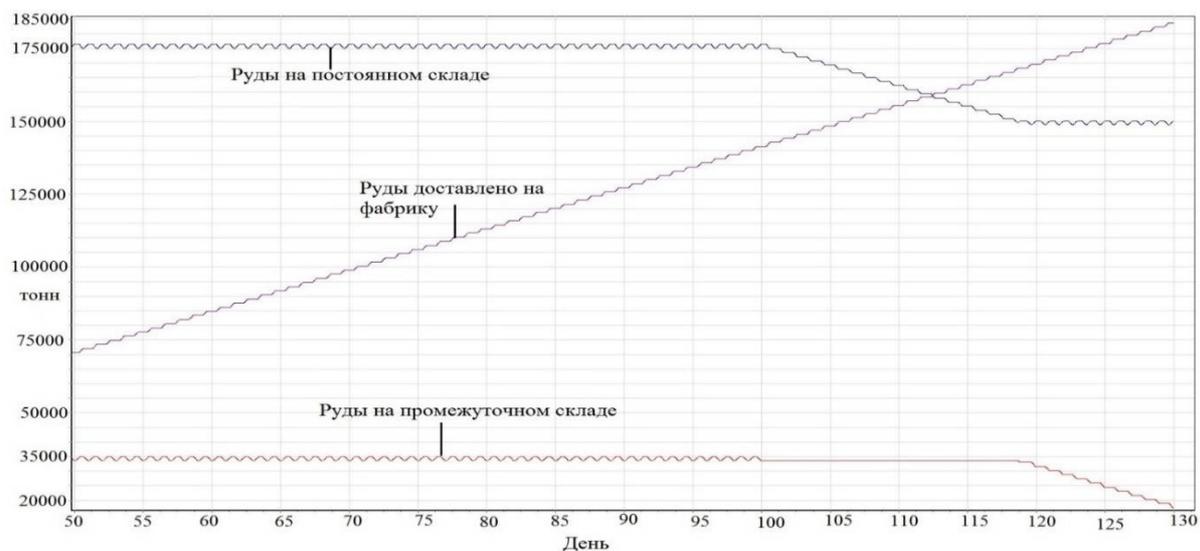


Рис. Результаты машинного эксперимента «Приостановка добычи руды на 30 дней»

Заключение

В результате решены следующие задачи:

1. Систематизирована модель ПСС Форрестера с конкретными параметрами
2. Предложен новый формализм для уровней, темпов и запаздываний с использованием задачи Коши.
3. Разработана и исследована структурно – текстовую модель ПСС в новом формализме в окружении ИСМА.
4. Разработана модель и подобраны реальные параметры технологического процесса транспортировки руды в ГОК ИНТЕР с учетом плановых показателей.
5. Выполнено компьютерное моделирование технологического процесса транспортировки руды в ГОК ИНТЕР с реальными показателями выполнения плана по добыче и транспортировке кимберлитовой руды.

В результате наработанного материала с адекватными моделями и реальными параметрами подготовлена математическая база для опертивного принятия объективных решений в неблагоприятных ситуациях нарушения штатного режима выполнения техпроцесса.

Список использованных источников

1. Калиткин Н.Н. Численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 592 с.
2. Shornikov, Yu. V. Computer simulation of hybrid systems by ISMA instrumental facilities / Yu. V. Shornikov, M. S. Myssak, D. N. Dostovalov // Recent advanced in mathematical methods in applied sciences: proc. of the 2014 intern. conf. on mathematical models and methods in applied sciences (MMMAS'14), proc. of the 2014 intern. conf. on economics and applied statistics (EAS'14), Saint Petersburg, 23–25 Sept. 2014. – (Mathematics and computers in science and engineering; vol. 32). – Saint Petersburg, 2014. – P. 257-262. – ISSN 2227-4588, ISBN 978-1-61804-251-4.
3. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.:Прогресс, 1971. 342с.
4. Шорников Ю.В. Модели системной динамики в окружении ИСМА_2015 / Ю.В. Шорников, В.Л. Кириллов, А.В. Бессонов, Е.А. Попов // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета №4(82) 2015. с. 122-135.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ильясова И. Э.

Кочегуров А. И.

Томский политехнический университет
ilmira13121993@yandex.ru

Введение

В настоящее время сложные сигналы широко применяются в радиолокации, навигации и связи, акустике и ряде других направлений, связанных, прежде всего, с передачей информации в дисперсионных средах [1, 2]. Особое место занимает использование сложных сигналов в геофизике при изучении строения земной толщи [3, 4].

Как известно из радиотехники, сложными сигналами называются сигналы, у которых база B больше единицы [5]:

$$B = T \cdot F, \quad (1)$$

где T – длительность сигнала;

F – полоса частот, в которой сосредоточена основная энергия сигнала.

Придерживаясь данного определения, нетрудно показать, что сейсмические сигналы относятся к классу сложных сигналов. Действительно, длительность сейсмических сигналов составляет порядка 80-100 мс, а полоса частот покрывает 100 Гц, тогда база $B = 8 - 10$.

Целью данной работы является разработка и исследование возможности определения временного положения сложных сигналов на основе вейвлет-преобразования.

Построение математической модели сейсмической записи

Предположим, что на некотором интервале записей наблюдаются сейсмические сигналы, регистрируемые на фоне нерегулярных помех. По сейсмограмме перемещается окно анализа, которое в каждый момент вырезает фиксированный участок записи. Математическая модель такого участка может быть представлена в виде:

$$x(t) = S(t - \tau) + N(\tau), \quad (2)$$

где $S(t - \tau)$ – полезные сейсмические сигналы, по которым ведётся интерпретация;

$N(\tau)$ – аддитивный нерегулярный шум, с числовыми характеристиками m_x σ_x^2 ;

τ – временное положение сейсмического сигнала.

Таким образом, любую сейсмограмму можно рассматривать как сумму двух независимых процессов: сигнального, представляющего собой наложение большого числа волн одинаковой формы, и шумового.

Далее сделаем некоторые допущения относительно сигналов и помех. Будем считать, что в (2) сигнал имеет заданную форму и интенсивность, неизвестный параметр – только τ .

$$S(t - \tau) = a_0 * e^{-\beta^2 * (t - \tau)^2} * \cos(2\pi f(t - \tau) + \varphi) \quad (3)$$

– сейсмический сигнал, который описывается с помощью «колокольной» огибающей функции, в литературе часто называемый импульсом Пузырёва (где a_0 – амплитуда, β – коэффициент, определяющий затухание импульса, f – основная частота, φ – начальная фаза).

Определение временного положения сложных сигналов на основе дискретного преобразования Фурье

Хорошо известно, что информация о временном положении сигналов находится в их фазочастотной характеристике (ФЧХ) [6], которая для случая сложных сигналов показывает, насколько одни гармоники запаздывают или опережают другие. Поэтому оптимальный метод обработки ФЧХ реализует оптимальную процедуру определения временного положения сигналов [6, 7]. Для вычисления ФЧХ используется дискретное преобразование Фурье (ДПФ) [8]. На рис. 1 приведена ФЧХ для сейсмоимпульса, рассчитанная на основе ДПФ. Эта характеристика и определяет временное положение сигнала. Подробный анализ измерения временного положения сложного сигнала на основе расчёта ФЧХ приведён в [9] и, по-видимому, не требует дополнительных исследований. Рассмотрим возможность оценки временного положения сложных сигналов на основе вейвлет-преобразования (ВП).

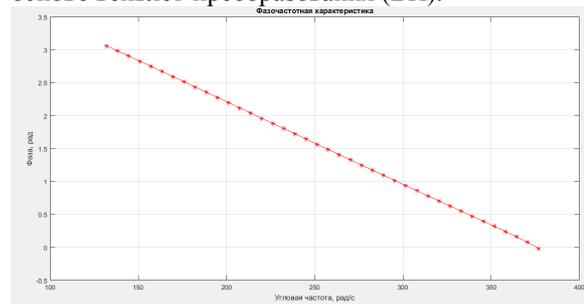


Рис. 1. ФЧХ

Вейвлет-преобразование сложных сигналов

Спектрально-временное представление сложных сигналов на основе вейвлет-преобразований можно представить с помощью рис. 2 и 3, на которых показано выделение сигналов на фоне аддитивных гауссовых помех. Так, на рис. 2 показан зашумлённый сигнал, а на рис. 3 – восстановленный для различного отношения сигнал/шум.

Данные вычисления проводились на построенной модели волнового сейсмического поля на основании методики, изложенной в работах [10].

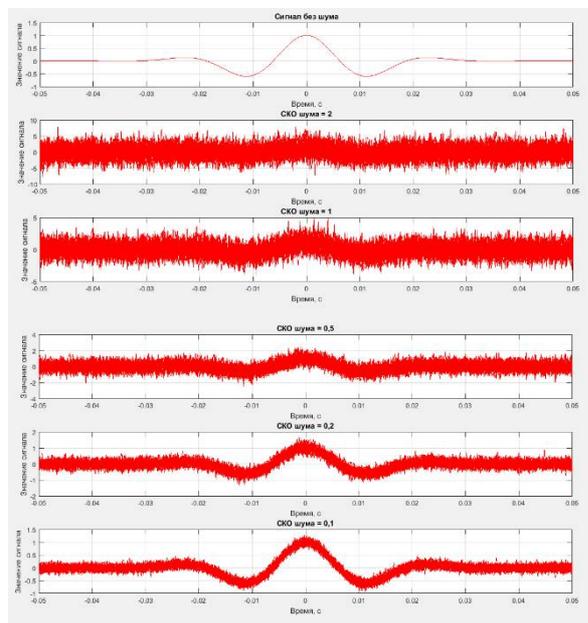


Рис. 2. «Чистый» сигнал и сигнал с шумом с различным СКО

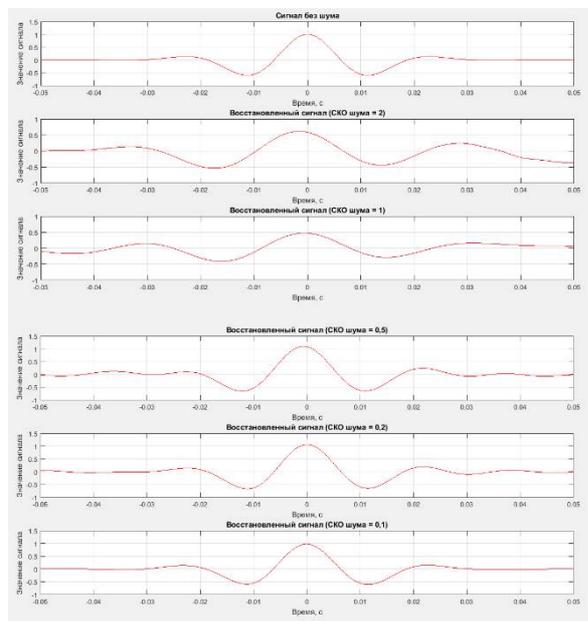


Рис. 3. Восстановленные сигналы

Анализ результатов

Из приведённых рисунков видно, что ВП позволяет достаточно точно восстанавливать сигналы при наличии интенсивных помех. Следовательно, это преобразование может быть использовано для выделения экстремумов записи, которые, как правило, привязываются к временному положению сигналов.

Таким образом, на основе ВП может быть разработан эффективный алгоритм определения временного положения.

Заключение

По результатам работы можно сделать выводы:

- на основе спектральных и спектрально-временных представлениях сложных сигналов могут быть реализованы достаточно эффективные методы определения их временного положения;
- в этом плане для оценки временного положения сейсмических сигналов, наряду с уже широко используемым ДПФ, предлагается применять вейвлет-преобразование;
- проведённые исследования ВП на построенной модели волнового поля показали, что применение данного преобразования оказывается весьма полезным, так как обеспечивает высокую точность восстановления формы, в отличие от фазочастотных алгоритмов.

Список использованных источников

1. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Сов. Радио, 1966.-667с.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. Радио, 1974. – кн.1. – 552с.
3. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсморазведка. Учебник для вузов. –Тверь: Изд-во АИС, 2006. -744 с.
4. Гринь Н.Е. Исследования структуры и свойств среды по динамике сейсмических волн. – Киев: Наукова думка, 1979.-216 с.
5. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Сов. Радио, 1978.-304 с.
6. Худяков Г.И. О потенциальной точности определения временного положения флюктуирующих сигналов.- Вопросы радиоэлектроники. Общие вопросы радиоэлектроники, 1984, вып.8, с. 55-60.
7. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик. Геология и геофизика, 1988, № 9, с.77-83.
8. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — 2-е. — Спб: Питер, 2006. — С. 751.
9. Кочегуров А.И. Анализ алгоритмов измерения временного положения сложных сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик // Проблемы информатики. 2011. №. 2(10). С. 44-50.
10. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования. – Новосибирск: НГТУ, 2003.

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ЗАДАЧ САПР МЕТОДОМ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Курейчик В.М., Сафроненкова И.Б.
Южный федеральный университет
irishkin050788@mail.ru

Введение

Использование онтологий хорошо себя зарекомендовало во всех областях, где необходима структуризация и классификация больших массивов информации, в т.ч. это архивация и защита данных, обучение классификаторов, базы знаний для интеллектуальных САПР (ИСАПР) и многое другое [1]. Но, несмотря на обширный инструментарий, существующий для создания онтологий, их разработка остается сложной и интересной задачей. В качестве одного из методов разработки онтологии авторами данной работы предлагается использовать метод иерархической кластеризации данных на примере кластеризации задач САПР.

Некоторые сведения об онтологии

Под онтологией (ОНТ) понимается иерархически структурированное множество терминов, описывающих предметную область, которая может быть использована как исходная структура для базы знаний. ОНТ состоят из: классов, экземпляров, понятий, атрибутов, отношений. Экземпляры – это основные компоненты ОНТ нижнего уровня. Они могут представлять собой любые физические и абстрактные объекты. Понятия или классы – это группы или наборы любых объектов. Иногда ОНТ представляют как совокупность трех составляющих: концепты; объекты; атрибуты. Отметим, что концепты – это аналогии классов ОНТ. Объекты – это аналоги экземпляров ПрО. Объекты в ОНТ часто имеют атрибуты. Каждый атрибут имеет имя, значение и хранит информацию, относящуюся к этому объекту.

Формальная модель онтологии (О) – это кортеж длины три:

$$O = \langle M, \Psi, F \rangle,$$

где F – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях онтологии;

M – конечное множество понятий ПрО

Ψ – конечное множество отношений между понятиями ОНТ, $\Psi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ [2].

Иерархическая кластеризация

Задача кластеризации – разбиение имеющегося множества объектов данных на подмножества таким образом, что элементы одного подмножества существенно отличаются по некоторому набору свойств от элементов всех других подмножеств [3]. Метод иерархической кластеризации удобно представить визуально.

Пусть схожесть групп будет определяться их относительным расположением – чем группы ближе друг к другу, тем более они схожи [4]. Для демонстрации работы алгоритма кластеризации, рассмотрим следующий пример.

Постановка задачи: разработать онтологию задач САПР методом иерархической кластеризации набора образцов.

Пусть имеется множество, состоящее из пяти текстовых формулировок произвольно взятых задач САПР: {Task1, Task2, Task3, Task4, Task5}. Определим множество, состоящее из двух свойств {p1, p2}, каждое из которых может принадлежать какой-либо задаче САПР. В рамках поставленной задачи данные свойства определяют количество определенных слов, встречающихся в формулировке каждой из задач САПР (Таблица).

Таблица. Таблица для кластеризации.

Задача САПР	p1	p2
Task1	1	2
Task2	2	2
Task3	3	4
Task4	4	3
Task5	4	1

Данные образцы представим на двумерной диаграмме, где по оси x отложено свойство p1, а по оси y – p2. Для простоты будем считать: Task1 = A, Task2 = B, Task3 = C, Task4 = D, Task5 = E (рис.1)

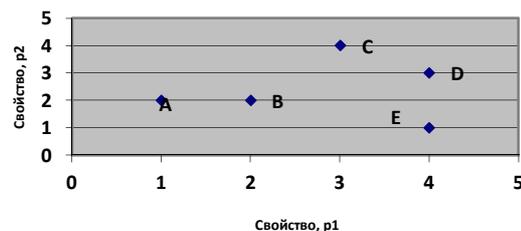


Рис.1. Диаграмма образцов задач САПР

Из диаграммы видно, что ближайшими соседними элементами являются элементы A и B. Соответственно они и образуют первый кластер, который будет расположен на усредненных координатах, включенных в него образцов. Следующими ближайшими соседями, образующими новый кластер (назовем его DE), являются элементы D и E. На следующем этапе новый кластер образуется путем слияния кластера DE и C. Далее происходит объединение кластеров AB и CDE. На последнем этапе получаем кластер ABCDE. Для определения подобия (близости) двух

групп авторы предлагают использовать коэффициент Пирсона, который рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}}$$

где x и y – образцы задач САПР.

Кластеризация как метод разработки онтологии

Алгоритм иерархической кластеризации строит иерархию групп, объединяя на каждом шаге две самые похожие группы. Стоит отметить, что такой алгоритм может быть применен к разработке онтологической модели, поскольку при построении онтологии также используют иерархический подход. При построении онтологий возможны варианты: нисходящий подход (начинается с определения концептов), восходящий подход (начинается с определения классов, подклассов, экземпляров и т.д.) [5].

Теперь адаптируем терминологию, используемую при иерархической кластеризации применительно к онтологическому моделированию в рамках поставленной задачи.

Под группой будем понимать набор образцов задач САПР, которые являются объектами онтологии. Вначале каждая группа состоит из одного объекта, в данном случае – одной задачи САПР. На каждой итерации вычисляются попарные расстояния между наборами объектов, и группы, оказавшиеся самыми близкими, объединяются в новую группу, которая является классом онтологии. Под свойствами объектов будем понимать атрибуты объектов онтологии. Для вычисления близости классов используется корреляционный коэффициент Пирсона, который показывает связь между классами. Так повторяется до тех пор, пока не останется всего один класс. Под таким конечным классом будем понимать некий концепт предметной области. В качестве примера разработан фрагмент онтологии задач САПР (рис. 2). Из рисунка 2 видно, что имеется четыре класса задач: «Компоновка», «Размещение», «Получение КТД» и «Трассировка». Для задач «Компоновка» рассмотрены образцы: «Компоновка_в_модуль», «Компоновка_в_ячейку», «Компоновка_в_панель». Из модели видно, что задачи «Компоновка» имеют атрибуты «Критерии», которые выражены как «Плотность_компоновки», «Минимум_соединений».

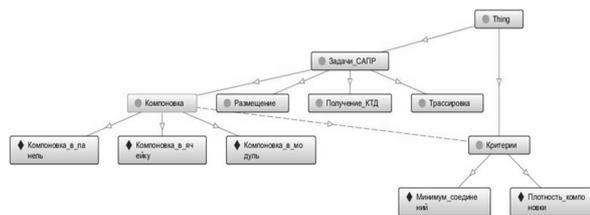


Рис.2. – Фрагмент онтологии задач САПР в среде Protégé 4.2

Заключение

Предложен новый метод разработки онтологий предметной области САПР. В основу данного метода положена иерархическая кластеризация, позволяющая структурировать большие массивы данных, путем создания онтологических моделей. Далее такие онтологии предлагается использовать в качестве хранилища знаний в различных интеллектуальных системах, в т.ч. ИСАПР. Использование для расчета близости классов коэффициента Пирсона позволяет сравнивать задачи с различным количеством слов, что актуально в рамках поставленной задачи.

Список использованных источников

1. Муромский А.А., Тучкова Н.П. В.С. Использование онтологического подхода для защиты данных при их пересылке и архивации // Онтология проектирования, 2016, Т. – 6, N 2(20). - С. 136-145.
2. Курейчик В.М. Обработка информации на основе онтологий // Тр. Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15». Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – Т. 2. – С. 63-75.
3. Интуит. Национальный открытый университет. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/166?page=4>, свободный (дата обращения: 10.10.2016).
4. Сегаран Т. Програмируем коллективный разум. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2015.
5. Курейчик В.М., Медведева И.Б. Построение онтологий систем автоматизированного проектирования // Труды международной научно-технической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2015» – М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, 2015.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КЛАСТЕРИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ В ФАКТОРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Новосельцева Д.А.

Научный руководитель: к.ф.м.н., доцент Михальчук А.А.

Томский политехнический университет

e-mail: dary_2503@mail.ru

Введение

В настоящее время в связи с введением федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) третьего поколения весьма актуальным является вопрос о компьютерном анализе вступительных испытаний абитуриентов. Анализ содержания ФГОС ВПО позволяет сделать вывод, что приоритетной задачей управления качеством образования на современном этапе выступает оценка качества освоения основных общеобразовательных программ, включающая результаты единого государственного экзамена (ЕГЭ). Контроль качества общего образования, в частности результатов ЕГЭ, даёт возможность оценить качество набора абитуриентов, приобретает характер мониторинга или непрерывного контроля для постоянного отслеживания результатов образования, хода образовательного процесса, необходимого для систематической корректировки мероприятий по их реализации. Целью данной работы является кластеризация российских вузов в факторном пространстве показателей вступительных испытаний (ПВИ) по направлению подготовки ядерные физика и технологии (НПФ).

Результаты статистического анализа

В качестве базы данных взяты данные 16-ти ВУЗов по следующим 8-ми показателям: $ЕГЭ_{15}$ - средний балл ЕГЭ зачисленных в 2015 году, $ЕГЭ_{14}$ - средний балл ЕГЭ зачисленных в 2014 году, $ДЕГЭ$ - динамический показатель (разность ЕГЭ 2015 и 2014 гг.), N - количество студентов, зачисленных на бюджетные места, N_C - количество студентов, зачисленных на бюджетные места по результатам конкурса, N_{TS} - количество студентов, зачисленных на целевые места, N_L - количество студентов, зачисленных на бюджетные места по льготам, N_O - количество студентов, зачисленных на бюджетные места по результатам олимпиады. Таким образом, созданная в MS Excel база данных впоследствии использовалась в пакете Statistica [2] для статистического анализа данных.

Согласно проверке ПВИ на корреляционную зависимость были выявлены значимые корреляционные зависимости, на основе которых можно выделить 3 группы ПВИ $\{ДЕГЭ\}$, $\{ЕГЭ_{14}, ЕГЭ_{15}\}$, и $\{N, N_C, N_{TS}, N_L, N_O\}$. Причем различия между коэффициентами Спирмена R и Пирсона r

незначимые (например, для $ЕГЭ_{14}-ЕГЭ_{15}$ $r=0,90$ $R=0,93$ $p \approx 0,6 > 0,1$).

На рис. 1 изображена дендрограмма (древовидная диаграмма или иерархическое дерево) корреляционной матрицы ПВИ, полученная в результате древовидной кластеризации. В качестве меры близости ПВИ использовано корреляционное расстояние $1 - r$, где r - коэффициент корреляции Пирсона, а в качестве правила объединения для двух кластеров использован метод Уорда (Варда).

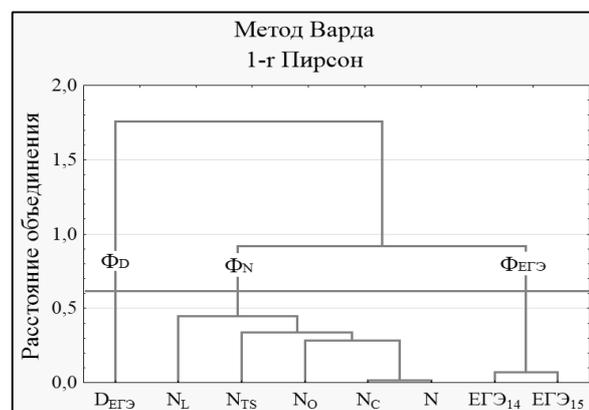


Рис. 1. Горизонтальная дендрограмма корреляционной матрицы ПВИ

Наличие корреляционной связи ПВИ позволяет использовать факторный анализ для сокращения числа показателей и определения структуры взаимосвязей между ПВИ. С помощью метода главных компонент получена 3-мерная факторная модель. Факторные нагрузки первоначальных ПВИ разделились по факторам следующим образом: фактор 1 – фактор численности Φ_N характеризуется положительной корреляционной связью с N, N_C, N_L, N_{TS}, N_O и интерпретируется как фактор численности поступивших по НПФ; фактор 2 – фактор Φ_D характеризуется положительной корреляционной связью с $ДЕГЭ$ и интерпретируется как фактор динамики; фактор 3 – фактор вступительных испытаний $\Phi_{ЕГЭ}$ характеризуется положительной корреляционной связью с $ЕГЭ_{15}$ и $ЕГЭ_{14}$, и интерпретируется как фактор проходного балла по ЕГЭ (табл. 1).

При проведении кластеризации вузов по НПФ методом древовидной кластеризации (рис.2) в построенном трехфакторном пространстве $\{\Phi_N, \Phi_D, \Phi_{ЕГЭ}\}$ в качестве мер близости выбраны Евклидово расстояние и расстояние городских кварталов, а в качестве правила объединения двух

кластеров использован метод Уорда. В результате кластеризации было получено устойчивое разбиение 16 ВУЗов на 7 кластеров.

Таблица 1. Матрица факторной структуры
ПВИ вузов по НПФ 2015 г.

Показатель	Φ_N	Φ_D	$\Phi_{ЕГЭ}$
ЕГЭ ₁₅	0.280	0.06	0.949
ЕГЭ ₁₄	0.263	-0.308	0.904
Д _{ЕГЭ}	-0.020	0.984	-0.106
N	0.950	-0.041	0.261
N _C	0.929	-0.011	0.185
N _{TS}	0.772	-0.212	0.345
N _L	0.586	-0.222	0.554
N _O	0.779	0.119	0.448
Доля фактора	0.433	0.147	0.307

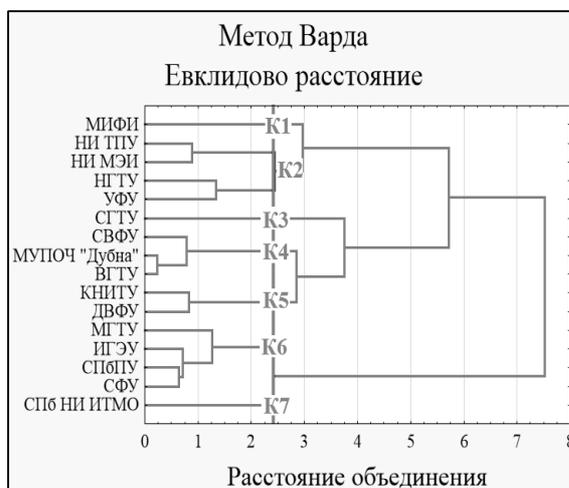


Рис.2. Горизонтальная дендрограмма вузов по
НПФ в пространстве $\{\Phi_N, \Phi_D, \Phi_{ЕГЭ}\}$

Согласно параметрическому F-критерию кластеры групп ВУЗов различаются высоко значимо по Φ_N и $\Phi_{ЕГЭ}$ (уровень значимости $p < 0,0005$) и статистически значимо по Φ_D (на уровне значимости $0,005 < p \approx 0,018 < 0,05$). Непараметрический ранговый критерий Краскела-Уоллиса сглаживает различия до статистически значимых по Φ_N и $\Phi_{ЕГЭ}$ (уровень значимости $0,005 < p < 0,05$) и слабо незначимого по Φ_D (на уровне значимости $0,1 < p \approx 0,16$).

Согласно апостериорным параметрическим критериям можно выделить для каждого фактора однородные (различающиеся незначимо, то есть на уровне $p > 0,10$) группы кластеров, расположенные в порядке убывания факторных средних:

Φ_N : {K1}, {K2}, {K5, K4, K3}, {K4, K3, K6}, {K3, K6, K7}.

Φ_D : {K3}, {K4, K1, K6}, {K1, K6, K2, K5}, {K5, K7}.

$\Phi_{ЕГЭ}$: {K1, K6, K7}, {K7, K3}, {K3, K2}, {K4, K5}.

По непараметрическому ранговому критерию Краскела-Уоллиса:

Φ_N : {K1, K2}, {K5, K4, K3, K6, K7}.

Φ_D : {K3, K4, K1, K6, K2, K5, K7}.

$\Phi_{ЕГЭ}$: {K1, K6, K7, K3}, {K3, K2}, {K4, K5}.

Итоги кластерного анализа наблюдений по совокупности факторов, учитывая результаты множественных сравнений кластерных средних для каждого фактора, дают возможность провести классификацию наблюдений следующим образом: «Лидер» – (+2; +3), «Выше среднего» – (0,75; 2), «Средний» – (-0,75; +0,75), «Ниже среднего» – (-2; -0,75).

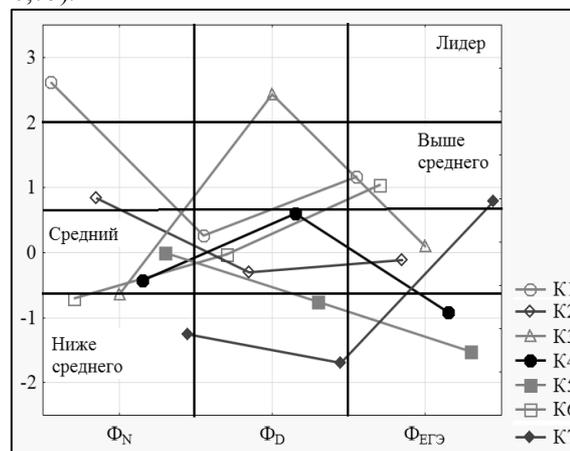


Рис.3. Линейные графики факторных средних
кластеров вузов по НПФ

Заключение

1. На основании корреляционного анализа выявлены 3 группы исходных показателей: $\{D_{ЕГЭ}\}$, $\{ЕГЭ_{14}, ЕГЭ_{15}\}$, и $\{N, N_C, N_{TS}, N_L, N_O\}$, что позволило с помощью факторного анализа построить 3-х факторную модель $\{\Phi_N, \Phi_D, \Phi_{ЕГЭ}\}$.

2. В рамках кластерного анализа в 3-х мерном факторном пространстве $\{\Phi_N, \Phi_D, \Phi_{ЕГЭ}\}$ построена 7-ми кластерная высококачественная модель 16-ти вузов по НПФ. Для каждого факторного показателя выделены группы однородных кластеров и оценен уровень значимости различий неоднородных кластеров.

3. Результаты кластерного анализа вузов по НПФ по совокупности показателей позволяют провести качественную классификацию вузов по НПФ в номинальной шкале измерений. Так, например, кластер K1 (МИФИ) является абсолютным лидером по числу обучающихся по НПФ; такие ВУЗы, как МГТУ, СПбПУ имеют уровень «выше среднего» по ФЕГЭ; а НИ ТПУ, входящий в кластер K2, имеет уровень «выше среднего» по Φ_N , «средний» - по Φ_D , «средний» - по $\Phi_{ЕГЭ}$.

Литература

1. Качество бюджетного приема в государственные вузы // URL: <http://www.hse.ru/ege/>

2. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С УЧЕТОМ СКОРОСТИ ВЕТРА И ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

Лаутеншлегер Н.Н.

Научный руководитель: Перминов В.А. к. ф-м. н., профессор кафедры экологии безопасности жизнедеятельности

Томский политехнический университет

E-mail: Laut1994@mail.ru

Лесной пожар — это неконтролируемое распространение огня по лесному массиву. В любой ситуации даже небольшое возгорание может перерасти в стихийное бедствие [1]. Большинство лесных пожаров спровоцировано деятельностью людей. Лесные пожары наносят большой ущерб экосистеме страны, его последствия негативны и для биоты, и для атмосферы, гидросферы, литосферы. А экономический ущерб от лесного пожара исчисляется миллиардами рублей в год.

Возникновение и распространение лесных пожаров зависит от различных условий: метеорологических (скорости и направления ветра, температуры окружающей среды, состояния атмосферы и др.), состояния лесного массива (запаса и влагосодержания лесных горючих материалов, вида растительного покрова и т.д.), а также рельефа местности и других факторов. Наиболее опасным видом пожаров являются верховые. В связи с тем, что экспериментальные исследования верховых лесных пожаров являются очень трудоемкими и дорогостоящими, представляет интерес использование методов математического моделирования.

Актуальность темы обусловлена тем, что лесные пожары наносят катастрофический ущерб экосистеме страны, его последствия негативны для биосферы и атмосферы.

Целью работы явилось определение безопасных размеров противопожарных разрывов в зависимости от метеорологических условий и параметров лесного массива в различные моменты времени с помощью численного решения, что позволит исследовать процесс возникновения и распространения верхового лесного пожара в зависимости от скорости ветра и параметров лесного массива.

Пусть в бесконечном лесном массиве имеется очаг горения, заданный повышенной температурой. Предполагается, что очаг верхового пожара имеет конечные размеры и над пологом леса задана скорость ветра. Ось Ox_3 направлена вверх, а оси Ox_1 и Ox_2 — параллельно поверхности земли (ось Ox_1 совпадает с направлением ветра). Схема данного процесса представлена на Рис.1. Для описания данного процесса используется постановка задачи, полученная на основе математической модели пожаров предложенной А.М. Гришиным [1].

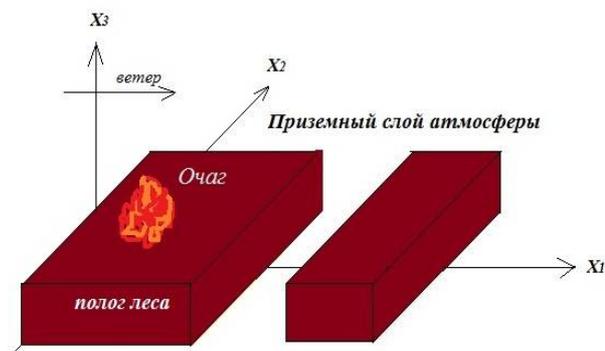


Рис. 1. Схема расчётной области

Так как вертикальные размеры лесного массива значительно меньше горизонтальных, трехмерная система дифференциальных уравнений, описывающая процессы переноса в лесном массиве [1,2], может быть проинтегрирована по вертикальной координате x_3 . Приводя основную систему уравнений к дивергентному виду, проинтегрируем по высоте от напочвенного покрова до уровня верхней границы полога леса. В результате получим двумерную нестационарную систему дифференциальных уравнений.

На основе изложенной математической постановки проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения и распространения верхового лесного пожара от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонент твердой фазы в различные моменты времени [3].

Так же ходе нашей работы исследуется такой параметр лесного массива, как противопожарные разрывы различного рода (просеки, дороги, поляны и т.д.). Были проведены численные расчеты для определения значений ширины разрыва, при котором пожар переходит его либо не преодолевает данный разрыв. Так же экспериментально получено минимальное расстояние разрыва, при котором фронт пожара останавливается и уже не распространяется на дальнейшие участки. На рисунках 2,3 представлено распределение изолиний изотермы газовой фазы \bar{T} ($\bar{T}=T/T_c$, $T_c=300\text{K}$): 1- 2., 2 – 2.6, 3 – 3, 4 – 3.5, 5 – 4. Изолинии концентрации

кислорода ($\bar{c}_1 = c_1 / c_{1e}, c_{1e} = 0.23$): 1 – 0.1, 2 – 0.5, 3 – 0.6, 4 – 0.7, 5 – 0.8, 6 – 0.9. Изолинии концентрации продуктов пиролиз \bar{c}_2 ($\bar{c}_2 = c_2 / c_{1e}, c_{1e} = 0.23$): 1 – 0.1, 2 – 0.05, 3 – 0.01. Изолинии объёмных долей фаз.

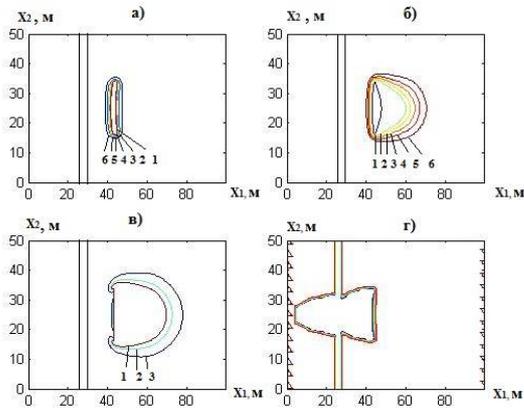


Рис.2. Распределения изолиний t, c_1, c_2 и объёмных долей фаз при наличии разрыва в 2,5м

При заданной влажности, запасе ЛГМ и скорости ветра пожар с лёгкостью пройдёт заданный разрыв в 2,5м. Далее рассмотрим график, в котором разрыв увеличен всего на 1 метр, и пожар уже не распространяется дальше.

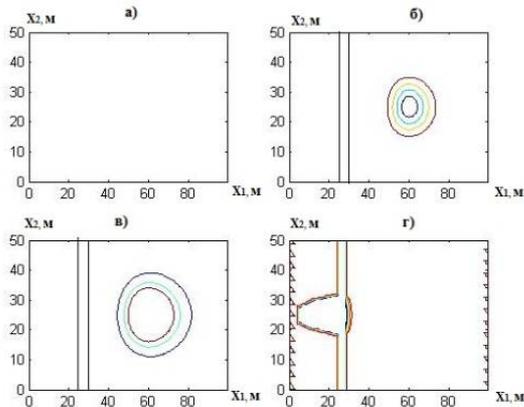


Рис.3. Распределения изолиний t, c_1, c_2 и объёмных долей фаз при наличии разрыва в 3,5м

На рисунках 2,3 представлены перечисленные выше характеристики, равномерно распределенные по всей области, где есть разрывы, на рисунке 2 разрыв составляет 2,5м, на рисунке 3 разрыв составляет 3,5 м. Изотермы газовой фазы и изолинии концентраций кислорода и продуктов пиролиза равномерно распределены по всей области. Фронт движется по направлению ветра (ось x_1) и расширяется в перпендикулярном направлении ветру по оси x_2 .

Предложенная в работе методика может быть использована для оценки размеров

противопожарных разрывов в зависимости от характеристик лесных массивов. Проведённое исследование может стать основой для разработки новых усовершенствованных способов борьбы с лесными пожарами, а также методик по профилактике данного явления.

В ходе данной работы проведено математическое моделирование возникновения и развития верховых лесных пожаров. Получены данные о предельном распространении пожара, найдены конечные размеры противопожарных разрывов (ширина и длина), при которых фронт горения не распространяется. Проведена оценка эффективности размеров противопожарных разрывов для различных скоростей ветра.

Список используемой литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1992. –408 с.
2. Перминов В.А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров: Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Томск, 2011. –39 с.
3. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. -М.: Энергоатомиздат, 1984. –152 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ МЕТОДА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ PSM ПО ЦЕНЗУРИРОВАННЫМ ДАННЫМ

Журко Е.С.

Зенкова Ж.Н.

Томский государственный университет,
helena1993@mail.ru

Введение

Одним из наиболее популярных и довольно простых в применении методов ценообразования является метод Price Sensitivity Meter (PSM), разработанный Питером Ван Вестендорфом. PSM-метод базируется на выявлении ценовых предпочтениях представителей целевой аудитории, зафиксированных после того, как товар был ими предварительно опробован, использован или протестирован на протяжении некоторого периода времени. Очевидно, данное маркетинговое исследование может привести к большим затратам, поэтому для снижения стоимости проведения опроса целесообразно свести число опрашиваемых респондентов к минимуму. Также на практике не редки случаи, когда потребители затрудняются дать точные ответы на вопросы, задаваемые им в рамках исследования, а это приводит к появлению неполных, цензурированных данных, а значит, к необходимости модификации метода PSM.

Метод ценообразования PSM и его модификация

Суть метода PSM [1] заключается в следующем. Респондентам предлагается ответить на четыре вопроса:

- 1) При какой цене X_1 товар кажется Вам слишком дешевым, вызывающим сомнения относительно его качества?
- 2) При какой цене X_2 цена кажется Вам подходящей для совершения покупки?
- 3) При какой цене X_3 Вы сочтете её завышенной, но всё же купите товар?
- 4) Начиная с какой цены X_4 товар покажется Вам слишком дорогим для совершения покупки?

В результате полученных ответов формируется случайная выборка $(X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, X_{i4})$, $i = \overline{1, N}$, i -й элемент которой представляет собой четыре уровня цен, указанных i -м респондентом. По каждому вектору $\{X_{ij}\}$, $j = \overline{1, 4}$, строится эмпирическая функция распределения (э.ф.р.) по формуле:

$$F_N^{(j)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{[0, x]}(X_{ij}), \quad (1)$$

$$I_{[0, x]}(y) = \begin{cases} 0, & \text{если } y \notin [0, x]; \\ 1, & \text{если } y \in [0, x] \end{cases} - \text{индикаторная функция.}$$

Для $j=1$ и 2 строится оценка функции выживания

$$S_N^{(j)}(x) = 1 - F_N^{(j)}(x), \quad (2)$$

Далее функции, называемые кривыми ценовой чувствительности, отображаются на одном графике (Рис.1). Пересечения кривых образуют четыре точки: «минимально возможной», «оптимальной», «ожидаемой» цены и точку «максимально возможной цены». В качестве рекомендуемого диапазона устанавливаемых цен рассматривается отрезок от оптимального до ожидаемого уровня.

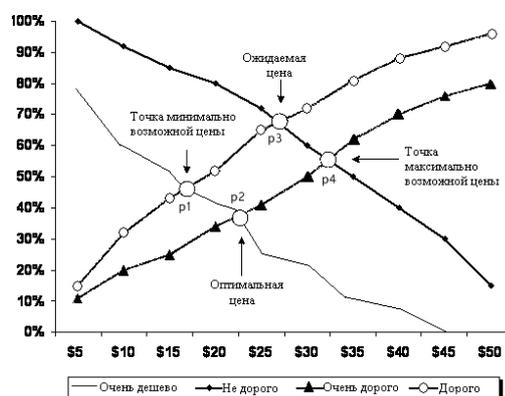


Рис. 1. Метод PSM

Метод PSM базируется на полных данных, когда респонденты готовы дать точные значения цен в ответах на вопросы. На практике же часто возникают ситуации, когда потребитель затрудняется дать точные ответы, а может указать некоторые интервалы. В данном случае в наборе данных появляются неполные, цензурированные значения. Для выборки, содержащей такие данные, применение формулы (1) недопустимо, вместо э.ф.р. следует использовать оценку Каплана-Мейера [2].

При увеличении доли цензурирования g и расширением области неопределенности дисперсия увеличивается [3, 4]. Малое число участников опроса также сказывается на результатах маркетингового исследования. Таким образом, возникает задача определения наименьшего допустимого значения объема выборки, при котором не происходит существенной потери точности оценивания, а также выявление влияния применения различных параметров и видов цензурирования на результаты метода PSM.

Поставленные задачи решались с помощью использования имитационного моделирования. В работе исследовалось однократно I типа справа и слева прогрессивное цензурирование. Вектор данных, полученный из ответов на третий вопрос,

подвергался правому или левому цензурированию, или оставался неизменным, при этом исследовалось смещение точек p_1 и p_3 от соответствующих им теоретических значений. Для построения $F_N^{(3)}(x)$ использовалась оценка Каплана-Мейера, а для оценок ф.р. по полным данным ($F_N^{(4)}(x)$, $S_N^{(1)}(x)$, $S_N^{(2)}(x)$) – формула (1).

В процессе имитационного моделирования фиксировалось значение $T_1=0.3$, параметр моделирования $M=10000$, изменялся объем выборки N ($N=6,7,\dots,12$), доля цензурирования g ($g=0.1,0.2,\dots,0.9$), а также T_1 . Выборки генерировались из равномерного распределения, с параметрами первой выборки – $R_{(0,1)}(x)$, второй – $R_{(0.2,1.2)}(x)$, третьей и четвертой – соответственно из $R_{(0.4,1.4)}(x)$ и $R_{(0.6,1.6)}(x)$. Теоретические значения искомым границ ценовых диапазонов: $p_1=0.7$; $p_2=0.8$; $p_3=0.8$; $p_4=0.9$. На каждом шаге моделирования $i=1,\dots, M$ был получен набор цен $\{\bar{p}_1, \bar{p}_2, \bar{p}_3, \bar{p}_4\}_i$, который впоследствии усреднялся. Очевидно, что цензурирование третьей выборки не изменяет значения \bar{p}_2 и \bar{p}_4 , поэтому в работе исследовались смещения оценок \bar{p}_1 и \bar{p}_3 от истинных(теоретических) значений цен.

Результат показал, что цензурирование слева приводит к большему смещению цен относительно соответствующих истинных значений, чем цензурирование справа при малых объемах N . Также в результате имитационного моделирования получен вывод о том, что при малых объемах выборки ($N \leq 12$) и в случаях, когда выборка содержит более 50 % цензурированных значений, т.е. $g > 0,5$, «ожидаемая цена» p_3 оказывается существенно завышенной относительно истинного значения. Заметим, что точка p_1 отклоняется от своего теоретического значения в меньшей мере, что продемонстрировано на рис.2.

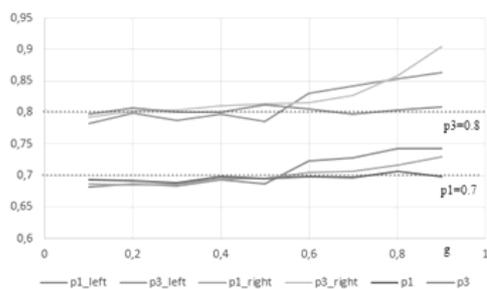


Рис.2. Зависимость рекомендуемых цен от g для $T_1=0.5$, $g=0.7$

Для нахождения наименьшего объема выборки и определения влияния параметров цензурирования на результаты метода исследовались эмпирические среднеквадратические ошибки (СКО) полученных

наборов значений точек пересечений [5]. Было выявлено, что СКО точки p_1 больше при левом цензурировании, чем при правом, при этом СКО точки p_3 больше при правом, чем при левом. [1] Данная особенность наблюдается и при изменении значения цензуры T_1 . Также результат моделирования указывает на тот факт, что при $N=10$ значение СКО является сравнительно небольшим и несущественно отличающимся от СКО, полученном при дальнейшем увеличении N .

Заключение

Таким образом, с помощью имитационного моделирования было выявлено влияние цензурирования на результаты метода PSM, получен вывод о том, что при определении цены на товар, следует внимательно относиться к виду цензурирования, а также к доле цензурированных значений, так как данные факторы определенным образом сказываются на результатах метода. Исследование показало, что при использовании малого объема выборки, следует избегать цензурирования слева. В результате работы также удалось определить наименьший допустимый объем выборки, а именно, число потребителей, участвующих в опросе.

Список использованных источников

1. Зенкова Ж.Н., Краковецкая И.В. Моделирование по неполным данным в логистике и маркетинге/ Логистические системы в глобальной экономике: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 1. Научно-исследовательский сектор / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013. – 332 с. С. 98-105.
2. Журко Е.С., Зенкова Ж.Н. Метод ценообразования PSM для цензурированных данных с учетом квантиля //Наука. Технологии. Производство. 2015. № 13. С. 13-16.
3. Боровков А.А. Математическая статистика. Новосибирск: Наука; Изд-во Института математики, 1997. – 772 с.
4. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В.М. Скрипник, А. Е. Назин, Ю. Г. Благовещенский. М.: Радио и связь, 1988. – 184 с.
5. Журко Е.С., Зенкова Ж.Н. Метод ценообразования PSM на основе цензурированных справа и слева данных //Труды Томского государственного университета. Серия физико-математическая. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. Т. 297. Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем: материалы III Всероссийской молодежной научной конференции. Томск, 22–23 мая 2015 г. С. 206-210.

ПРОГРАММА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ПО ШАБЛОНУ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Янь Фэнхуа, Цапко И.В.

Томский политехнический университет
250435126@qq.com

Введение

Компьютерное зрение опирается на информацию с видеокамер. Это могут быть и стереокамеры, и многокамерные системы. Использование базы трёхмерных объектов и текстур позволяет «понять», с чем именно столкнулся робот. Он отмеряет расстояние до объекта «воспринимая» пространство и, ориентируясь в нём, выделяет препятствия в зоне движения.

Зрение помогает роботу не просто работать с предметами и обстановкой, но и распознавать людей, их лица и жесты, опираясь на специальные программы распознавания. Эти данные в свою очередь запускают определённые сценарии поведения.

Применения компьютерного зрения

Работа с медицинскими изображениями: создание программных систем, которые могут улучшать набор изображений, выявлять на них важные моменты или события либо визуализировать информацию, полученную из изображений.

Различные технические проверки, когда по изображениям объектов определяется, соответствуют ли объекты спецификации [1].

Интерпретация фотографий, сделанных со спутника, как в военных целях (например, может потребоваться программа, выявляющая интересные, с военной точки зрения, события в указанном регионе или определяющая вред, нанесенный в результате бомбардировки), так и в гражданских (какой урожай кукурузы будет в этом году? сколько осталось тропических лесов?) [2].

Библиотека компьютерного зрения

Для реализации программы на языке C++ была использована библиотека компьютерного зрения OpenCV.

OpenCV – самая популярная библиотека компьютерного зрения. Она написана на C/C++, ее исходный код открыт, библиотека включает более 1000 функций и алгоритмов. Она разрабатывается с 1998 г., сначала в компании Интел, теперь в Itseez при активном участии сообщества. О высокой популярности библиотеки свидетельствует количество загрузок, их более 6000000.

Существуют библиотеки, более продвинутые по функциональности, например, Halcon. Есть библиотеки более специализированные, делающие акцент на какой-либо конкретной задаче,

например, libmv. Однако OpenCV – самая большая библиотека по широте тематики.

Библиотека распространяется по лицензии BSD, что означает, что ее можно свободно и бесплатно использовать как в открытых проектах с открытым кодом, так и в закрытых, коммерческих проектах. Библиотеку не обязательно копировать целиком в свой проект, можно использовать куски кода. Единственное требование лицензии – наличие в сопровождающих материалах копии лицензии OpenCV.

Из-за либеральной лицензии библиотека используется многими компаниями, организациями, университетами, например, NVidia, Willow Garage, Intel, Google, Stanford University. Компании NVidia и WillowGarage частично спонсируют ее разработку [3].

Программа детектирования объектов

Детектирование объектов — поиск объекта по шаблону. Детектирование объекта по шаблону может пригодиться во множестве случаев. Самый простой пример — поиск заранее заданного объекта [4].

Данная работа посвящена поиску определенных букв на изображении (в частности, необходимо было в тексте определить буквы «а» и подсчитать их количество).

В OpenCV детектирование объектов путем сравнения шаблона и перекрывающегося окна на исходном изображении осуществляется при помощи функции cvMatchTemplate():

```
CVAPI(void) cvMatchTemplate( const CvArr*  
image, const CvArr* templ, CvArr* result, int  
method );
```

где image — изображение для поиска;
templ — шаблон для поиска (не должен превышать исходное изображение и иметь тот же тип);
result — карта результата сравнения;
method — метод сравнения областей изображения, задается в виде перечисления:

```
enum{  
CV_TM_SQDIFF =0,  
CV_TM_SQDIFF_NORMED =1,  
CV_TM_CCORR =2,  
CV_TM_CCORR_NORMED =3,  
CV_TM_CCOEFF =4,  
CV_TM_CCOEFF_NORMED =5  
};
```

Функцию поиска можно приблизительно представить следующим образом: изображение шаблона `templ` последовательно накладывается на исходное изображение `image` и между ними вычисляется корреляция, результат которой заносится в результирующее изображение `result`. При этом, корреляция между двумя изображениями определяется параметром `method`.

В данной работе была использована следующая формула расчёта корреляции:

```
Method=CV_TM_SQDIFF
```

И получил результат.



Рисунок 1- результат через `cvMatchTemplate()`

В зависимости от выбранного метода корреляции, местоположение шаблона можно вычислить по минимуму или максимуму значения на исходном изображении. Для этого используется функция `cvMinMaxLoc()`:

```
CVAPI(void) cvMinMaxLoc( const CvArr* arr,  
double* min_val, double* max_val, CvPoint*  
min_loc CV_DEFAULT(NULL), CvPoint*  
max_loc CV_DEFAULT(NULL), const CvArr*  
mask CV_DEFAULT(NULL) );  
где arr — массив (изображение) для поиска;  
min_val — указатель на переменную для  
сохранения минимального значения;  
max_val — указатель на переменную для  
сохранения максимального значения;  
min_loc — указатель на точку местоположения  
минимума;  
max_loc — указатель на точку местоположения  
максимума;  
mask — маска для выбора подмассива.  
для приведения результата корреляции в  
«видимый» формат используется нормировка  
изображения при помощи функции cvNormalize():  
CVAPI(void) cvNormalize( const CvArr* src,  
CvArr* dst, double a CV_DEFAULT(1.), double b  
CV_DEFAULT(0.), int norm_type  
CV_DEFAULT(CV_L2), const CvArr* mask  
CV_DEFAULT(NULL) );
```

где `arr1`, `arr2` —исходное изображение;
`norm_type` — тип нормировки;
`mask` — маска.

Наконец мы используем функцию `cvRectangle()` для выделения прямоугольником найденных по шаблону букв «а».

Результат работы программы представлен на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 показано исходное изображение, на рисунке 2 показано изображение с найденными и выделенными в прямоугольники буквами.

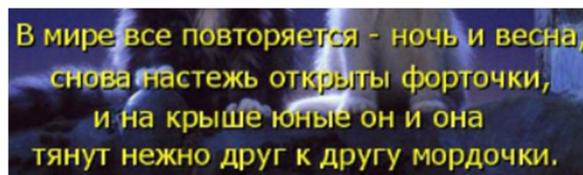


Рисунок 2 - Исходное изображение

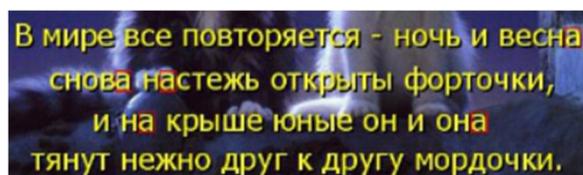


Рисунок 3 – Изображение, с найденными буквами

Заключение

В процессе выполнения задания были оценены достоинства библиотеки компьютерного зрения OpenCV для решения задачи детектирования. В ходе выполнения работы было определено наличие заданной буквы на изображении, а также все найденные совпадения выделены координатами прямоугольников.

Список использованных источников

1. Цапко И.В., Власов А.В. Выделение объектов на изображениях методом поиска границ регионов // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. № 9. С. 33-38.
2. Цапко И.В., Цапко С.Г., Гусакова Е.Г. Алгоритм создания трёхмерной сцены в 2DS MAX на основе двумерного снимка // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. № 4 (24). С. 107-112.
3. OpenCV шаг за шагом [Электронный ресурс]. – URL: <http://robocraft.ru/page/opencv/> (дата обращения 28.09.2016).
4. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library. - O'Reilly Media, 2008. – 580 p

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ВИДЕОПОТОКЕ

Власов А.В., Фадеев А. С.
Томский политехнический университет
andark@tpu.ru

Введение

В современном аграрном производстве процессы заготовки семян должны активно развиваться, чтобы следовать запросам общества. Традиционные методы очистки семян сейчас улучшаются за счет применения компьютерной обработки. Разные подходы объединяются в функциональные блоки для достижения более эффективных процессов очистки.

На сегодняшний день компьютерное зрение удачно ложится в концепцию распознавания и классификации объектов [1]. Применение технологий компьютерного зрения обычно выводит системы обработки на новый эффективный уровень, но в области распознавания семян, такое применение технологий еще недостаточно изучено [2,3]. Тем не менее этот подход в распознавании семян выглядит выгодным с различных точек зрения.

В статье приведено исследование и этап разработки метода, который позволил бы эффективно и точно классифицировать сорт семян и повысить точность процесса очистки зерен от сора перед посадкой.

Описание материалов и методов

Для решения задачи классификации семян зерновых культур на первоначальном этапе использовался тестовый набор входных данных – фотографий зерен. При условии отсутствия подходящих баз изображений с открытым доступом была собрана собственная база изображений с учетом требований поставленной задачи. В базу были собраны фотографии пяти сортов семян в сумме составляющие 550 изображений. Примеры изображений с зерном приведены на рисунке 1.

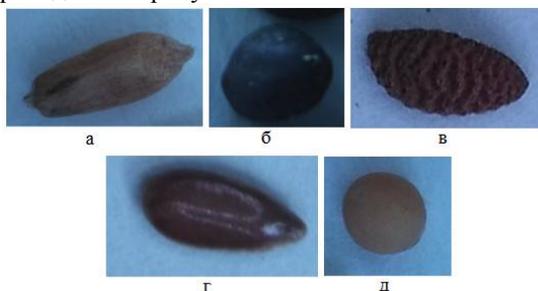


Рис. 1. Пример изображения для обучения: а – пшеница; б – рапс; в – фацелия; г – лён; д – горчица.

В качестве исследования применимости методов обработки изображений для данной задачи были использованы актуальные для современного компьютерного зрения

классификаторы на основе машинного обучения, а также рассмотрены варианты применения классификаторов на основе сверточных нейронных сетей. Реализация и применение алгоритмов, а также оценка результатов были произведены при помощи среды MATLAB и набора необходимых библиотек.

Машинное обучение

Классификация объектов на изображениях может проводиться с помощью различных методов, но учитывая особенности задачи методы компьютерного зрения являются наиболее подходящими и перспективными. К особенностям задачи относится требовательность к скорости распознавания объекта. Это связано с тем, что семена будут сыпаться перед камерой и при обнаружении движения в кадре, он будет передаваться на обработку. При обработке нужно максимально быстро выдать результат принадлежности к той или иной культуре (задана культура: определить принадлежность к ней) для дальнейшей передачи сигнала на устройство удаления сорного семени. Еще одной особенностью является точность распознавания. Необходимо максимально точно определять сорные семена, чтобы минимизировать число итераций сортировки для достижения нужной чистоты семян. Всем этим условиям теоретически удовлетворяют классификаторы на основе машинного обучения и глубинного обучения [4].

Под требования задачи подходит традиционное машинное обучение. При этом данный подход не требует большого количества исходных изображений для обучения и в сравнении с другими методами традиционный классификатор обучается заметно быстрее.

В основе метода лежит извлечение особенностей искомым объектов, кластеризация и составление из них словаря визуальных слов, по которому в дальнейшем будет происходить классификация (рисунок 2).

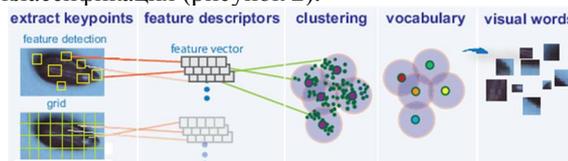


Рис. 2. Извлечение набора особенностей для изображений семян

Согласно теоретической базе MATLAB, традиционное машинное обучение ориентировочно дает точность 75-85%, а глубинное обучение на основе сверточных нейронных сетей может достигать точности в 95%

[5]. Второй вариант предпочтительнее для решения поставленной задачи, но более требователен к ресурсам проведения эксперимента, так как требует для обучения тысячи изображений каждого класса и высокие вычислительные возможности оборудования (рисунок 3).

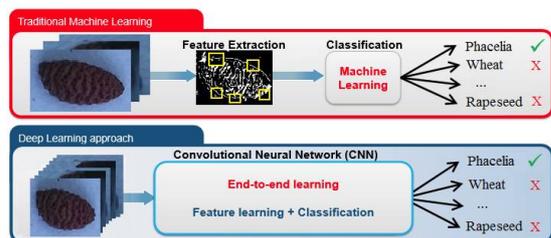


Рис. 3. Методы традиционного и глубинного машинного обучения

Опираясь на теоретические возможности и характеристики машинного обучения можно выдвинуть предположение, что успешные результаты применения более простого в реализации традиционного обучения покажут эффективность применения машинного обучения и оправданность проведения экспериментов с глубинным обучением в рамках поставленной задачи [6].

Для проверки предположения на полученном наборе изображений (рисунок 1) было решено произвести обучение традиционного классификатора. Для обучения были использованы библиотеки машинного обучения MATLAB. Основные этапы при обучении включали разделение изображений на обучающую и тестовую выборку, выделение набора особенностей, характерных каждому классу изображений и составление на их основе словаря (рисунок 2), затем производилось обучение классификатора и оценка результата его применения на тестовом наборе.

Результаты эксперимента

Согласно собраным данным, классификатор распознает отличающиеся культуры семян, те у которых формируются заметно различные наборы особенностей. При схожих визуальном сортах или плохом качестве изображения возможна ошибка.

В ходе тестовых обучений классификатора установлено оптимальное соотношение размеров обучающего и тестового набора в размере 0.3 к 0.7, а размерности словаря – 5000 слов. При этих значениях наблюдается оптимальное соотношение времени обучения и точности распознавания (таблица 1).

После оптимального подбора характеристик обучения был проведен ряд тестовых обучений классификатора в MATLAB. Удалось добиться результата со средним значением 82,56% точности распознавания принадлежности семян к определенной культуре.

Таблица 1. Зависимость точности классификации

Размер словаря, кол-во слов	Количество извлеченных особенностей	Метод к-средних, кол-во итераций	Среднее время на итерацию, с	Средняя точность, %
30000	169970	39	6.66	85.02
15000	167775	28	4.19	79.45
10000	183410	28	2.92	86.31
5000	138210	31	1.45	84.04
2000	119295	33	0.87	76.57
1000	134370	18	0.84	76.30
500	115330	30	0.68	75.97
100	168335	30	0.88	63.10
50	200640	34	1.04	61.90
10	165790	40	0.61	47.01

Заключение

После проведения эксперимента с традиционным машинным обучением установлена его эффективность в рамках задачи классификации семян зерновых культур на тестовых изображениях. Сопоставление полученного результата и теоретических возможностей различных методов машинного обучения подтверждают, что применение глубинного обучения даст желаемый результат с высокой вероятностью получения эффективного и точного классификатора семян на схожих изображениях и может применяться в дальнейших исследованиях.

Список использованных источников

1. Y. Fang, T. Chang, R. Zhai, and X. Wang, "Automatic recognition of rape seeding emergence stage based on computer vision technology," 2014 3rd Int. Conf. Agro-Geoinformatics, Agro-Geoinformatics 2014, 2014.
2. K. Kiratiratanapruk and W. Sinthupinyo, "Color and texture for corn seed classification by machine vision," 2011 Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPCS 2011, pp. 7–11, 2011.
3. I. V. Tsapko, A. V. Vlasov, "Object's border and position allocating in an X-ray image", Applied Mechanics and Materials, vol. 756, pp. 667-672, 2015.
4. F. N. Jawad Naji, Syed Khaleel Ahmed, "A MATLAB based Face Recognition System using Image Processing and Neural Networks," 4th Int. Colloquium Signal Process. its Appl., pp. 83–88, 2008.
5. MathWorks, (2016). Computer Vision Toolbox: User's Guide (R2016a). Retrieved August 18, 2016 from: <http://www.mathworks.com/discovery/feature-extraction.html>.
6. J. Schmidhuber, "Deep Learning in neural networks: An overview," Neural Networks, vol. 61. Elsevier Ltd, pp. 85–117, 2015.

К НЕУСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ГАЗА ВЛАСОВА-ПУАССОНА

Кисатов М. А., Губарев Ю. Г.
Томский политехнический университет
kisatov@mail.ru

Введение

Математическая модель Власова-Пуассона описывает динамику точечных масс в самосогласованном гравитационном поле [1]. Например, эта модель описывает скопления звезд в галактиках [2]. Для состояний динамического равновесия уже известно достаточное условие устойчивости, однако, ещё не было показано, что оно является необходимым (ни для малых возмущений, ни, тем более, для конечных).

Кинетические уравнения имеют связь с уравнениями гидродинамического типа, для которых, в свою очередь, существует метод доказательства необходимости достаточного условия устойчивости стационарных течений, которые эквивалентны состояниям равновесия.

Рассматриваются чисто радиальные движения частиц. В отличие от предыдущих трудов, где рассматривались поперечные по отношению к направлению вдоль радиуса сечения, будут рассматриваться продольные относительно траектории движения частиц [2].

Цель данной работы – доказать абсолютную линейную неустойчивость сферически симметричных состояний динамического равновесия газа Власова-Пуассона.

Постановка задачи

Изучаются радиальные движения бесконечного бесстолкновительного самогравитирующего газа Власова-Пуассона нейтральных частиц в сферической системе координат. Рассматриваемый безграничный бесстолкновительный самогравитирующий газ описывается системой кинетических уравнений Власова-Пуассона в сферической системе координат:

$$f_t + v f_r - U_r f_v = 0$$

$$(r^2 U_r)_r = 16\pi^2 r^2 \int_0^\infty f(r, v, t) v^2 dv$$

Начальные условия начально-краевой задачи:

$$f(r, v, 0) = f_0(r, v), \quad f = f(r, v, t) \geq 0$$

$$t \in [0, +\infty), \quad r, v \in [0, +\infty)$$

Граничные условия начально-краевой задачи:

$$f \rightarrow 0 \text{ при } v \rightarrow \infty$$

$$f, U \rightarrow 0 \text{ при } r \rightarrow \infty \text{ либо периодичны}$$

Где, f – неотрицательная функция распределения частиц, затухающая на бесконечности;

U – потенциал самогравитирующего поля;

r, v – радиальные координаты частицы, радиус

и скорость соответственно.

Ход доказательства

Хотим обратить уже известное достаточное условие устойчивости состояний равновесия по отношению к малым возмущениям той же симметрии:

$$\frac{d\left(U^0 + \frac{v^2}{2}\right)}{df^0} \geq 0 \quad (1)$$

Т. е. хотим показать, что условие (1) является также и необходимым. Однако, неизвестно, как это сделать в кинетическом описании, поэтому, выполняется переход к уравнениям гидродинамического типа. Для перехода к гидродинамическим уравнениям используется замена Захарова [3]. Таким образом, мы переписываем нашу начально-краевую задачу в терминах гидродинамических уравнений.

Для начально-краевой задачи гидродинамического типа также известно достаточное условие устойчивости:

$$\frac{d}{d\kappa^0} \left(\frac{u^{02}}{2} + U^0 \right) \geq 0 \quad (2)$$

Однако условие (2) справедливо не для всех возмущений, а именно для тех, для которых выполняется асимптотика:

$$\iint_0^\infty \frac{\partial}{\partial \vartheta} (u^0 \kappa^0 u'^2) d\vartheta dr \rightarrow 0 \quad (3)$$

Поскольку замена Захарова, с помощью которой производился переход от кинетических описания к гидродинамическому, - невырожденная и взаимно однозначная, то свойства решений кинетического описания и гидродинамического должны совпадать, однако, для уравнений кинетического типа существует достаточное условие устойчивости (1), а для уравнений гидродинамического типа условие (2) является достаточным условием устойчивости, если выполняется условие (3). Асимптотика (3), в свою очередь, образует неполный незамкнутый подкласс возмущений, поэтому появляются основания полагать, что решения рассматриваемой начально-краевой задачи абсолютно неустойчивы.

Чтобы подтвердить данное предположение, рассматривается подкласс возмущений, описываемый полем лагранжевых смещений.

После рассмотрения начально-краевой задачи в новой постановке становится ясно, что её решения абсолютно неустойчивы. Далее, наша следующая цель – описать рост возмущений. Для достижения

этой цели в терминах поля лагранжевых смещений рассматривается вспомогательный функционал :

$$M = 16\pi^2 \int_0^{\infty} \int \rho^0 \xi^2 d\vartheta dr$$

Затем для параметра $\lambda > 0$ выводится основное дифференциальное неравенство [4], содержащее вышеописанный функционал M , его первую и вторую производные:

$$\frac{d^2 M}{dt^2} - 2\lambda \frac{dM}{dt} + 2(\lambda^2 + \alpha)M \geq 0 \quad (4)$$

Неравенство (4), выведенное моим научным руководителем Губаревым Ю.Г., представляет собой линейное дифференциальное неравенство с постоянными коэффициентами. Неравенство (4) может быть дополнено счетным набором условий:

$$\left(\frac{\pi n}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right) > 0; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\frac{dM}{dt} \left(\frac{\pi n}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right) \geq 2\left(\lambda + \frac{\alpha}{\lambda}\right)M \left(\frac{\pi n}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right)$$

$$M \left(\frac{\pi n}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right) \equiv M(0) \exp\left(\frac{\pi n \lambda}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right) \quad (5)$$

$$\frac{dM}{dt} \left(\frac{\pi n}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right) \equiv \frac{dM}{dt}(0) \exp\left(\frac{\pi n \lambda}{2\sqrt{\lambda^2 + 2\alpha}}\right)$$

$$M(0) > 0, \quad \frac{dM}{dt}(0) \geq 2\left(\lambda + \frac{\alpha}{\lambda}\right)M(0)$$

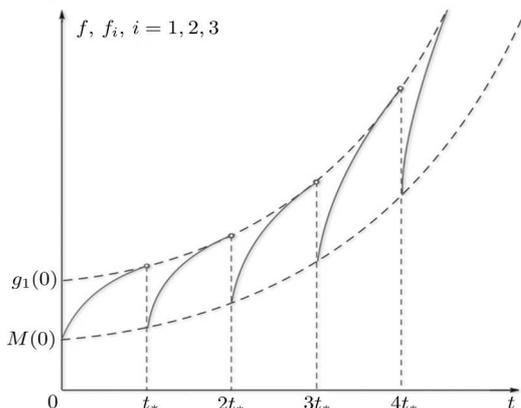
При выполнении условий (5) из основного дифференциального неравенства (4) вытекает априорная экспоненциальная оценка снизу:

$$M(t) \geq C \exp(\lambda t), \quad C = \text{const} > 0$$

Эта оценка указывает на тот факт, что функционал M растёт не медленнее, чем экспоненциально, таким образом, цель задачи достигнута, а именно, описан рост возмущений.

Поскольку данная оценка выведена без каких бы то ни было дополнительных ограничений на изучаемое состояние равновесия, то, тем самым, как раз и доказана абсолютная линейная неустойчивость исследуемых радиальных состояний динамического равновесия газа Власова-Пуассона относительно изучаемых возмущений того же типа симметрии.

Также рост возмущений предлагается посмотреть на рисунке:



Заключение

Первые два условия из (5) могут трактоваться как достаточные условия линейной практической неустойчивости. Таким образом, если эти условия выполняются, то исследуемое течение развивается в неустойчивом режиме, если же эти условия нарушаются, течение развивается в устойчивом режиме. Кроме того, в силу произвольности $\lambda > 0$, можно утверждать, что относительно малых возмущений в форме нормальных волн, условия (5) являются также и необходимыми.

Установленным здесь достаточным условиям линейной практической неустойчивости (5) присуща конструктивность, позволяющая применять их в качестве механизма тестирования и контроля при проведении физических экспериментов и выполнении численных расчетов. Более того, условия (5) могут трактоваться как численная процедура, которая построена без дискретизации соответствующих определяющих дифференциальных уравнений. Данный факт говорит о том, что с помощью условий неустойчивости (5) можно получать численные результаты, по степени своей точности, надежности и достоверности ни в чем не уступающие отвечающим им аналитическим результатам. Таким образом, впервые в истории стираются всякие различия между численными и аналитическими результатами.

Список использованных источников

1. Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001
2. Полянченко В.Л. Фридман А.М. Равновесия и устойчивость гравитирующих систем. М.: Наука, 1976
3. Чандрасекхар С. Эллипсоидальные фигуры равновесия М.: Мир, 1973
4. Губарев Ю.Г. критерий линейной устойчивости установившихся течений идеальной жидкости// С. 429-441

ОБЗОР РАСЧЕТНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Алтынов А.А., Богданов И.А., Киргина М.В.

Научный руководитель Киргина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

bogdanov_ilya@mail.ru

Введение

Из всех видов жидкого топлива дизельное топливо является первым по объему производства в Российской Федерации.

По данным Министерства Энергетики всего на НПЗ России за 2015 год было произведено 39,2 млн. тонн автомобильного бензина всех марок, 76,1 млн. тонн дизельного топлива, 9,6 млн. тонн авиационного керосина, 71,0 млн. тонн топочного мазута [1].

Вместе со стремительным ростом производства дизельного топлива ужесточаются и требования к его качеству. Наиболее важными показателями качества дизельных топлив являются цетановое число и низкотемпературные свойства (температура застывания, температура помутнения и предельная температура фильтруемости).

Контроль низкотемпературных свойств дизельных топлив имеет большой интерес и огромное практическое значение, что связано в большей степени с особенностями климатических условий Российской Федерации, а также с недостаточными мощностями нефтеперерабатывающих предприятий по выработке именно зимних и арктических дизельных топлив.

Расчетные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Несмотря на существование надежных методик экспериментального определения низкотемпературных свойств дизельных топлив, процесс их определения является дорогостоящим и очень длительным. Именно поэтому, задача разработки точных методов расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив, является одной из наиболее актуальных задач современной нефтепереработки.

Используя экспериментальные данные, полученные с нефтеперерабатывающего завода АО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОНПЗ», была проверена точность существующих формул для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив.

Существует способ расчета температуры застывания дизельных топлив, основанный на фракционном составе нефтепродукта [2]:

$$T_3 = 0,877 \cdot T_{96\%} - 321,7 \quad (1)$$

где $T_{96\%}$ – температура выкипания 96% по объему фракции, °C.

При расчете температуры застывания дизельных фракций (T_3) по формуле (1), в качестве

температуры выкипания 96% по объему фракции, была использована температура выкипания 95% по объему фракции. Результаты расчета представлены в таблице 1. Результаты расчета сравнили с экспериментальными данными по определению данного параметра.

Таблица 1. Результаты расчета температуры застывания по формуле (1)

№	$\Phi C_{95\%}$	$T_{з.эксп.}$	$T_{з.расч.}$	Δ
1	290,0	-50,0	-67,4	17,4
2	300,0	-46,0	-58,6	12,6
3	297,0	-44,0	-61,2	17,2
4	304,0	-42,0	-55,1	13,1
5	299,0	-42,0	-59,5	17,5
6	304,0	-42,0	-55,1	13,1
7	301,0	-39,0	-57,7	18,7
8	304,0	-38,0	-55,1	17,1
9	296,0	-43,0	-62,1	19,1
10	282,0	-55,0	-74,4	19,4
$\Delta_{ср}, °C$				16,5

Как можно видеть из результатов, представленных в таблице 1 средняя погрешность расчета температуры застывания составила более 16 °C, что является недопустимым и свидетельствует о невозможности использования данной формулы для прогнозирования температуры застывания дизельных топлив на НПЗ.

Температура помутнения может быть рассчитана как функция от средней температуры кипения дизельной фракции [3]:

$$\log(T_{п}) = -7,41 + 5,49 \cdot \log T_{cp} - 0,712 \cdot T_{cp}^{0,315} - 0,133 \cdot \rho_4^{15} \quad (2)$$

где T_{cp} – средняя температура кипения фракции, °C.

Расчет температуры помутнения дизельных фракций ($T_{п}$) был осуществлен по формуле (2), Результаты расчета представлены в таблице 2.

Результаты расчета сравнили с экспериментальными данными по определению данного параметра.

Таблица 2. Результаты расчета температуры помутнения по формуле (2)

№	ρ^{15}	$T_{cp.}$	$T_{п.эксп.}$	$T_{п.расч.}$	Δ
	г/см ³				
1	0,843	276	-9	-13,2	4,2
2	0,843	276	-9	-13,2	4,2
3	0,85	280	-12	-12,0	0,0
4	0,846	276	-10	-13,4	3,4
5	0,845	276	-7	-13,4	6,4
6	0,856	279	-11	-12,9	1,9
7	0,843	276	-9	-13,2	4,2
8	0,843	276	-9	-13,2	4,2
9	0,85	280	-12	-12,0	0,0
10	0,846	276	-10	-13,4	3,4
$\Delta_{cp}, °C$					3,2

Из результатов, представленных в таблице 2 можно видеть, что средняя погрешность расчета температуры помутнения дизельных топлив немного превышает 3 °C, что является хорошим результатом, однако данная погрешность является значительной для применения данной формулы на НПЗ.

Предельная температура фильтруемости дизельного топлива может быть определена по приведенной ниже, зависимости [4]:

$$T_{ПФ} = \frac{T_{50\%} - T_{10\%} - 88,073}{1,3532} \quad (3)$$

где $T_{50\%}$ – температура выкипания 50% по объему фракции, °C; $T_{10\%}$ – температура выкипания 10% по объему фракции, °C;

Результаты расчета предельной температуры фильтруемости дизельных фракций по формуле (3), представлены в таблице 3. Результаты расчета так же были сравнены с экспериментальными данными по определению данного параметра.

Таблица 3. Результаты расчета предельной температуры фильтруемости по формуле (3)

№	$\Phi C_{10\%}$	$\Phi C_{50\%}$	$ПТФ_{эксп.}$	$ПТФ_{расч.}$	Δ
	°C				
1	162,0	196,0	-60,0	-40,0	20,0
2	179,0	208,0	-58,0	-43,7	14,4
3	163,0	199,0	-58,0	-38,5	19,5
4	174,0	220,0	-33,0	-31,1	1,9
5	174,0	225,0	-31,0	-27,4	3,6
6	173,0	217,0	-40,0	-32,6	7,4
7	192,0	217,0	-54,0	-46,6	7,4
8	195,0	232,0	-37,0	-37,7	0,7
9	198,0	240,0	-34,0	-34,1	0,1
10	200,0	239,0	-33,0	-36,3	3,3
$\Delta_{cp}, °C$					7,8

Как можно видеть из результатов, представленных в таблице 3 средняя погрешность расчета предельной температуры фильтруемости

по формуле (3) составляет порядка 8 °C, что превышает погрешность определения данного параметра экспериментальным способом.

Заключение

Таким образом, на основании полученных данных, можно сделать вывод о том, что рассмотренные расчетные формулы для определения низкотемпературных свойств дизельных топлив не могут быть использованы для прогнозирования свойств дизельных топлив производимых на предприятии АО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОНПЗ», ввиду высокой погрешности расчета. Актуальностью является разработка альтернативных формул расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив, характеризующихся более высокой точностью расчета.

Список использованных источников

1. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/1213>, свободный (дата обращения: 10.10.2016).
2. Способ определения температуры застывания летних видов дизельных топлив и/или их смесей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2364858.html>, свободный – Дата обращения: 23.09.2016 г.
3. PHYSICAL PROPERTIES [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chemstations.com/content/documents/Archive/physprop54.pdf>, свободный – Дата обращения: 5.10.2016 г.
4. Самборская М.А, Лактионова Е.А, Машина В.В. Разработка расчетных методов определения эксплуатационных характеристик моторных топлив. // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 709-713.

СТЕГАНОГРАФИЯ В ЗВУКОВЫХ ФАЙЛАХ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ MP3STEGO

Кесельман М.М.

Степанова И.П.

Томский политехнический университет

srv1@tpu.ru

Введение

Ученые университета Калифорнии подсчитали объём медийного контента, которое потребляет каждый американец, включая телевидение, веб-сайты, радио, газеты и пр.

Средний американец затрачивает около 12 часов в день на получение информации. За это время он просматривает 34 гигабайта аудиовизуальной информации и 100 тысяч слов.

В 2010 году в день по статистике на популярный видеоресурс YouTube загружалось 50 тысяч часов видео. Чтобы следить за авторскими правами на YouTube используется программа Content ID, в которой на данный момент хранится уже более 50 млн. цифровых отпечатков.

Технологии, созданные для внедрения в файлы цифровых водяных знаков или цифровых отпечатков, собирают под общее понятие стеганография (от греч. стегано – скрытый, графос – пишу, буквально «тайнопись»).

Помимо внедрения цифровых отпечатков, данные технологии используются для внедрения любой информации в файлы, скрывая своё присутствие от пользователей.

Виды аудиостеганографии

Аудиостеганография – это вид стеганографии, который использует аудиофайлы разных расширений в виде контейнеров для скрываемой информации.

На данный момент времени распространены 3 вида аудиостеганографии, которые используют различные типы сокрытия информации в файлах:

- 1) Фазовая стеганография.
- 2) Сокрытие информации в mp3-тегах.
- 3) Сокрытие информации в mp3-фреймах.

Сокрытие информации в mp3-фреймах

Существует метод, который преобразовывает файл с расширением wmv в файл с расширением Mp3 с добавлением скрытой информации. Метод реализован в программе MP3Stego. Идея реализации заключается в том, что данные сначала шифруются, а затем в процессе кодирования MP3-файла (из WAV) подмешиваются в конечный результат. В итоге получается обычный MP3-файл без заметных для слуха искажений, но хранящий в себе закодированные данные.

Алгоритм сжатия Mp3Stego.

Биты встраиваемого сообщения кодируются значениями числа бит, необходимых для кодирования коэффициентов дискретно-косинусного преобразования (ДКП) и

масштабирования кодом Хаффмана (см. рис.1). Данные алгоритмы созданы для сжатия информации, например, они используются для сжатия файлов MPEG, JPEG.

Так, если необходимо закодировать нулевой бит, то значение этого числа должно быть четным, а если единичный бит, то нечетным. Необходимую чётность получают путем уменьшения шага квантования. Затем осуществляется квантование коэффициентов ДКП с новым шагом. После чего подсчитывается число бит, необходимых для кодирования коэффициентов ДКП, и суммируется с числом бит, необходимых для кодирования коэффициентов масштабирования. В случае если результат равен необходимой чётности и шум квантования оказался ниже порогового значения, то осуществляется переход к кодированию следующего бита, в отрицательном случае уменьшается шаг квантования, и процедура повторяется.

Пороговое значение вычисляется психоакустической моделью. Психоакустические модели слуха помогают производить компрессию сигнала с потерей информации в высоком качестве. Они помогают за счёт того, что позволяют точно описать, как можно безопасно удалить частоты из исходного сигнала — то есть без значительного ухудшения качества звука.

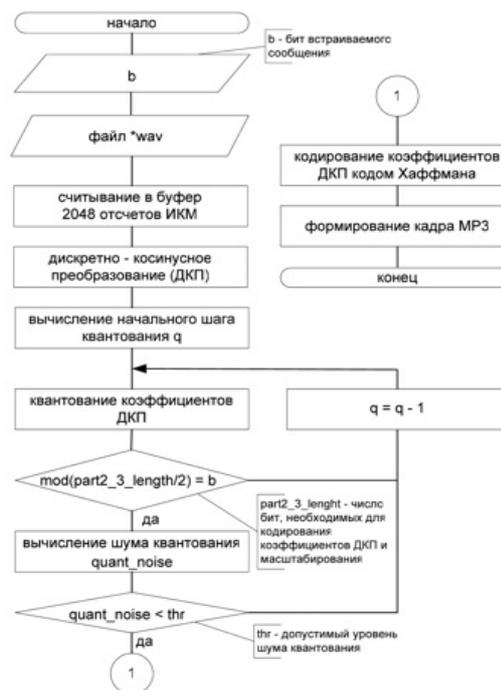


Рис. 1. Алгоритм сжатия информации

Оценка объёма внедряемой информации

Для оценки объёма внедряемой информации введём коэффициент использования контейнера,

определяемый выражением
$$K_{\text{конт}} = \frac{V_c}{V_{\text{д}}}$$
,

где $V_{\text{д}}$ - объём внедренного сообщения в байтах;
 V_c - объём контейнера с сообщением в байтах. Статистика на ресурсе программы гласит: в проведённых экспериментах по внедрению информации в звуковые файлы эффективность программы MP3Stego показала коэффициент использования контейнера, равный 0.001

Использование и помехи в использовании программы Mp3Stego.

Программа MP3Stego получила широкую популярность за счет того, что была первой программой, которая производила mp3-файлы со скрытыми данными внутри. Также преимуществом этой программы было внедрение информации в Mp3-файл во время сборки самого файла, что гарантировало большую скрытность в отличие от других программ.

Шифратор Mp3Stego требует аудиофайл с расширением wav и текст в формате документа txt. На выходе же программа выводит уже зашифрованный файл в формате mp3.

Дешифратор программы Mp3Stego требует только файл со стегоинформацией в формате mp3.

Код программы Mp3Stego открыт для любых экспериментов и улучшений. Автор программы Mp3Stego не обновлял её с 2006 года, следовательно, последней официальной версии Mp3Stego 10 лет.

К сожалению, программа Mp3Stego устаревает, её отладкой никто не занимается, следовательно, на более поздних версиях Windows она показывает нулевой результат.

Также для работы Mp3Stego требуется не любой wav-файл, т.к. программа избирательна и может не запускаться из-за отсутствия в файле каких-либо данных. Результаты экспериментов с разными аудиофайлами представлены на рис. 2.

```
C:\Users\Илья\Desktop\MP3Stego_1_18\MP3Stego> encode -E data.txt -P pass svaga.wav sound.mp3
MP3StegoEncoder 1.1.17
See README file for copyright info
[ERROR] Input not a MS-RIFF file

C:\Users\Илья\Desktop\MP3Stego_1_18\MP3Stego> encode -E data.txt -P pass 16.wav sound.mp3
MP3StegoEncoder 1.1.17
See README file for copyright info
Microsoft RIFF, WAVE audio, PCM, stereo 44100Hz 16bit, [ERROR] Can't find data chunk

C:\Users\Илья\Desktop\MP3Stego_1_18\MP3Stego> encode -E data.txt -P pass 1.wav sound.mp3
MP3StegoEncoder 1.1.17
See README file for copyright info
Microsoft RIFF, WAVE audio, PCM, stereo 22050Hz 16bit, [ERROR] Can't find data chunk

C:\Users\Илья\Desktop\MP3Stego_1_18\MP3Stego> encode -E data.txt -P pass lol.wav sound.mp3
MP3StegoEncoder 1.1.17
See README file for copyright info
Microsoft RIFF, WAVE audio, PCM, stereo 44100Hz 16bit, [ERROR] Can't find data chunk
```

Рис. 2. Скриншот консоли результатов экспериментов с различными аудиофайлами

Детектирование стегоставок в файлах Mp3

Для детектирования стегоставок необходимо проанализировать распределение значений квадрантов фаз гармоник [1]. Если во фрейм было встроено сообщение, будет заметно преобладание некоторых квадрантов. Для пустого фрейма такого преобладания не будет (см. рис. 3).

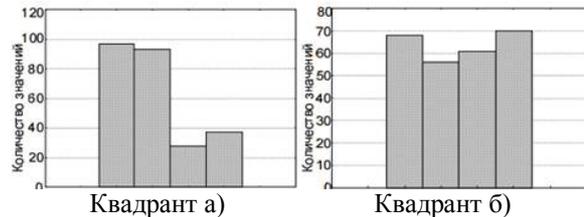


Рис. 3. Гистограммы распределений значений фаз по квадрантам для фреймов со вставкой (а) и без вставки (б)

Как видно из рис. 3-а, значительное преобладание 1 и 2 квадрантов свидетельствует о том, что во фрейм был встроены единичный бит.

Заключение

Большое количество медиainформации, а также плохое регулирование авторского права дают большое поле для использования стеганографии. Информационная достаточность форматов хранения аудиоданных даёт большое количество мест для сокрытия информации в аудиофайлах.

Помимо большого распространения медиафайлов, несомненным плюсом является высокая трудоёмкость нахождения и определение стегосистемы, внедренной с помощью программы Mp3Stego.

В данное время актуальность проектирования качественных и поддерживаемых стегопрограмм растёт, что даёт повышенный интерес к данной теме.

Литература

1. Кокорин П.П. О методах стегоанализа в аудиофайлах // Труды СПИИРАН. Вып. 4. — СПб: Наука, 2007.
2. Википедия [Электронный ресурс] - URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 11.10.2016).
3. YouTube [Электронный ресурс] - URL: <https://www.youtube.com> (дата обращения 11.10.2016).

О БАЗИСНЫХ И МАСШТАБИРУЮЩИХ ФУНКЦИЯХ ВЕЙВЛЕТОВ

Сайнакова И. С.

Научный руководитель: доцент, к. ф. - м. н. Берцун В. Н.
Национальный исследовательский Томский государственный университет
iga.saynakova@mail.ru

Вейвлет анализ сегодня является одним из востребованных разделов математики и ее приложений. Он применяется, например, при решении задач молекулярной динамики, физики плазмы, квантовой механики, сейсмической геофизики, вычислительной томографии, компьютерной графики и распознавания речи, обработки изображений и сжатия данных, компьютерной безопасности и анализа кровяного давления, исследования климата, анализ ДНК и т.д. В отличие от теории Фурье, вейвлет-преобразование обеспечивает двумерное представление исследуемого сигнала в частотной области [1-3].

Вейвлетами называются функции, образующие базис пространства $L_2(R)$, получаемые сдвигом и сжатием функции $\psi(x)$ (материнского вейвлета), по формулам [4]:

$$\psi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j} \psi(2^j x - n), \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{j,n}(x) dx = 0.$$

Используются также масштабирующие функции:

$$\phi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j} \phi(2^j x - n), \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{j,n}(x) dx = 1,$$

$$\text{supp}(\phi_{j,n}) = \left[\frac{n}{2^j}, \frac{n+1}{2^j} \right], j, n \in \mathbb{Z}.$$

Структурные свойства вейвлетов и их масштабирующих функций позволяют осуществить расщепление функции приближения к сигналу на две составляющие: аппроксимирующую – грубую, достаточно медленно меняющейся со временем, и детализирующую – с более быстрой динамикой изменения.

В качестве масштабирующих функций вейвлетов могут использоваться сплайны.

Функция $S_{n,v}(x)$ называется интерполяционным полиномиальным сплайном степени n класса $C^m[a, b]$ ($0 \leq m \leq n$; $v = n - m$) с узлами на сетке $\omega = \{a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b, h_i = x_i - x_{i-1}, i = \overline{1, N}\}$, если [5]:

$$1. S_{n,v}(x) = S_{n,v}^i(x) = \sum_{k=0}^n a_k^i (x - x_i)^k, x \in [x_i, x_{i+1}].$$

$$2. S_{n,v}(x) \in C^m[a, b].$$

$$3. S_{n,v}(x_i) = f_i, i = \overline{0, N}.$$

Нормализованные B -сплайны степени n дефекта единица $B_n^i(x), i = \overline{-n, N-1}$ линейно независимы и образуют базис в пространстве сплайнов $S_{n,1}(\omega)$. Например, на Рис.1. для $x \in [0, 5], N = 5$ представлена полная система базисных функций

$$B_1^i(x) = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} B_0^i(x) + \frac{x_{i+2} - x}{x_{i+2} - x_{i+1}} B_0^{i+1}(x) \quad (1)$$

на равномерной сетке $\omega : x_{-1} < \dots < x_0 < \dots < x_N < x_{N+1}, h = x_i - x_{i-1}.$

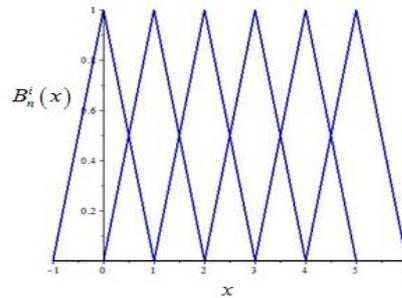


Рис.6. Система базисных функций $B_1^i(x), i = \overline{-1, 4}$.

Интерполяционный сплайн $S(x)$ по системе базисных функций (1) можно представить в виде

$$S(x) = \sum_{i=-1}^{N-1} f_i B_n^i(x).$$

Рассмотрим теперь для x из $[a, b]$ сетку $\Delta_L : x_0 < \dots < x_{2^L}, h = (b - a) / 2^L$ и сетку Δ_{L-1} с шагом $2h, L > 0$ целое. Тогда из (1) для сетки с удвоенным шагом Δ_{L-1} получим

$$B_1^i(x, \Delta_{L-1}) = \frac{1}{2} B_1^i(x, \Delta_L) + B_1^{i+1}(x, \Delta_L) + \frac{1}{2} B_1^{i+2}(x, \Delta_L) \quad (2)$$

как линейную комбинацию B -сплайнов на сетке с шагом h , изображенных на Рис.2.

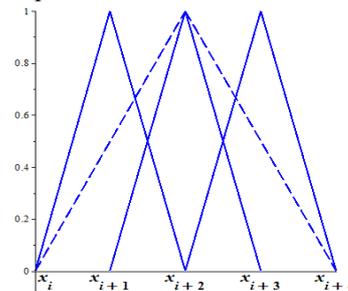


Рис.2 Сплайны с носителем $2h$ и $4h$.

В вейвлет-анализе сигналов удобно использовать целочисленные узлы сетки. Кардинальные B -сплайны – это функции, построенные с помощью B -сплайнов и имеющие компактные носители на целочисленной сетке $Z = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$. Если для функций $B_n^0(x)$ на сетке Δ_L для кардинального сплайна ввести обозначение $K_m(x)$, связанное не со степенью сплайна, а с количеством интервалов

носителя m , то $K_m(x) = B_{m-1}^0(x)$. На Рис.3 представлены примеры кардинальных сплайнов.

1. Функция Хаара. $K_1(x) = K_1(2x) + K_1(2x-1)$.

2. $K_2(x) = \frac{1}{2}K_2(2x) + K_2(2x-1) + \frac{1}{2}K_2(2x-2)$.

3. $K_3(x) = \frac{1}{4}K_3(2x) + \frac{3}{4}K_3(2x-1) + \frac{3}{4}K_3(2x-2) + \frac{1}{4}K_3(2x-3)$

4. $K_4(x) = \frac{1}{8}K_4(2x) + \frac{1}{2}K_4(2x-1) + \frac{3}{4}K_4(2x-2) + \frac{1}{2}K_4(2x-3) + \frac{1}{8}K_4(2x-4)$.

5. $K_5(x) = \frac{1}{16}K_5(2x) + \frac{5}{16}K_5(2x-1) + \frac{5}{8}K_5(2x-2) + \frac{5}{8}K_5(2x-3) + \frac{5}{16}K_5(2x-4) + \frac{1}{16}K_5(2x-5)$.

6. $K_6(x) = \frac{1}{32}K_6(2x) + \frac{3}{12}K_6(2x-1) + \frac{15}{32}K_6(2x-2) + \frac{5}{8}K_6(2x-3) + \frac{15}{32}K_6(2x-4) + \frac{3}{16}K_6(2x-5) + \frac{1}{32}K_6(2x-6)$.

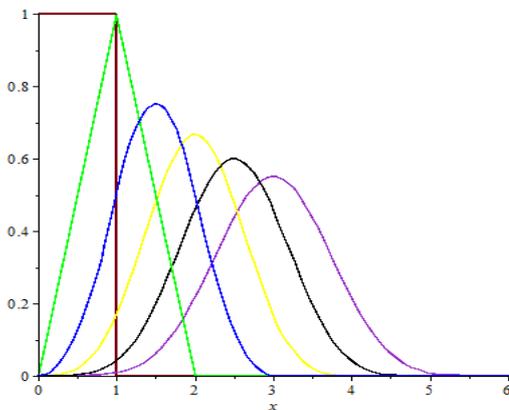


Рис. 3. Сплайны K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 .

Отметим, что для кардинальных сплайнов имеет место соотношение [4]:

$$K_m(x) = \sum_{k=0}^m 2^{-m+1} \binom{m}{k} K_m(2x-k), \quad (3)$$

из которого следует, что при увеличении шага сетки в два раза, для суммы весов γ линейных комбинаций сплайнов $K_m(x)$ имеет место соотношение $\gamma = 2^{-m+1} \sum_{k=0}^m C_m^k = 2$.

Функция $\varphi(x) \in L^2(R)$ называется масштабирующей, если она может быть представлена в виде

$$\varphi(x) = \sqrt{2} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n \varphi(2x-n), \quad \sum_{n \in \mathbb{Z}} |h_n|^2 < \infty. \quad (5)$$

Из вида функций K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 следует, что эти функции с конечными носителями являются масштабирующими [6], так как удовлетворяют разложению (3).

При получении вейвлет-разложения можно использовать кардинальные сплайны.

Значения некоторых K -сплайнов в узлах носителя приведены в Табл.1, а их производные на Рис.4.

Таблица 1

		Значения узлов носителя					
$x \backslash K_i$	0	1	2	3	4	5	
K_2	0	1	0	0	0	0	
K_3	0	1/2	1/2	0	0	0	
K_4	0	1/6	2/3	1/6	0	0	
K_5	0	1/24	11/24	11/24	1/24	0	

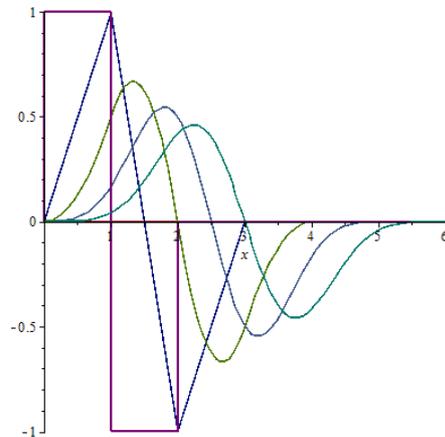


Рис.4. Производные сплайнов K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 .

Список использованных источников

1. Чуи Ч. Введение в вейвлеты. – Москва: Мир. – 2001. – 412 с.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Москва: РХД. – 2001.
3. Столниц Э. Вейвлеты в компьютерной графике: Теория и приложения. – Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". – 2002. – 271 с.
4. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – Москва: ДМК Пресс. – 2014. – 628 с.
5. Берцун В. Н. Сплайны сеточных функций. – Томск: ТМЛ-Пресс. – 2007. – 136 с.
6. Подкур П. Н. О N-масштабируемости В-сплайнов. Вестник КузГТУ. – 2006. – №6 (57). – с. 8-10.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ИНВЕСТОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ПОРТФЕЛЕМ С УЧЕТОМ ФИКСИРОВАННОГО УРОВНЯ НЕПРИЯТИЯ РИСКА И СЛУЧАЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТЕПЕНИ ДОВЕРИЯ К УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Мастерова Е.В.

Научный руководитель: Крицкий О.Л., доцент, к. ф-м. н.
г. Томск, НИ Томский политехнический университет, ФТИ.
masterova_katya@mail.ru

Введение

В настоящее время в связи с повышенной заинтересованностью общества в инвестирование денежных средств в активы фондового рынка, появляется большое разнообразие брокерских компаний, финансовых групп или же управляющих компаний, которые удовлетворяют спрос общества и помогают инвесторам в торговле. И в основном выбор той или иной компании происходит на основе рекламы, советов знакомых, размера комиссионных сборов и т.п. Однако данные факторы не всегда являются объективными.

Поэтому возникает потребность в изучение связи между размером комиссионных сборов, получаемой доходностью, уровнем неприятия риска инвестора и степенью доверия к управляющей компании, как основополагающим показателям взаимодействия инвесторов и управляющей компании.

Построение портфеля ценных бумаг и проверка качества его управления.

Построение портфеля проходило при помощи модифицированной модели Гарри Марковица.[1]

Согласно данной теории, показателем доходности является математическое ожидание, а мера риска рассчитывается через стандартное отклонение:

доходность портфеля \equiv ожидаемая доходность

$$\mu_x = E[r_x(t)] = \sum_{i=1}^n E[r_i(t)]x_i = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i,$$

риск портфеля \equiv волатильность

$$\sigma_\pi^2 = \text{var}(r_\pi(t)) = \text{var}\left(\sum_{i=1}^n r_i x_i\right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{cov}(r_i(t), r_j(t))x_i x_j,$$

Задача поиска оптимального портфеля получение рассматривалась со стороны получения максимальной доходности при заданном уровне риска (σ_z):

$$\mu_\pi = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i \rightarrow \max_x$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i = 1, \\ \sigma_\pi^2 \leq \sigma_z^2, \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} x_i x_j \leq \sigma_z^2. \end{cases}$$

Таким образом, используя теорию Марковица и данные о стоимости ETF с 1 января 2015 по 1

августа 2016, на 01.08.2016 был сформирован портфель, в который с доходностью 4,63% и волатильностью 33% вошли ETF E1CYC (Dow Jones потребительский сектор), ETF.EWK (Бельгия), ETF.DEDOW (Германия), ETF.EWJ (Япония), ETF.FRDOWN(Франция) в следующих соотношениях: 50% ; 15%; 8%; 12%; 14%.

Далее при помощи коэффициента альфа была проверена статистическая оценка качества управления данным портфелем.

Коэффициент альфа – это разница между реальной доходностью портфеля за период, и доходностью, которую он должен был показать с учётом степени роста или падения рынка и коэффициента бета этого портфеля [2].

$$\hat{\alpha}_\pi = \bar{r}_\pi - \beta_\pi \bar{r}_I,$$

где \bar{r}_π – средняя доходность портфеля, \bar{r}_I – средняя доходность индекса MSCI World, β_π – коэффициент бета для портфеля.

Коэффициент альфа для нашего портфеля был рассчитан в течение месяца после формирования портфеля при уровне неприятия риска к управляющей компании равной нулю, т.о. на 01.08.2016 он составил 0,24, а на 1.09.2016 – 0,52.

Кроме того, была сформулирована и проверена статистическая гипотеза о равенстве коэффициентов альфа нулю, согласно которой было выявлено, что исследуемый портфель достаточно эффективно управляется, поэтому было принято решение, что данный портфель на 01.09.2016 не нужно реформировывать.

Формирование портфелей с учетом фиксированного уровня неприятия риска и случайно изменяющейся степени доверия инвесторов к управляющей компании.

Справедливый размер комиссионных сборов, зависящий от степени доверия (θ) и доходности портфеля (R):

$$f_t = \left(\frac{\theta}{1+\theta}\right) * \left(\frac{R}{2}\right),$$

где степень доверия (θ) будет являться случайная величина, распределенная по нормальному закону в пределах от 0 до 1. Данная величина будет характеризовать неопределенность инвестора по отношению к управляющей компании. Было взято десять случайных значений степени доверия.

Для каждого из десяти полученных инвесторов рассчитаем коэффициент пересчета:

$$\tilde{x}_{k,t} = \frac{(R-f_t)}{a_{k,t}\sigma}$$

где $a_{k,t}$ -неприятие риска инвестора к управляющей компании, f_t - комиссионный сбор за управление, R- доходность портфеля, σ – волатильность. [3]

Данный коэффициент позволяет оценить зависимость неприятия риска конкретного инвестора к конкретной управляющей компании с учетом размера комиссионного сбора и доходности портфеля ETF, приносимой под руководством менеджера управляющей компании ранее. Он будет найден для инвесторов с фиксированным неприятием риска: 0; 1/2; 1, которые обозначают следующее: 1- инвестирование передается полностью в руки управляющего, риск для него в этом случае приравнивается к нулю; 1/2- управление капиталом также происходит под руководством менеджера той или иной управляющей компании, но только инвестор относится к этой компании с опаской, недоверчиво, тем самым подвергая себя и свой капитал риску примерно на 50%; если же инвестор не собирается отдавать свой капитал управляющей компании, по причине полного недоверия, либо желания и умения инвестировать его самим, тем самым беря весь риск на себя, то неприятие риска в данном случае будет равно нулю. Последний случай в дальнейшем исследование участвовать не будет, т.к. инвестор полностью отказывается от услуг управляющей компании. [4] Таким образом, получаем таблицу-профиль инвесторов:

Таблица 1 - размер комиссионных сборов, степень доверия инвесторов и уровень неприятия риска к управляющей компании

Уровень неприятия риска инвестором (a)					
1/2			1		
Θ	f_t	$\tilde{x}_{k,t}$	θ	f_t	$\tilde{x}_{k,t}$
0,08	0,03	0,58	0,11	0,04	0,28
0,19	0,07	0,55	0,19	0,06	0,272
0,19	0,07	0,55	0,21	0,08	0,27
0,22	0,08	0,54	0,34	0,12	0,263
0,23	0,09	0,53	0,36	0,124	0,261
0,35	0,11	0,52	0,46	0,14	0,258
0,38	0,12	0,51	0,48	0,15	0,256
0,49	0,15	0,50	0,51	0,155	0,25
0,81	0,20	0,46	0,61	0,17	0,24
0,90	0,22	0,45	0,91	0,20	0,23

При помощи найденного коэффициента получим портфели для разных по типу степени доверия и неприятия риска инвесторов.

Далее, используя пересчитанные при помощи коэффициента доли, находим доходность и риск портфелей инвесторов, различающихся неприятием риска и степенью доверия к управляющей компании, в период с 1.08.16 по 1.09.16 гг., т.е. за август 2016 года.

Таблица 2-Доходность и риск портфелей.

Уровень неприятия риска инвестором (a)					
1/2			1		
Θ	μ_{π}	σ_{π}^2	Θ	μ_{π}	σ_{π}^2
0,08	0,529	0,102	0,11	0,262	0,025
0,19	0,505	0,093	0,19	0,256	0,024
0,20	0,504	0,09	0,21	0,250	0,023
0,22	0,499	0,091	0,34	0,239	0,022
0,23	0,497	0,089	0,36	0,238	0,021
0,35	0,478	0,083	0,46	0,231	0,019
0,38	0,474	0,082	0,48	0,230	0,019
0,49	0,458	0,076	0,51	0,229	0,019
0,81	0,426	0,066	0,61	0,223	0,018
0,90	0,419	0,064	0,91	0,213	0,016

Заключение

В результате проведенного исследования были достигнуты следующие результаты:

1. Сформирован портфель из ETF с доходностью 4,63% и волатильностью 33%.

2. Для портфеля были рассчитаны аналитические коэффициенты альфа на период с 1.08.2016 по 1.09.2016. А также сформулирована и проверена статистическая гипотеза о равенстве коэффициентов альфа нулю. Показано, что портфель управляется эффективно.

3. Доли портфелей были скорректированы с учетом уровня неприятия риска и степени доверия инвесторов к управляющей компании. В основном наблюдается тенденция уменьшения доходности и риска с увеличением уровня неприятия риска и увеличением степени доверия инвестора к управляющей компании. Что объясняется тем, что с ростом доверия риск потерь уменьшается, а значит, доходность инвестиций падает. С ростом доверия растет и плата за управление, что тоже уменьшает доходность инвестора. Следовательно, такой способ инвестиций рекомендуется для консервативных инвесторов или инвесторов с высоким уровнем капитала.

Список использованных источников

1. Markowitz Harry. Portfolio Selection // Journal of Finance.-1952.-Vol. 7.-№ 1. - pp. 71-91.

2. Eugene F. Fama, Kenneth R. French. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence // Journal of Economic Perspectives. - № 3 – 2004. – P. 25–46.

3. Laurent Barras, Olivier Scaillet, Russ Wermers. False Discoveries in Mutual Fund Performance: Measuring Luck in Estimated Alphas // The Journal of Finance. - № 1 – 2010. – P. 179-216.

4. Gennaoli Nicola, Shleifer Andrei, and Vishny Robert. Money Doctors. // Journal of Finance. -2015.- Vol. LXX.-№. 1.- pp. 91-114

РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

Голуб О. А., Кузиванов Н. С., Хаустов П. А.
Томский политехнический университет
oag7@tpu.ru

Введение

Конструирование и модернизация энергетических котлов, как правило, требует экспериментальных исследований сложного комплекса параметров горения и теплообмена. Кроме того, для оптимизации проектируемой конструкции требуется установить количественную зависимость теплофизических параметров топочной среды от конструктивных особенностей топочного устройства. Натурные многофакторные исследования такого рода являются очень дорогостоящими и трудозатратными. По этой причине в настоящее время при конструировании и модернизации котлов все чаще применяют компьютерную симуляцию топочных процессов с использованием инженерных расчетных программ. Изобилие физических моделей в вышеперечисленных пакетах позволяет с хорошей сходимостью предсказывать ламинарные и турбулентные течения и другие явления на основе гибкого построения сеток [1].

Такие возможности значительно расширяют область применения, но в то же время усложняют пользовательский интерфейс, т.е. делают использование программного пакета более сложным в освоении и эксплуатации [2].

Одну из сложностей представляет получение сетки, разделяющей котел на составляющие, поддающиеся исследованию. Некоторые из ранее упомянутых расчетных программ не предоставляют возможности построить данную сетку, а проводят расчеты по уже имеющейся.

Для автоматизации процесса получения набора фрагментов возникла необходимость разработать программное обеспечение, принимающее на вход чертежи котла и информацию о его функциональных составляющих. На выходе такого программного обеспечения должно быть разбиение изображения на элементарные части [3].

Описание системы построения расчетных сеток

Для решения задачи разбиения изображения было разработано консольное приложение в среде Visual Studio на языке C++. Выбор языка был обусловлен его быстродействием и наличием библиотеки Standard Template Library, содержащей необходимые структуры данных. Был разработан эффективный алгоритм разбиения и определения составляющих, использующий эти структуры.

Приложение принимает на вход изображение котла, описанное в формате xml. Сгенерированная

программой матрица сетки и сопутствующая ей информация помещается в текстовый файл [4].

После введения в эксплуатацию приложения процесс построения расчетной сетки был значительно упрощен, однако процесс создания чертежей энергетических котлов оставался трудоёмким. Необходимо было выполнять чертёж на бумажных носителях или же в какой-либо CAD-системе. Затем следовало осуществлять перенос чертежа в формат XML.

Возникла необходимость реализовать средство для создания чертежей и автоматического сохранения их в формат XML.

Описание приложения

Для вышеописанных целей был реализован графический редактор. Задача редактора заключается в работе с чертежами энергетических котлов. Поддерживаются следующие операции:

- создание нового чертежа;
- загрузка ранее созданного чертежа;
- редактирование ранее созданного чертежа.

Чертёж состоит из двух проекций, выполняемых независимо друг от друга (рис. 1).

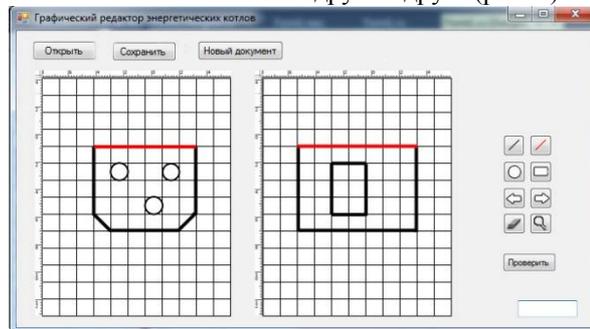


Рис. 7 – Окно графического редактора

Чертёж на каждой из проекций состоит из следующих примитивов:

- линии;
- линии выхода;
- круглые горелки;
- прямоугольные горелки.

Для добавления вышеописанных примитивов необходимо выбрать соответствующий инструмент на панели, а затем расположить примитив на одной из проекций.

Для достижения метрической точности построения чертежа были реализованы следующие средства:

1. В процессе добавления существует привязка объектов – имеется возможность замкнуть отрезок в точке, ранее использованной

при построении отрезков или прямоугольных горелок (рисунок 2).

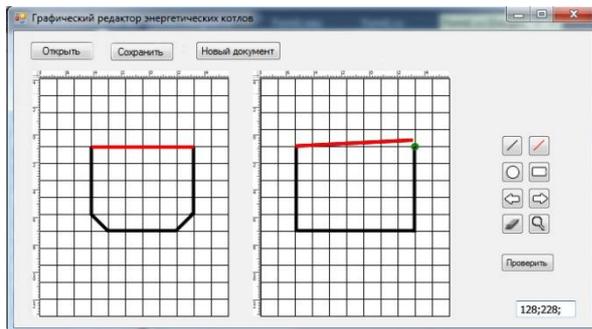


Рис. 2 – Окно графического редактора

2. Отображение линейки.
3. Отображение текущих координат курсора в нижнем правом углу окна программы.

Поддерживается операция удаления примитивов – для этого реализован инструмент «Ластик». Для его применения необходимо активировать инструмент, нажав на кнопку на соответствующей панели, а затем осуществить нажатие мыши на требуемых примитивах.

Есть возможность отменять и возвращать совершённые операции. Для этого в приложении имеются инструменты «Отменить» и «Вернуть». Программно их реализация осуществлялась с использованием паттерна проектирования «Команда». стек операций, пригодных для возврата, хранит не более ста последних изменений.

Реализован механизм изменения масштаба с помощью инструмента «Лупа».

Проверка корректности чертежа

Чертёж проекций энергетического котла должен удовлетворять некоторым требованиям корректности.

1. Каждая проекция котла должна представлять из себя замкнутый контур, образованный линиями или линиями выхода. Проверка на замкнутость выполняется с помощью построения графа инцидентных линий и его обхода в глубину.

2. Проекция должны соответствовать друг другу по конфигурации. Должна существовать модель, которая имеет одну из проекций как фронтальную, другую – как боковую.

3. На каждой из проекций не должно быть более одного замкнутого контура.

4. Чертёж должен быть не пуст.

Проверка корректности чертежа проводится при его сохранении. Также есть возможность проверить чертёж во время построения. При нарушении вышеуказанных правил пользователь видит модальное окно с предупреждением (рисунок 3).

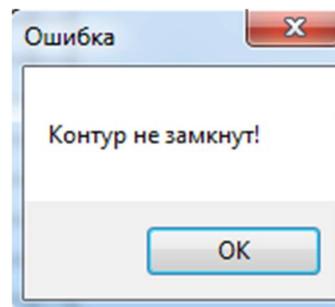


Рис. 3. Окно предупреждения

Заключение

Был реализован графический редактор для энергетических котлов. Функциональность редактора достаточна для создания графических примитивов, описывающих модели котлов. Также редактор обладает удобным дружественным интерфейсом.

На сегодняшний день программа передана на кафедру парогенераторостроения и парогенераторных установок Томского политехнического университета. Далее она будет использована для научных исследований в союкупности с системой построения расчётных сеток.

Список использованных источников

1. Гиль А.В., Старченко А.В. Моделирование топочной среды при переводе пылеугольных котлов с твердым шлакоудалением на непроектное топливо: Автореф. дис. канд.тех.наук: ТПУ. – Томск, 2008. – 172 с.

2. Хаустов С.А. Разработка системы параметрического конструирования сетки модели котлов и котельного оборудования для упрощения работы с пакетом прикладных программ ANSYS // Теплофизические основы энергетических технологий: сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 6-8 Октября 2011. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 - С. 255-261

3. Голуб О.А. Разработка алгоритма построения расчётной сетки на основе чертежей исследуемого объекта // Сборник научных трудов II Международной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине», Томск, 19 - 22 мая 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - С. 28-30

4. Голуб О.А. Реализация системы построения структурированных расчётных сеток на основе чертежей исследуемого объекта // Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов XIII Междунар.научн.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 9-13 ноября 2015. – Томск: Изд-во ТПУ. – С.87-8

ПРИМЕНЕНИЕ РАНГОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СПИРМЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА КОРРЕЛЯЦИИ ДИСЦИПЛИН В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ВУЗА

Черняева Н.В.

Научный руководитель: Мицель А.А., д.т.н., профессор кафедры информационных систем ЮТИ ТПУ
Томский политехнический университет Юргинский технологический институт
nina.turalina@yandex.ru

В процессе внедрения в систему образования новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) при формировании учебных планов и рабочих программ необходимо учитывать связи между изучаемыми дисциплинами. Отражаются эти связи с помощью таких понятий как «пререквизиты» и «постреквизиты». Пререквизиты – дисциплины, обязательные для освоения *до* изучения данной дисциплины. Постреквизиты (кореквизиты) – дисциплины, обязательные для освоения *после* изучения данной дисциплины. В большинстве случаев пререквизиты и постреквизиты дисциплины указываются в учебном плане на усмотрение преподавателя без вычисления каких-либо взаимосвязей между ними. Следовательно, учебный план может не в полной мере отражать взаимосвязи между дисциплинами, что приведет к противоречивым оценкам, а в дальнейшем – к претензиям со стороны аудиторов системы менеджмента качества образования.

Постановка задачи

Задачу оптимизации учебного плана можно сформулировать следующим образом: необходимо отобрать в учебный план наиболее важный для профессиональной деятельности материал и расположить его по семестрам оптимальным образом с учетом последовательности изучения дисциплин. Необходимо отметить, что учебные планы могут быть формализованы в виде ориентированных графов, таблиц или иметь матричное представление, что и обуславливает множество методов их построения [1, с. 16-28].

На основании анализа существующих подходов к решению задачи построения учебного плана специальности с учетом логической увязки дисциплин можно сделать вывод, что корреляция между дисциплинами в учебном плане при составлении пререквизитов и постреквизитов задается в основном экспертным путем, т.е. на усмотрение преподавателя данной дисциплины.

Например, в работах [2, с.90-97, 3, 179-185] предлагается алгоритм формирования рабочей программы дисциплины с учетом взаимовлияния изучаемых дисциплин и формируемых компетенций, где зависимость между дисциплинами в данной модели устанавливается пользователем, т.е. проблема адекватности таких связей остается открытой.

В большинстве моделей автоматизации процесса построения учебного плана

специальности отсутствуют модули анализа взаимосвязи дисциплин. Поэтому нами было принято решение о разработке собственной модели анализа тесноты связи дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмена.

Материалы и методы

В качестве входных данных для анализа взаимосвязи дисциплин учебного плана выступают результаты итоговой аттестации студентов (оценки, выраженные в баллах). При этом стоит учитывать, что традиционная оценка, выставляемая в экзаменационную ведомость, в каждом конкретном вузе определяется по собственной шкале. Например, в НИ ТПУ (г. Томск) перевод баллов в традиционные оценки осуществляется по 100-балльной шкале.

Т.к. оценки студентов (признаки) подчиняются отличным от нормального законам распределения, а именно являются многовершинным распределением, то будем рассчитывать непараметрические коэффициенты корреляции. Для этого значения признаков (в нашем случае это баллы студентов по итоговому контролю освоения дисциплины) следует упорядочить или проранжировать по степени убывания или возрастания признака.

Для оценки тесноты связи между различными дисциплинами специальности используем коэффициент ранговой корреляции Спирмена [4, с. 626-628]. Вычисляется он следующим образом:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

где d_i^2 – квадрат разности рангов;

n – число наблюдений (число пар рангов).

Коэффициент Спирмена принимает значения от -1 до 1.

Значимость коэффициента проверяется на основе t -критерия Стьюдента по формуле. При проверке этой гипотезы вычисляется t -статистика:

$$t_{pac} = \sqrt{\frac{\rho^2 (n - 2)}{1 - \rho^2}}.$$

Расчетное значение сравнивается с табличным значением $t_q(n - 2)$. Если расчетное значение больше табличного, это свидетельствует о

значимости коэффициента корреляции, а, следовательно, и о статистической существенности зависимости между выборочными данными. Задача может быть решена с помощью любого математического пакета (например, Mathcad).

Результаты исследования

Исследование корреляции выполнено на основе данных об успеваемости студентов ЮТИ НИ ТПУ. За основу взята выборка итоговых оценок по всем дисциплинам учебного плана студентов последних трех лет (2013, 2014 и 2015 гг.) по специальности «Прикладная информатика», форма обучения – бакалавриат.

Структура основной образовательной программы разработана на кафедре Информационных систем ЮТИ НИ ТПУ. В ней определены пререквизиты для каждой изучаемой дисциплины.

Число наблюдений (студентов) равно 30, следовательно, число степеней свободы $\nu = n - 2 = 28$. Тогда согласно таблице критических точек распределения Стьюдента при уровне значимости 0,05 $t_q(28) = 2,05$. На основании предложенной модели получена корреляционная матрица междисциплинарной связи дисциплин размерностью $N \times N$, где N – число дисциплин, изучаемых на протяжении всего периода обучения. Коэффициенты корреляции, для которых t -статистика меньше чем $t_q(28) = 2,05$, можно считать равными нулю, т.е. корреляция незначима.

Исходя из анализа общей матрицы коэффициентов корреляции, можно сделать следующие выводы:

а) Большинство дисциплин первого семестра (информатика и программирование, история, математика и др.) имеют тесную корреляцию. Это можно объяснить тем, что все они требуют базовых знаний школьной программы, при эффективном усвоении школьных предметов наблюдается хорошая успеваемость в течение первого семестра обучения.

б) Дисциплины последнего 8-го семестра (графические средства в информационных системах, инженерно-производственная подготовка, управление информационными системами и др.) так же имеют тесную связь. Связано это с тем, что все они направлены на успешную сдачу государственного экзамена по направлению специальности, а также большинство из них подразумевают применение полученных теоретических знаний на производстве, т.е. задействуются практические умения студентов и их творческий потенциал.

в) Пререквизиты, заявленные в учебном плане, на практике не всегда показывают корреляционную связь с дисциплиной, для которой они назначены. Основанием этому служит, как уже

сказано ранее, то, что пре- и кореквизиты назначаются преподавателями на свое усмотрение, не проводится исследований их взаимозависимостей.

г) Большинство дисциплин имеют значимую корреляцию с иностранным языком, что можно объяснить особенностями специальности. Большинство языков программирования написано на английском языке, следовательно, если студент владеет им на должном уровне, то и осваивает навыки программирования он гораздо легче.

Таким образом, можно сделать вывод, что назначение пререквизитов дисциплинам в рабочих программах на усмотрение преподавателя или методом экспертных оценок не соответствует либо не в полной мере отражает реальную корреляцию дисциплин на основе успеваемости студентов.

Исследование корреляции дисциплин учебного плана может быть полезно не только при составлении базовых учебных планов, но и при построении индивидуальной траектории обучения студента. Ранее нами была разработана динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента [5, с. 77-81]. С помощью коэффициентов тесноты междисциплинарной связи (дисциплин пререквизитов и дисциплин-кореквизитов) определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Таким образом, используя полученные результаты по тесноте связей дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, можно реализовать ограничение, связанное с порядком изучения дисциплин, как в течение всего периода обучения, так и в отдельном семестре.

Список литературы

1. Строганов В.Ю. Формализованное описание учебного плана / В.Ю. Строганов, О.Б. Рогова, Л.В. Иванова, Г.Г. Ягудаев // В мире научных открытий. Красноярск: НИЦ, 2011. № 9 (21). С. 16-28.
2. Космачёва И.М. Автоматизированная система формирования рабочих программ учебных дисциплин / И.М. Космачёва, И.Ю. Квятковская, И.В. Сибикина // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. №1. С. 90-97.
3. Сибикина И. В. Оценка уровня сформированности компетенции студента вуза на примере графовой модели / И. В. Сибикина, И. М. Космачева, И. Ю. Квятковская // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2014. Т. 2, №1. С. 179–185.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 813с.
5. Мицель А.А. Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студентов / А.А. Мицель, Н.В. Черняева // Вестник ВГУИТ, №2, 2015. С. 77-81.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОКЕРНОГО ИГРОВОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.

Иванцов В.В., Зиганшин А.Т.
Томский политехнический университет
ivantsov.vladislav.v@gmail.com

Введение

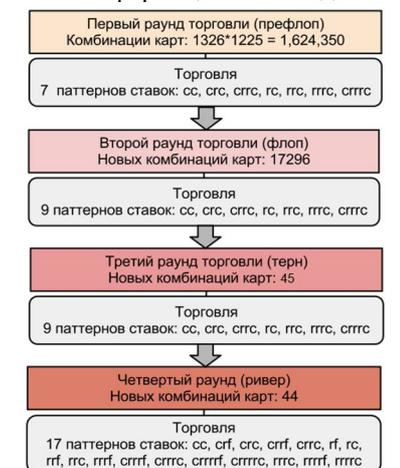
Задача разработки искусственного игрового интеллекта для покера является достаточно популярной, и, что самое главное, до сих пор нерешённой. Работы в данной области продолжают уже не первый год, до сих пор не существует оптимального алгоритма, способного превзойти возможности человека, за исключением одного из частных случаев лимитированного покера (для двух игроков).

Сложность покера для машинного обучения

Техасский Холдем примечателен тем, что он является игрой с неполной информацией – каждый знает только свои карты и карты на столе (хотя все карты на столе открываются только на последнем круге прикупа). Также в нем присутствуют элементы случайности – карты игроков и на доске выметаются из колоды случайным образом. К этим двум аспектам игры в покер добавляется еще и третий – количество игровых состояний, которое в безлимитном Холдеме существенно выше, чем в лимитированном.

Рисунок 1 показывает структуру наиболее простого варианта игры, однако даже в простейшем случае игра содержит порядка 10^{18} игровых ситуаций, что делает данную игру практически не решаемой «в лоб», путём полного перебора всех возможных вариантов развития событий.

При создании покерных интеллектов обычно применяются различные упрощения, сокращающие количество игровых состояний. Но при этом возникает проблема потери существенной информации об исходной игре.



Схематическое представление игровых состояний Техасского Холдема. В обозначениях к паттернам ставок использованы следующие обозначения: 'c' - колл или чек; 'r' - бет, рейз, реверз и т.д.; 'f' - флоп, сброс.

Рисунок 1. Структура игры с указанием новой информации

Концепция покерного интеллекта

Решение, рассматриваемое в данной статье, предполагает использование для обучения искусственной нейронной сети генетического алгоритма. Такой подход позволит опустить задачу разработки оптимальной покерной стратегии. Концепция генетических алгоритмов позволяет получить наиболее жизнеспособную особь путём селекционного отбора. В случае с покерным интеллектом жизнеспособность будет определяться эффективностью его игры. При этом интеллект не копирует поведение оппонента, а придерживается собственной стратегии, которая позволяет ему обыграть противника и получить наибольшую прибыль. Впрочем, сама стратегия полученного интеллекта не будет поддаваться классификации, а скорее будет похожа на стиль игры человека, который был выработан благодаря полученному личному опыту.

Определение набора входных данных

Очень важным в процессе создания покерного интеллекта является получение от игровой среды наиболее полного и достаточного набора входной информации. Наличие избыточно информации усложняет процесс обучения ИНС, а нехватка информации может привести к принятию неверных решений.

Каждый игрок при игре в покер обладает следующей информацией: карты на руках, карты на столе, ставки игроков, количество денег на руках у каждого игрок, банк, а также расположение игроков за столом.

В первую очередь, следует убрать из набора входных данных информацию о картах. Вместо карт, комбинации которых достаточно сложно закодировать оптимальным образом для использования в ИНС, гораздо удобней и эффективней использовать вероятность выигрыша при известных картах на руках и на столе. Вероятность выигрыша может определена путём использования известных численных методов, например, метода Монте-Карло.

Ставки игроков и количество денег являются существенными данными. Исходя из этих данных, можно выработать оптимальную стратегию: например, можно попробовать задавить ставкой более слабого игрока, или же остережться сильного игрока в случае, если он начнёт повышать ставку. При этом сам банк на столе практически не играет никакой роли, поэтому им можно пренебречь. Несущественной информацией является и расположение игроков за столом.

Структура искусственной нейронной сети

В связи со спецификой решаемой задачи, в данной работе используется каскад из двух классических нейронных сетей прямого распространения. Связано это с тем, что, по сути, основную задачу – принятие решения о ходе игрока, можно разделить на две подзадачи.

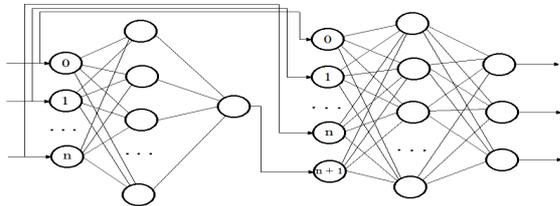


Рисунок 2. Каскад нейронных сетей

Первая подзадача – задача принятия решения о величине ставки, которая будет оптимальной исходя из текущего состояния игры. Такое решение принимается на основании силы комбинации, которая получается у игрока, и соотношения ставок и сумм доступных денег у игроков за столом. Опираясь этими данными, можно попробовать задать игрокам ставки, если сила руки получается небольшой, либо наоборот, попробовать поднять ставку так, чтобы не спугнуть противников.

Вторая подзадача сводится непосредственно к выбору хода игрока: сбросить карты, поддержать ставку либо повысить. При этом в качестве входных данных для анализа используется стандартный набор входных данных, а также результат работы предыдущей сети. Подобное разделение задач значительно упрощает процесс обучения ИНС.

Результаты

В исследовании были рассмотрены несколько интеллектов, отличающиеся структурами нейронной сети. Обучение осуществлялось с помощью генетического алгоритма, где в качестве индивида принимается полный набор весов каскада нейронных сетей. Эффективность обучения интеллекта определяется разнице между стартовым капиталом и капиталом после контрольной серии игр.

В ходе обучения интеллектов собирались промежуточные результаты, позволяющие построить график прогресса обучения. Данный график даёт возможность оценить качество обучения и выявить наиболее жизнеспособные интеллекты.

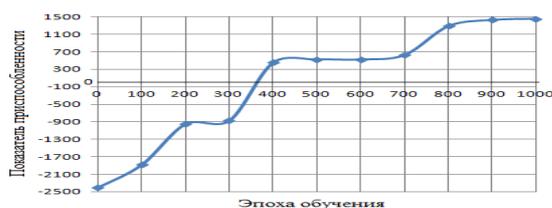


Рисунок 3. График процесса обучения интеллекта

График, представленный на рисунке 3, является одним из наиболее показательных для

неэффективных решений. Как видно, прогресс интеллекта идёт неравномерно, сопровождается резкими скачками. Эти скачки вызваны не прогрессом в обучении интеллекта, а ошибками системы оценки эффективности обучения, когда интеллект выигрывает за счёт удачного стечения обстоятельств.

Подобные интеллекты характеризуются малым количеством скрытых слоёв в ИНС и малым количеством нейронов в них. Соответственно, подобные интеллекты неспособны обучиться таким сложным задачам, как игра в покер.

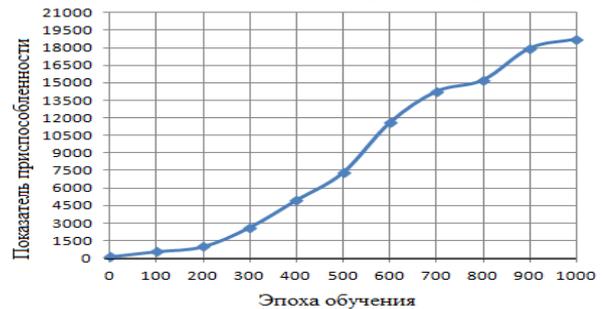


Рисунок 4. График процесса обучения интеллекта

Решения, подобные интеллекту на рисунке 4, являются наиболее эффективными. На графике видно, что показатель эффективности интеллекта достаточно монотонно возрастает, без резких скачков, что обусловлено параметрами генетического алгоритма с малыми силой и шансом мутации. В итоге решение получилось достаточно сильным, и к тому же имеет потенциал для дальнейшего обучения.

Подобные интеллекты характеризуются большим количеством скрытых слоёв и нейронов в них. Однако, следует отметить, что с возрастанием количества связей в ИНС, возрастает и сложность её обучения.

Заключение

Проведённое исследование позволило определить дальнейшие направления работы: необходимо модифицировать процесс оценки эффективности интеллекта. Также наибольший интерес представляют интеллекты, содержащие достаточно большое количество связей.

Литература

1. Искусственные нейронные сети. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=NN/base.cou>, свободный.
2. Что такое искусственные нейронные сети? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/134998/>, свободный.
3. Об искусственном интеллекте в покере. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/173273/>, свободный
4. Генетический алгоритм. Просто о сложном. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/128704/>, свободный.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Чан Ми Ким Ан, Нгуен Бао Хынг
Научный руководитель – Коваль Т.В.
Томский политехнический университет
email: tranmykiman@gmail.com

Введение

Для поверхностного упрочнения материала применяются способы комбинированной обработки, сочетающей электровзрывное легирование и последующее облуживание электронным пучком [1], или циклический процесс нанесения покрытия и воздействия потом энергии низкоэнергетического электронного пучка. Электровзрывное легирование, преобразует структурно-фазовое состояние поверхностного слоя обрабатываемого материала и поверхности. Электронно-пучковая обработка, сопровождающаяся диффузией атомов легированного элемента в объем материала, оказывают влияние на его механические свойства. Последующая электронно-пучковая обработка поверхности позволяет устранить капельную фракцию распыляемого материала и управлять градиентом концентрации легирующего элемента.

Математическое моделирование воздействия потоков энергии на материалы в зависимости от круга практических задач включает в себя модели теплового и термоупругого воздействия, структурно-фазовых превращений, физико-химических процессов и др. В этой работе проводится математическое моделирование электронно-пучковой обработки поверхностного слоя стали, сформированного после электровзрывного легирования медью. Проводится сравнение результатов расчета и эксперимента [1].

Математическая постановка

Математическая модель термодиффузионных процессов в условиях воздействия импульсов электронного потока высокой мощности включает уравнения теплопроводности и диффузии с учетом фазовых переходов при плавлении и испарении, изменения теплофизических коэффициентов от количества легирующего элемента.

Уравнение теплопроводности [2]:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = V_f \frac{\partial E}{\partial x} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad T = \begin{cases} \frac{E}{c\rho}, & E \leq E_m \\ T_m, & E_m < E \leq E_m + L_m\rho \\ T_m + \frac{E - (E_m + L_m\rho)}{c\rho}, & \end{cases} \quad (1)$$

где $E(x,t)$ – тепловая составляющая внутренняя энергия; $T(x,t)$ – температура; $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности; $c(T)$ – удельная теплоемкость; $\rho(T)$ – плотность; t – время; T_m и L_m – температура и удельная теплота плавления; $E_m = T_m c \rho$; $V_f(T) = c^* (3/4\pi)^{1/3} \exp(-(\lambda^* A)/(RT))$ – скорость фронта

испарения; c^* – скорость звука в газе; λ^* – удельная теплота испарения при температуре 0°K; A – атомный вес материала; R – универсальная газовая постоянная;

Эффективные теплофизические коэффициенты записываются в виде:

$$\eta = \begin{cases} \eta_s, & T < T_m - \Delta T_s \\ \eta_s + \gamma_s \frac{T - (T_m - \Delta T_s)}{\Delta T_s}, & T_m - \Delta T_s \leq T \leq T_m \\ \eta_l, & T > T_m. \end{cases}$$

Индексы s и l – относятся к твердому и жидкому состояниям; ΔT_s – температурные интервалы, в котором модель находится в двухфазном состоянии; $\eta = \{c\rho, \lambda\}$, $\gamma_s = \{L_s/T_m, (\lambda_l - \lambda_s)\}$, L_s – теплота фазового перехода. Эффективные величины теплофизических параметров $P = \{c, \rho, \lambda\}$ определялись в соответствии с аддитивным законом: $P = (nP_d + mP_b)/(n+m)$, где P_d и P_b – соответствующие параметры легирующего элемента и основы, n и m – соответствующий им процентный состав.

Начальное условие: $T(x,0) = T_0$, $0 \leq x \leq L$

Граничные условия:

$$\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = q(t) - \rho V_f \Delta H, \quad \lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = 0,$$

где $q(t > t_0) = 0$, $q(t \leq t_0) = E_0/t_0$ – плотность мощности в импульсе длительностью t_0 ; $\Delta H = \lambda^* RT/2A$, E_0 – плотность потока энергии; L – длина модели.

Уравнение диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D(T,C) \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (2)$$

где $C(x,t)$ – концентрация меди; $D(T,C) = D_0(C) \exp(-E_a/RT)$ – коэффициент диффузии; E_a – энергия активации. Граничные условия для диффузии – нулевые потоки на обеих границах. В начальный момент времени распределение концентрации меди в приповерхностной области $l \ll L$ задается функцией $C(0,x) = f(x)$ в соответствии распределению легирующего элемента в металле, $0 \leq x \leq l$.

Результаты моделирования

Численное решение уравнений (1)-(2) проводилось с применением пакета MATLAB в диапазоне энергий 15÷30 Дж·см⁻².

При плотности энергии пучка электронов 15 Дж·см⁻² практически не происходит плавления и также изменения градиента концентрации меди по

сравнению с начальным. Воздействие плотности энергии пучка электронов $20 \div 30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ сопровождается плавлением поверхностного слоя, а при плотности энергии $30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ температура поверхности превышает температуру испарения меди (рис.1).

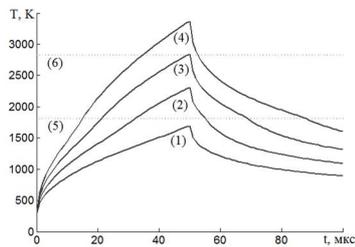


Рис.1. Температура поверхности стали легированной медью (1-4), температура плавления железа (5) и испарения меди (6); 1 – $E_0 = 15$; 2 – 20; 3 – 25, 4 – $30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$

Толщина легированного слоя увеличивается с ростом плотности энергии пучка электронов с 7.75 мкм при $E_0 = 20 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ до 17 мкм при $E_0 = 30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$, т.е. электронно-пучковая обработка поверхности стали после электровзрывного легирования при вариации плотности энергии электронного пучка $E_0 > 15 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ сопровождается диффузией атомов меди в объем материала (рис.2). С увеличением количества действующих импульсов зона диффузии расширяется (рис.3). Результаты расчетов соответствуют экспериментальным измерениям [1] (рис.4).

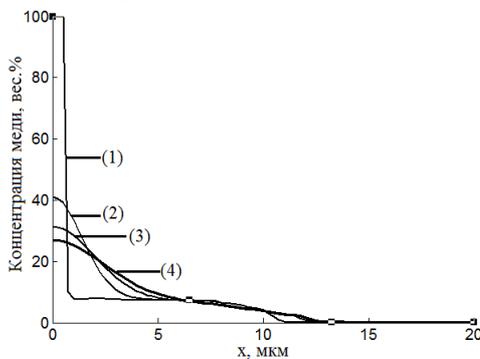


Рис. 2. Расчетные градиенты концентрации меди в стали после импульса с плотностью энергии: (1) – 15 (начальное распределение), (2) – 20, (3) – 25 и (4) – $30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$.

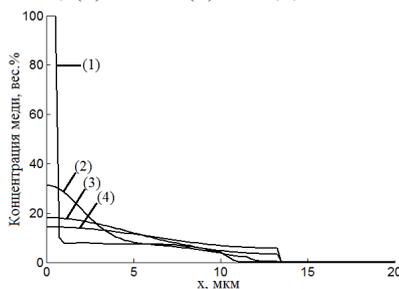


Рис.3. Расчетные градиенты концентрации меди при разном числе импульсов: (2) – 1, (3) – 5, (4) – 10; (1) – начальное распределение; $E_0 = 25$

$\text{Дж} \cdot \text{см}^{-2}$

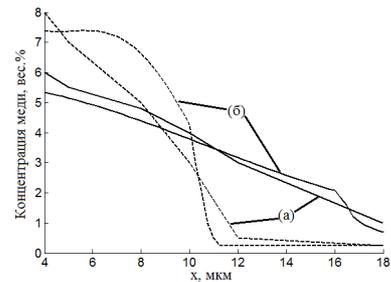


Рис.4. Градиенты концентрации меди стали 45, подвергнутой электровзрывному легированию и последующей электронно-пучковой обработке при $E_0 = 15 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ (пунктирные линии) и $30 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ (сплошные кривые), (а) – расчет, (б) – эксперимент [1] (10 импульсов)

Заключение

Моделирование термодиффузии, включающей в себя задачи теплопроводности и диффузии, позволяет контролировать градиент концентрации легированного элемента при импульсной электронно-пучковой обработке и, следовательно, микротвердость поверхностных слоев. Сравнение численных расчетов с экспериментом показывает, что электронно-пучковая обработка поверхности стали 45 подвергнутой электровзрывному легированию при вариации плотности энергии электронного пучка при $E_s > 15 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ сопровождается диффузией атомов меди в объем материал.

Список использованных источников

1. Формирование структурно-фазовых состояний металлов и сплавов при электровзрывном легировании и электронно-пучковой обработке/под ред. В.Е. Громова. – Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2011. – 212 с.
2. Блейхер Г.А., Кривобоков В.П. Эрозия поверхности твердого тела под действием мощных пучков заряженных частиц. – Нов-ск: Наука, 2014. – 245 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ МРРТ АЛГОРИТМА «ВОЗМУЩЕНИЕ-НАБЛЮДЕНИЕ»

Гимазов Р.У., Шидловский С.В.
Томский политехнический университет
e-mail: ruslgim@gmail.com

Введение

МРРТ (Maximum Power Point Tracking) – отслеживание точки максимальной мощности – это один из способов повышения энергетической эффективности фотоэлектрических модулей и ветроэнергетических установок, путём получения максимальной возможной мощности на выходе указанных систем. Для реализации МРРТ используются цифровые устройства, анализирующие вольт-амперную характеристику (ВАХ) с целью определить оптимальную пару ток-напряжение, обеспечивающую максимум выходной мощности.

На рисунке 1 приведён пример ВАХ фотоэлектрического модуля с обозначенной на ней точкой максимальной мощности.

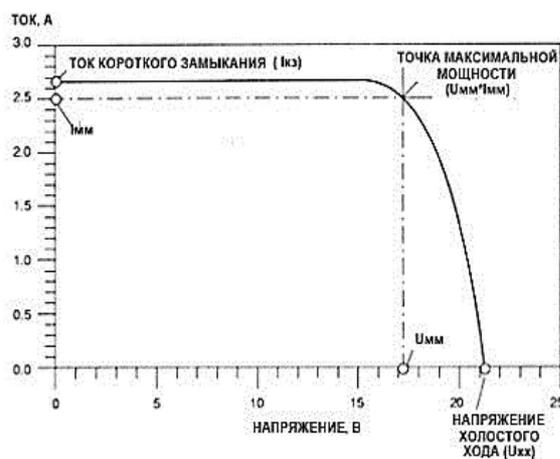


Рис. 1. МРРТ на ВАХ фотоэлектрического модуля

Наиболее распространённым МРРТ алгоритмом является алгоритм «возмущение-наблюдение». В этом методе устройство МРРТ на небольшую величину изменяет входное сопротивление, вследствие чего изменяется напряжение солнечной установки и измеряет мощность, если мощность увеличивается — контроллер продолжает изменять напряжение в этом же направлении, пока мощность не перестанет увеличиваться. Принцип работы алгоритма «возмущение-наблюдение» показан на рисунке 2.

Недостатками алгоритма «возмущение-наблюдение» являются колебания мощности и фиксированное время «восхождения». Решением указанных проблем видится применения аппарата нечёткой логики [1].

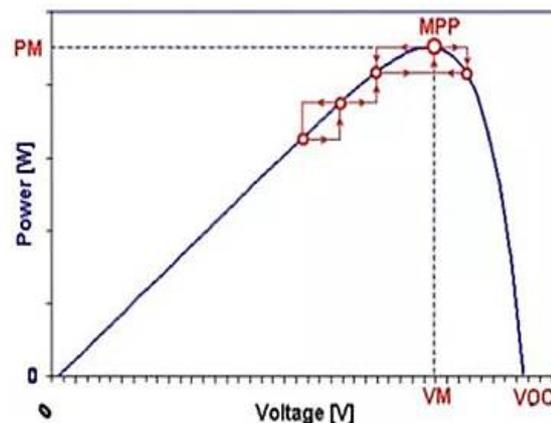


Рис. 2. Принцип поиска точки максимальной мощности по алгоритму «возмущение-наблюдение»

Аппарат нечёткой логики

Математическая теория нечетких множеств позволяет формализовать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и осуществлять нечеткие выводы. Экспериментально показано, что использование нечеткой логики в управлении (нечеткое управление) дает лучшие результаты, по сравнению с получаемыми при традиционных алгоритмах управления [3].

Моделирование МРРТ контроллера

Для исследования внедрения аппарата нечёткой логики в МРРТ-алгоритм разработана модель солнечной фотоэлектрической установки с МРРТ-контроллером заряда [4]. Для создания модели использовалась среда MATLAB, Simulink.

В разработанной модели, представленной на рисунке 3, поиск точки максимальной мощности ведётся по алгоритму «Возмущение-Наблюдение», принцип которого был рассмотрен ранее.

Блок нечёткой логики служит для формирования коэффициента, задающего величину приращения в зависимости от входной лингвистической переменной. Значение масштабирующего коэффициента от входной лингвистической переменной определяется в зависимости от набора правил нечёткого контроллера [2], приведённых в таблице.

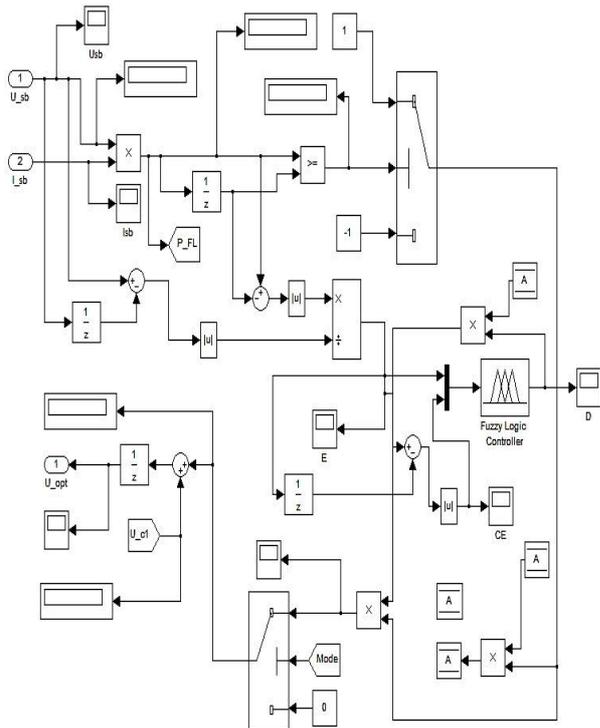


Рис. 3. Модель МРРТ контроллера с нечёткой логикой

Таблица. Правила нечёткого контроллера

$E \downarrow \backslash dE \rightarrow$	low	middle	high
low	low	low	low
middleL	midL	midL	low
middleH	midH	midL	low
high	high	midH	midL

Исследование влияния блока нечёткой логики на работу МРРТ контроллера

Для исследования влияния работы блока нечёткой логики на солнечную фотоэлектрическую установку, были заданы следующие исходные параметры модели:

- напряжение холостого хода $U_{xh}=24$ В, ток короткого замыкания $I_{kz}=6,14$ А;
- нормальные условия: температура 25 0С, уровень солнечной инсоляции $W=1000$ кВт/м², угол падения лучей $\alpha=900$;
- нагрузка потребителей отключена;
- модуль заряжает аккумулятор с номинальным напряжением 12 В, разряжённый до 80 %;

Результаты моделирования представлены на рисунках 4, 5. Зелёным цветом обозначены показатели обычного контроллера, а синим – с нечёткой логикой.

Из рисунка 4 видно, что применение блока нечёткой логики в МРРТ контроллере позволило значительно увеличить скорость нахождения точки максимальной мощности, а также нейтрализовало колебания напряжения, что в свою очередь снизило колебания мощности (рисунок 5).

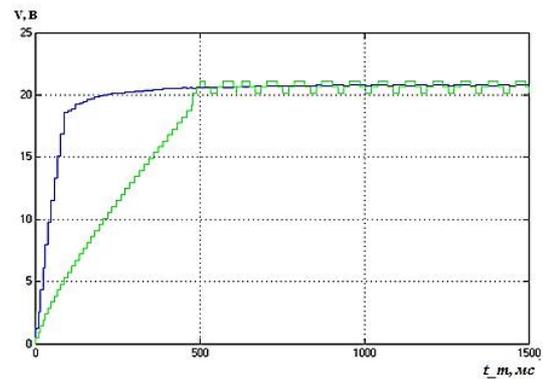


Рис. 4. Сравнение режимов поиска точки максимальной мощности по напряжению

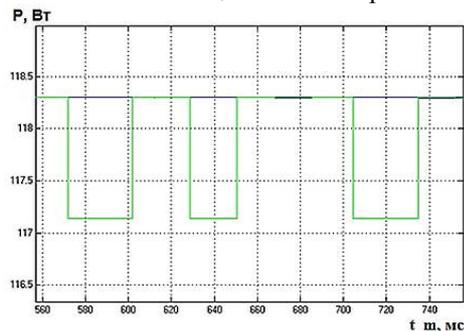


Рис. 5. Сравнение режимов поиска точки максимальной мощности по мощности

Заключение

Подводя итог проведённым исследованиям, можно сделать вывод, что применение аппарата нечёткой логики для улучшения характеристик солнечных фотоэлектрических установок является функциональным и актуальным решением. Изменяя логику нечёткого регулирования и подстраивая её под конкретную систему можно добиться увеличения КПД фотоэлектрической установки на дополнительные 1-2%.

Список использованных источников

1. Шидловский С.В. Автоматическое управление. Перестраиваемые структуры. – Томск: Томский государственный университет, 2006. – 288 с.
2. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru>, свободный (дата обращения 08.09.2016).
3. Pkuksa.org. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pkuksa.org>, свободный (дата обращения: 08.09.2016).
4. Шидловский С.В. Математическое моделирование сложных объектов с распределенными параметрами в задачах автоматического управления структурно-перестраиваемых систем // Известия Томского политехнического университета.– 2009.– Т. 309.– №. 8.– С. 19–22.

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ВИДЕНИЯ ЧЕРЕЗ ОБЛАЧНУЮ АТМОСФЕРУ

Алексеев М. А., Гендрин И. Ю.

Национальный Исследовательский Томский государственный университет
masha_af6@mail.ru

Введение

Рассматривая атмосферу земли, представляем ее в виде среды, состоящей из смеси газов и взвешенных в воздухе твердых и жидких мелких частиц, которые будем называть аэрозолями. Аэрозольные частицы играют существенную роль в процессе переноса излучения, влияя тем самым на погоду и климат Земли. Особо важную роль аэрозольные частицы играют в поглощении и рассеянии солнечного излучения. Вклад аэрозолей в рассматриваемые процессы весьма велик, и поэтому изучение оптики атмосферы невозможно без учета их оптических свойств. [1]

Постановка задачи

Под системой видения понимают схему наблюдения, включающую в себя: а) подстилающую поверхность; б) рассеивающую и поглощающую среду; в) оптическое устройство, осуществляющее регистрацию приходящего излучения. [2]

Рассмотрим рассеивающую среду, в которой происходит процесс излучения фотонов и где располагаются источник и приемник излучения. В качестве рассеивающей среды будем рассматривать слоисто-однородную, аэрозольно-молекулярную атмосферу Земли.

Оптическая модель атмосферы задается следующими характеристиками:

а) полный коэффициент ослабления $\sigma(\lambda, \vec{r}) = \sigma_{sc}(\lambda, \vec{r}) + \sigma_a(\lambda, \vec{r})$, где σ_{sc} – коэффициент рассеяния, σ_a – коэффициент поглощения;

б) $g(\lambda, \mu, \vec{r})$ – индикатриса рассеяния.

Здесь $\vec{r} = (x, y, z)$ – радиус-вектор текущей точки в пространстве, $\mu(\vec{\omega}', \vec{\omega})$ – косинус угла рассеяния излучения, пришедшего с направления $\vec{\omega}'$, в направлении $\vec{\omega}$, λ – длина волны падающего излучения.

Для облачного слоя предполагается задание собственных оптических характеристик.

С математической точки зрения отношение $\frac{\sigma_{sc}}{\sigma}$

σ можно рассматривать как вероятность того, что в точке $\vec{r} = (x, y, z)$ происходит «рассеяние» фотона (изменение направления его движения),

отношение $\frac{\sigma_a}{\sigma}$ – вероятность поглощения фотона

(его исчезновение).

Индикатриса рассеяния $g(\lambda, \mu, \vec{r})$ (с математической точки зрения) представляет собой плотность вероятности того, что в результате столкновения с частицей среды в точке $\vec{r} = (x, y, z)$ фотон, имеющий направление $\vec{\omega}'$, изменит его на $\vec{\omega}$. Наряду с $g(\lambda, \mu, \vec{r})$, которую часто называют нормированной индикатрисой, используют

$$G(\lambda, \mu, \vec{r}) = \int_1^\mu g(\lambda, \mu', r) d\mu'$$

функцию $G(\lambda, \mu, \vec{r})$. Эта функция представляет, очевидно, вероятность того, что в точке столкновения фотон отклонится от направления $\vec{\omega}'$ на угол $\arccos \mu$. Ее называют интегральной индикатрисой рассеяния. [3]

Схема моделирования

Моделирование и расчет необходимых характеристик осуществлялось по алгоритму локальной оценки на прямых и сопряженных траекториях с помощью программного комплекса [1] и состояло из следующих этапов.

1. Определение и ввод известных переменных и констант.
2. Работа с файлами, задание основных характеристик модели атмосферы: коэффициенты поглощения, рассеяния и ослабления; индикатриса рассеяния.
3. Выбор начальной точки движения потока фотонов.
4. Выбор длины свободного пробега l .

Проверка вылета из среды. Если вылет из среды произошел, то возвращаемся на п.3.

5. Вычисление координат очередной точки столкновения по формулам:

$$\begin{aligned}x &= x' + a \cdot l, \\y &= y' + b \cdot l, \\z &= z' + c \cdot l.\end{aligned}$$

6. Выбор типа столкновения (поглощение или рассеяние).
7. Выбор значения косинуса угла рассеяния μ ,
8. Пересчет координат направления пробега по формулам

$$a = a' \cdot \mu - (b' \cdot \sin \varphi + a' \cdot c' \cdot \cos \varphi) \cdot \sqrt{\frac{1 - \mu^2}{1 - c'^2}},$$

$$b = b' \cdot \mu + a' \cdot \sin \varphi - b' \cdot c' \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{1 - \mu'^2}{1 - c'^2}},$$

$$c = c' \cdot \mu + (1 - c'^2) \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{1 - \mu'^2}{1 - c'^2}}.$$

φ – азимутальный угол рассеяния, поэтому $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ будем рассчитывать по следующей схеме:

$$1) W_1 = 1 - 2 \cdot \alpha_1, W_2 = 1 - 2 \cdot \alpha_2$$

$d = W_1^2 + W_2^2$, если $d > 1$, то идем на 1), иначе

$$\cos \varphi = \frac{W_1}{\sqrt{d}}, \quad \sin \varphi = \frac{W_2}{\sqrt{d}}.$$

9. Переход на п.2 для пересчета 1 и дальнейшего моделирования траекторий. [4]

При реализации программного кода выполнено следующее:

1. В программе реализована исходная модель атмосферы, представляющая собой среду, состоящую из 22 слоев, имеющие одинаковые характеристики среды. В программе данная модель задается тремя массивами, которые являются характеристиками среды – это массив индикатрис рассеяния и коэффициентов ослабления и поглощения, и толщиной h .

2. Один из дополнительных программных модулей позволяет вместо аэрозольного слоя вставить облачный слой. В программе мы имеем возможность определить толщину облачного слоя, геометрические и оптические характеристики. При существовании облачного слоя вводятся его измененные характеристики, которые программный код считывает с текстовых документов: индикатриса рассеяния, коэффициенты рассеяния и поглощения. В работе были рассмотрены два вида облачных слоев: облако С1 и дымка Н. Тем самым рассматриваемая среда будет включать в себя как аэрозольные слои, так и слои облачного слоя.

Тем самым в программном коде существует момент выбора: можно рассматривать как безоблачную атмосферу и высчитывать для нее необходимые результаты, так и атмосферу с облачным слоем.

3. Был разработан пользовательский интерфейс, способствующий удобному диалогу пользователя и программы.

4. В программе были разработаны модули, позволяющие изменять оптические и геометрические условия рассматриваемой среды: толщину атмосферы, толщину облачного слоя, индикатрисы рассеяния, коэффициенты ослабления и т.д. Тем самым позволяющие выявить определенные закономерности рассматриваемой среды и определить характер влияния параметров атмосферы на поток света.

Заключение

Была построена имитационная модель распространения излучения по схемам прямого моделирования и моделирования на основе сопряженного уравнения переноса с использованием метода локальной оценки.

При помощи разработанной компьютерной программы произведена серия вычислительных экспериментов, направленных на выяснение влияния облачного слоя на характеристики светового потока, проанализированы полученные данные в соответствии с их физическими закономерностями. Установлены зависимости параметров излучения от геометрических данных среды.

Список использованных источников

1. Алексеенко М.А. Анализ характеристик систем видения по результатам статистического моделирования: магист. дис. на соиск.степ. магист.(14.06.16)/ Алексеенко Мария Александровна; ТГУ- Томск, 2016.- 63с.
2. Зуев В.Е., Белов В. В., Веретенников В. В. Теория систем в оптике дисперсных сред. – Томск: Издательство СО РАН, 1997. – 402 с.
3. Ермаков С.М. Курс статистического моделирования / С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов.- М.:Наука,1976.-319с.
4. Назаралиев М.А. Статистическое моделирование радиационных процессов в атмосфере. – Новосибирск.: Наука,1990.- 226с.
5. Алексеенко М.А. Расчет углового распределения яркости рассеянного излучения методом Монте-Карло // Сборник материалов XIX Всероссийской научно-практической конференции «Научное творчество молодежи. Математика. Информатика». – 2015.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБОЯ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА В ЭЛЕКТРОННЫХ ИСТОЧНИКАХ С СЕТОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ГРАНИЦЫ ЭМИССИОННОЙ ПЛАЗМЫ

Нгуен Бао Хынг

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
baohung.ng@gmail.com

Введение

В электронных источниках с плазменным катодом с сеточной стабилизацией границы эмиссионной плазмы получена стабильная генерация эмиссионной плазмы и электронного пучка с высокой плотностью тока $j_b = (1 \div 10)$ А/см² при ускоряющем напряжении $U_a = (10 \div 90)$ кВ [1-3]. В этих источниках эмиссия электронов из плазмы осуществляется с частично открытой плазменной поверхности в центральной части ячеек сетки и через потенциальный барьер по их краям. Пробой ускоряющего промежутка ограничивает предельные параметры данных источников.

В данной работе проводится теоретическое исследование потенциала сеточного электрода относительно плазмы в электронном источнике с плазменным катодом при сеточной стабилизации плазменной границы и механизма пробоия ускоряющего промежутка.

Потенциал плазмы

Упрощенная схема источника на основе системы СОЛО [1-2] показана на рис. 1. В источнике с многодуговым эмиттером [3] используется несколько катодов. Электронный пучок извлекается через эмиссионное окно, перекрытое сеткой 3 и транспортируется в трубе дрейфа 4 до коллектора 5.

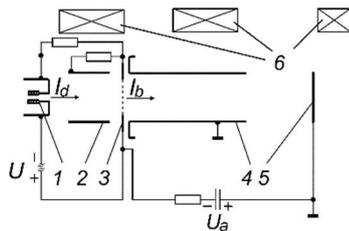


Рис. 1. Схема электродов электронного источника с плазменным катодом: 1 – катод, 2 – анод, 3 – эмиссионный сеточный электрод, 4 – труба дрейфа, 5 – коллектор, 6 – соленоиды

Исходя из уравнения баланса токов в плазменном катоде можно записать выражение для потенциала плазмы относительно эмиссионного электрода:

при эмиссии электронов через потенциальный барьер, $\varphi_n > DU$:

$$\varphi_n = \frac{kT_e}{e} \ln \left[\frac{j_{ch}}{\Delta I_d} \left(S_a + S_e \exp \left(\frac{eDU}{kT_e} \right) \right) \right] \quad (1)$$

при эмиссии с открытой плазменной поверхности, $\varphi_n = DU$:

$$\varphi_n = \frac{mc^2}{e} \left[\frac{\Delta I_d}{NI_A} \right]^{2/3} \left[\left(\frac{j_{ch} S_e}{\Delta I_d} \right)^{1/2} - 1 \right]^{4/3} \quad (2)$$

Здесь j_{ch} – плотность хаотического тока, $I_A = 17$ кА, ΔI_d – разность тока разряда и быстрых электронов, не участвующих в ионизации газа, S_a – площадь металлических поверхностей, на которые поступают электроны, S_e – площадь открытой поверхности сеточного электрода; $N = S_e / (2r_0 + \rho)^2$; r_0 – радиус ячейки сетки; ρ – диаметр проволоки сетки; e и T_e – заряд и температура электронов. Ускоряющее поле, проникающее через ячейки сетки, может быть представлено зависимостью $DU(z) = c_1(r_0 U_a / d) \times \exp(-c_2(\rho - z)/r_0)$; z – осевая координата относительно ячейки сетки, $z = 0$ – плоскость сетки со стороны разрядной плазмы, c_1, c_2 – постоянные, зависящие от прозрачности сетки; d – ширина ускоряющего промежутка в плазменном аноде, определяемая в соответствии с «законом 3/2».

Пробой ускоряющего промежутка

Пробой ускоряющего промежутка ограничивает возможности увеличения энергии генерируемого электронного пучка в плазменном источнике. Сетка стабилизирует границу плазмы до тех пор, пока рост эмиссионного тока компенсируется увеличением потенциала плазмы и, соответственно уменьшением площади эмиссионной поверхности за счет увеличения протяженности слоя пространственного заряда, который отделяет плазму от сеточного электрода. Эмиссия электронов в ускоряющий промежуток происходит с эмиссионной поверхности, координата которой $z_{pl} = \rho [1 - (r_0/c_2) \ln(c_1 c_2 U_a / dE)]$ определяется из равенства газокINETического давления плазмы $E^2 = 8\pi k T_e n_i$ и давления электростатического поля.

На рис. 2 при разных размерах ячейки сетки показана зависимость относительной координаты границы эмиссии z_{pl} / ρ от параметра $\xi = U_a / d E$, где ξ зависит от ускоряющего напряжения, от плотности тока пучка, от концентрации и температуры плазменных электронов.

В электронных источниках с плазменным катодом, как показали эксперименты [2,3], существует некоторое максимальное значение плотности энергии электронного пучка, при котором отсутствует пробой, в узком диапазоне давлений.

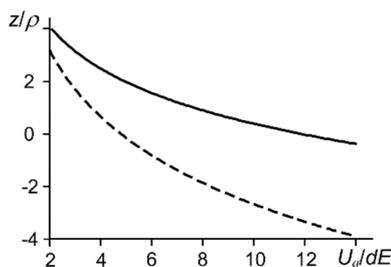


Рис. 2. Зависимость относительной координаты границы эмиссии от отношения U_a/dE ; 1 – $r_0 = 0,15$ мм; 2 – $0,3$ мм

При устойчивой работе электронного источника с плазменным катодом ток эмиссии не превышает ток разряда, а потенциал плазменного электрода ниже критического значения $\varphi_{cr,n}$, при котором происходит пробой слоя плазма – анод (сеточный электрод). Нарушение этих положений, записанное в виде неравенств,

$$\varphi_{cr,n} \leq \frac{mc^2}{e} \left(\frac{eU_a}{mc^2} \right)^{1/4} \left(\frac{9\pi r_0^2 c_1^2 j_b}{\sqrt{2} I_A} \right)^{1/2} f(z_{pl}) < \\ < \frac{mc^2}{e} \left(\frac{\Delta I_d}{NI_A} \right)^{2/3} \left[\left(\frac{j_{ch} S_e}{\Delta I_d} \right)^{1/2} - 1 \right]^{4/3} \quad (3)$$

является условием пробоя ускоряющего промежутка где $f(z_{pl}) = \exp(-(ρ - z_{pl})/r_0)$. Определяющим фактором для межэлектродного пробоя (3) является превышение потенциала плазмы выше критического значения зажигания разряда $\varphi_{cr,n}$.

Если потенциал плазмы $\varphi_n < \varphi_{cr,n}$ и выполняется только правое неравенство в выражении (3) ($DU(z_{pl}) < \varphi$), то при $z_{pl} < 0$ эмиссия электронов в ускоряющий промежуток с открытой плазменной поверхности переходит в эмиссию через потенциальный барьер.

Плазменный пробой происходит при $z_{pl} > ρ$. Модель плазменного пробоя рассмотрена в работе [4], суть которой состоит в том, что пробой ускоряющего промежутка наступает при проникновении в него плазмы из разрядной области, при котором переключение разрядного тока с разрядной плазмы на ускоряющий электрод, сопровождается резким падением напряжения на ускоряющем промежутке.

Из анализа экспериментальных данных электронных источников с плазменным катодом на основе дугового разряда [1-3] следует, что предельные параметры, связанные с пробоем ускоряющего промежутка, связаны с ограничением по плотности энергии переносимой электронным пучком в плазменном аноде. Максимальное значение потенциала плазмы, при котором отсутствует пробой ускоряющего промежутка

$$\varphi_{nmax} = c_3 \frac{mc^2}{e} \left(\frac{eU_a}{mc^2} \right)^{1/4} \left(\frac{9\pi r_0^2 c_1^2 j_b}{\sqrt{2} I_A} \right)^{1/2} \quad (4)$$

где $c_3 = 1,5$ – постоянная учитывает отличие «закона 3/2» для плазменного диода от вакуумного диода. Исходя из формулы (4) оценим максимальные значения потенциала плазмы в электронных источниках с плазменным катодом. В электронном источнике [1] при давлении газа (аргон) $0,11$ Па получен $\varphi_{nmax} = 170$ В. В источнике на основе системы «СОЛО» [2] $\varphi_{nmax} = 255$ В, в источнике с многодуговым эмиттером [3] $\varphi_{nmax} = 270$ В, давление газа (аргон) $0,045$ и $0,035$ Па, соответственно.

Заключение

В электронном источнике с плазменным катодом существенную роль играет взаимосвязь между процессами, происходящими в плазменном аноде, образующемся в пространстве дрейфа пучка при ионизации им рабочего газа, и плазменном катодом. В режиме усиления тока эмиссии основным механизмом пробоя ускоряющего промежутка в плазменных источниках с дуговым разрядом является пробой, ограничивающий пороговую энергию пучка. Определяющим фактором для межэлектродного пробоя является превышение потенциала плазмы выше критического значения $\varphi_{cr,n}$, которое зависит от плотности мощности электронного пучка, давления газа. В электронных источниках с плазменным катодом [1-3] в рабочем диапазоне давлений ($0,035 \div 0,1$) Па критическое значение составляет $\varphi_{cr} \sim (270 \div 170)$ В.

Список использованных источников

1. Devyatkov V.N., Koval N.N. Effect of electron extraction from a grid plasma cathode on the generation of emission plasma // Journal of Physics: Conference Series 552, 2014. – 012014. – doi:10.1088/1742-6596/552/1/012014.
2. Koval N.N., Grigoryev S.V., Devyatkov V.N., Teresov A.D., Schanin P.M. Effect of intensified emission during the generation of a submillisecond low-energy electron beam in a plasma-cathode diode // IEEE Transactions On Plasma Science – 2009. – V. 37(10), – P. 1890-1896.
3. Vorobev M.S., Gamermaster S.A., Devyatkov V.N., Koval N.N., Sulakshin S.A., Shchanin P.M. An electron source with a multiarc plasma emitter for obtaining submillisecond pulsed megawatt beams // Tech. Phys. Lett., – 2014, – № 6, – V. 40, – P. 506-508.
4. Григорьев В. П., Коваль Т.В., Озур Б. Е. Формирование и транспортировка низкоэнергетических сильноточных электронных пучков в плазмонаполненном диоде во внешнем магнитном поле // ЖТФ, – 2010. – В. 1. – Т. 80. – С. 103-109.

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОСТЫХ ДЕРЕВЬЕВ В СРЕДЕ MYSQL

Саяпин Н.А.

Научный руководитель - Хабитуев Б. В.
Бурятский государственный университет
nsajapin@gmail.com

Введение

В настоящее время многие информационные системы применяют в работе деревья. Они предназначены для хранения информации о списках друзей, для реализации списка участников бонусных программ и других задач. Однако при построении деревьев разработчики часто сталкиваются с такой проблемой, как быстрая генерация деревьев. Не секрет, что при достаточно большом объеме данных многие системы начинают проявлять сбои в работе. Поэтому основной задачей разработчиков является разработка таких генераторов деревьев, которые позволяют вставить как можно больший объем узлов за меньшее время.

Целью работы является реализация системы для генерации структур типа «Деревья» на языке программирования PHP с использованием системы управления базами данных MySQL.

Описание структур деревьев

В работе над системой были реализованы четыре базовые структуры для работы с классами деревьев, описание которых, а также их преимущества и недостатки описаны в следующем пункте работы.

Список смежности является самой простой структурой для работы с базами данных. Для его реализации достаточно прописать связи между родителями и детьми [2]. Данная структура является быстро обновляющейся, так как она не требует никаких пересчетов и обновлений потомков во всей таблице базы данных, содержащей в себе эту структуру. Также с помощью этой структуры очень легко получить всех непосредственных потомков родителя. Однако получение полного дерева потомков для больших деревьев будет достаточно долгим процессом. На рисунке 1 представлен вид таблицы базы данных, реализующей структуру «Список смежности».

adjacency_list			
🔑	user_id	integer(11)	🔧
	parent_id	integer(11)	🔧
	user_name	varchar(255)	🔧

Рис. 1. Структура таблицы базы данных MySQL, хранящей в себе структуру «Список смежности»

Материализованный путь или перечисление путей - структура хранения деревьев, в каждом элементе которого хранится информация о полном пути до данного элемента, подобно пути в

файловой системе. С помощью данной структуры можно легко получить дерево всех потомков, а также легко вставить новые элементы. Но при этом хранение пути в строке для большого объема данных неоптимально в связи с ограничениями строки, задаваемыми в типе переменной. В случае изменения материализованного пути хотя бы одного элемента требуется изменение всех его потомков, что является довольно долгой и затратной для памяти операцией. Структура таблицы, реализующей метод хранения деревьев «Материализованный путь», изображена на рисунке 2.

materialized_path			
🔑	user_id	integer(11)	🔧
	user_path	varchar(255)	🔧
	user_name	varchar(255)	🔧

Рис. 2. Структура таблицы базы данных MySQL, хранящей в себе структуру «Материализованный путь»

Вложенные множества - структура, каждый узел которой имеет в себе два дополнительных ключа - левый и правый. Для того, чтобы заполнить данные ключи, нужно полностью обойти все дерево, дважды посещая каждый из узлов и обновляя его левый и правый ключи, в связи с чем модификации в деревьях будут происходить довольно медленно, особенно в начале деревьев большого объема [1]. Благодаря этому такие выборки из деревьев, как получение деревьев потомков и предков, а также получение соседних и пустых узлов будет довольно быстрым. Рисунок 3 описывает таблицу, которая и описывает нижеизложенный метод.

nested_sets			
🔑	user_id	integer(11)	🔧
	user_name	varchar(255)	🔧
	left	integer(11)	🔧
	right	integer(11)	🔧
	level	integer(11)	🔧

Рис. 3. Структура таблицы базы данных MySQL, хранящей в себе структуру «Вложенные множества»

Таблица замыканий - шаблон проектирования, использующий для хранения 2 таблицы: таблицу для хранения связей между сущностями и таблицу для хранения самих сущностей. С помощью данной структуры можно легко выбрать всех наследников данного дерева, а также вставить или удалить какой-нибудь узел в дереве [3].

Единственным недостатком данной структуры является ее хранение в двух таблицах базы данных, чей типичный вид представлен на рисунке 4. Этот недостаток является довольно весомой проблемой для баз данных, которые содержат свыше миллиона записей.

Рис.4. Структура таблицы базы данных MySQL, хранящей в себе структуру «Таблица замыканий»

Результаты выполнения генерации деревьев

В рамках данной работы был реализован программный код, позволяющий генерировать 1000 произвольных узлов для деревьев на языке программирования PHP. В качестве системы управления базами данных применяется свободная реляционная система MySQL. Для каждой из структур хранения деревьев было произведено операции по вставке произвольной тысячи узлов, причем узлы могли либо не иметь родителя, либо иметь родителя, но находящегося в пределах данных генерируемых узлов. Результаты работы программного кода представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты генерации случайных узлов в различных структурах деревьев

Структура	Количество опытов	Лучший результат (мс)	Худший результат (мс)
Список смежности	30	42	113
Материализованный путь	30	65	425
Вложенные множества	30	214	270
Таблица замыканий	30	28	105

Как видно из опыта, структура хранения деревьев «Таблица замыканий» является наиболее оптимальной и быстрой для использования на практике. Структура «Список смежности» показывает результат немного медленней предыдущей структуры. Из таблицы видно, что структуры «Материализованный путь» и «Вложенные множества» не являются оптимальными при работе с генерацией узлов деревьев.

Помимо программного кода, реализующего генерацию деревьев, был также реализован программный код генерации произвольного количества потомков для некоторого узла определенного уровня. В таблице 2 приведены результаты работы системы при добавлении 12 произвольных узлов третьего уровня,

наследующихся от некоторого произвольного узла второго уровня.

Таблица 2. Результаты генерации потомков третьего уровня от случайного узла второго уровня

Структура	Количество опытов	Лучший результат (мс)	Худший результат (мс)
Список смежности	10	54	120
Материализованный путь	10	24	71
Вложенные множества	10	880	2300
Таблица замыканий	10	23	29

Заключение

В результате работы были рассмотрены четыре основные структуры хранения деревьев в базе данных, а также реализован программный код генерации случайных узлов для всех этих структур.

В настоящее время система дорабатывается для получения более быстрых результатов. В дальнейшем она будет расширена для работы со всеми основными операциями языка SQL (вставка, удаление, обновление, получение данных). Помимо этого, будет реализован модуль для работы с деревьями на PHP-фреймворке Yii2.

Список использованных источников

1. Celco, J. Joe Celco's Trees and Hierarchies in SQL for Smarties. – San Francisco, Morgan Kaufmann, 2012.
2. Storing hierarchical data: Materialized Path [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/46659/>, свободный (дата обращения: 19.10.2016).
3. Иерархические структуры данных и Doctrine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bojanz.wordpress.com/2014/04/25/storing-hierarchical-data-materialized-path/>, свободный (дата обращения: 19.10.2016).
4. Карвин, Б. Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение. – Москва, Рид Групп, 2012. – 336 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ МЕТАДАННЫХ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Лайком Д. Н.

Силич В. А.

Томский политехнический университет

wedun@tpu.ru

Введение

В современной науке большую роль играет документирование научных исследований. Научные статьи позволяют систематизировать результаты проведённого эксперимента. Опубликованные статьи позволяют эффективно делиться результатами проделанной работы с коллегами, работающими в этой или смежных научных областях. Также большую ценность представляют метаданные, по которым написаны статьи.

При больших объемах проанализированной информации необходимо организовать эффективный способ хранения метаданных статей. Метаданные могут быть использованы для развития научного направления, по которому была написана статья, либо для опровержения результатов проделанной работы.

В связи с этим учёные всё чаще сталкиваются с проблемой неэффективной работы с публикациями из-за высокой сложности поиска информации в публикациях, большого времени поиска, высоких затрат на анализ опубликованных статей. Дополнительной проблемой является комплексная система для комплексной обработки информации. Для успешного воспроизведения эксперимента ученым необходимо знать исходный набор данных, используемые методы исследования, промежуточные данные и результаты исследования. Все эти данные вместе с публикациями авторов требуют эффективной обработки. Помимо эффективного хранения требуется обеспечивать поиск по результатам экспериментов с целью упрощения доступа к результатам прошедших экспериментов. Доступ необходим для обеспечения повторяемости экспериментов (для подтверждения, опровержения или развития результатов прошедших экспериментов). Помимо упрощения работы над результатами прошедших экспериментов необходимо разработать метод предсказания наборов исходных данных, которые будут полезны в будущих экспериментах [1].

Описание метаданных научных статей

К метаданным статей можно отнести информацию об авторах, выпусках журналов, статьях и источниках, по которым была написана статья. Выделим список атрибутов для каждого из типов метаданных:

Метаданные для авторов:

- Имя

- Фамилия
- Id автора во внешних системах
- Место работы

Метаданные для статей:

- CDSID
- CDSInternal
- CDSReportNumber
- ArXivCode
- DOI
- Введение
- Дата создания
- Ключевые слова

Метаданные публикаций:

- Объем статьи
- Заголовок
- Год выпуска

Этим набором параметров можно однозначно описать опубликованные статьи и их авторов. Кроме это вместе со статьями необходимо хранить наборы данных, которые были проанализированы при написании статей.

Цель исследование

Решить проблему хранения метаданных научных статей и последующего воспроизведения результатов экспериментов [2].

Задачи исследования:

1. Определить текущую модель хранения экспериментальных данных.
2. Определить схему хранения результатов экспериментов.
3. Подобрать и настроить программный комплекс для хранения и представления результатов экспериментов.
4. Перенести текущие результаты эксперимента в новую систему.
5. Настроить автоматическую работу каталога знаний.

Общие требования к системе:

- Качество анализа статей (извлечение семантической информации)
 - Скорость анализа статей
 - Полнота предоставления информации
 - Возможность анализа данных в базе (Агрегация информации из разных источников)
 - Стоимость разработки и внедрения
- Выбор СУБД

На этапе проектирования системы был сформирован ряд требований к СУБД:

1. Работать с неструктурированными данными.
2. Обработать сложные запросы без прерывания работы.

3. Иметь большую скорость чтения при работе в распределённой среде.
4. Иметь возможность атомарно хранить информацию об объектах системы.

Недостатком реляционных баз данных является высокая сложность написания запросов, а также сложностью гарантированно получить результат из-за высокой сложности операций, выполняемых в запросе [3].

Проанализировав требования было решено использовать СУБД Virtuoso. Кроме изложенных выше требований она имеет функциональный и разветвлённый API.

Способ хранения данных

Зная, что в базе будут собраны научные статьи из разных баз данных, было принято решение для каждого объекта в базе данных использовать уникальные идентификаторы (GUID). Объекты в базе данных Virtuoso описываются при помощи триплетов вида: «субъект-предикат-объект». Пример такого триплета:

<document/1072d978-3ac1-4fa6-b3bc-854493aba7c6><hasKeyword> 'QCD'. Языком запросов к базе данных является язык SPARQL. Он позволяет эффективно и выразительно описывать запросы к данным.

Способы решения задач

Исходя из поставленных задач сбыли сформированы способы решения каждой из них.

Таблица 1. Задачи системы и способы их решения.

Название задачи	Способ решения
Метод обработки научных статей.	Проанализировать тексты научных статей, выделить ключевые слова. Произвести лексический и синтаксический разбор приложений в тексте. Проанализировать рисунки и табличные данные.
Технология представления информации по запросу.	На основе обработанных данных статей, разработать систему, которая позволит ученым получать информация о публикациях по заданной теме.
Методика предсказания наборов данных для будущих исследований.	На основе проанализированных текстов научных статей в автоматическом режиме строить карту вероятности использования заданных наборов данных для будущих исследований.

Функции системы

К основным функциям разрабатываемой системы можно отнести:

Функции системы

- Метод обработка научных статей.
- Технология представления информации по запросу.
- Методика предсказание наборов данных для будущих исследований.

Вывод

Предложен новый метод организации метаданных научных публикаций. Он позволяет решить проблему эффективного хранения и обработки метаданных статей.

Современные исследования проводятся большим количеством научных коллективов. Для совместной работы необходим эффективный инструмент для обмена результатами исследований. Для обеспечения эффективной работы системы хранения документов необходимо учитывать особенности работы используемых СУБД.

Полученные результаты могут быть использованы структурными подразделениями государственных и образовательных учреждений в процессах упорядочивания баз данных научных работ, опубликованных их сотрудниками, а также другими научными коллективами при выполнении научно-исследовательских работ.

Список использованных источников

1. 1.Ахаев А.В. Формирование базы знаний экспертной системы на основе онтологии с использованием оригинального языка представления знаний/ А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский // Электронные средства и системы управления. – 2013. - № 2. – С. 3-7
2. 2. Тузовский А.Ф. Разработка систем управления знаниями на основе единой онтологической базы знаний / А.Ф. Тузовский // Известия томского политехнического университета. - 2007 – № 2. – С. 182-185
3. 3. Park S.C. Dynamic rule refinement in knowledge-based data mining systems / S.C. Park, S. Piramuthu, M.J. Shaw // Dynamic rule refinement in knowledge-based data mining systems. - № 2. – С. 205-222
4. 4. Квятковская И. Ю. Использование онтологий для создания баз общих знаний при классификации информации о предметной области / И. Ю. Квятковская // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. - № 4. – С. 22
5. 5. Боровский А. А. Перспективы применения технологий машинного обучения к обработке больших массивов исторических данных / А. А. Боровский // Кибернетика и программирование. – 2015. - № 1. – С. 77-11

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ УСТОЙЧИВОСТИ БАНКОВ

Ткаченко А.П.

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Крицкий О.Л.

Лаборатория Data-mining данных для экономико-математических процессов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

e-mail: asay.stasa93@mail.ru

Введение. Цель данной работы – разработать эконометрическую модель вероятности дефолта банка, и на основе предложенной модели представить анализ (кластеризацию) банков второго уровня РК на предмет устойчивости к различным финансовым шокам.

Анализ эмпирических данных. Разработанная нами методика анализа устойчивости коммерческих банков второго уровня РК основывается на анализе взаимодополняющих характеристик, которые описывают эффективную деятельность банков. Из доступных данных, публикуемых на сайте Национального банка Казахстана, были отобраны и рассчитаны следующие коэффициенты и параметры: чистая процентная маржа (M), процентный спред (S), доля кредитов с просроченным платежом от общего объема кредитов (C), доходность активов (PA), работающие активы в активах всего (WA), рентабельность активов (RA), рентабельность собственного капитала (RC) и пруденциальные коэффициенты $k3, k3', P_0$ [1,2].

Методика диагностики устойчивости банка [3,4]:

1. По каждому из используемых показателей выбирается оптимальное значение из исследуемых банков. В зависимости от смысла показателей берется или максимальное или минимальное значение.

2. Из найденных оптимальных значений формируют так называемый «идеальный банк», который представляет собой наиболее устойчивый банк.

3. Производится нормировка показателей «идеального банка» и исследуемых показателей банков второго уровня.

4. Рассчитываем меру устойчивости конкретного банка, как расстояние от «идеального банка» до выбранного банка. Расстояние задается евклидовой метрикой.

Первоначальные расчеты данных показателей и коэффициентов предоставлены в виде табл. 1.

Следующим этапом анализа устойчивости банка идет нормировка полученного десятимерного пространства признаков. Нормировать данное пространство будем относительно «идеального банка».

Найденные нормированные значения представлены в табл. 2.

Следуя методике диагностики устойчивости банков, мы выполняем на следующем шаге

вычисление евклидовой метрики относительно «идеального банка». Данные расчетов приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, наименьшая метрика является расстояние от «идеального банка» до АО «Цеснабанк». В этом случае она равна **0,25**.

Таким образом, среди банков можно выделить несколько различных групп. Первая группа банков соответствует значению ρ от 0 до 0,3. Вторая группа – значению ρ от 0,31 до 0,4. Третья группа банков находится на расстоянии от 0,41 до 0,9 от идеального банка. И, наконец, для последней группы $\rho > 0,9$.

Дополнительно, в каждой группе можно выделить лидеров с наименьшим наблюдаемым отличием от идеального состояния, а также упорядочить оставшиеся банки по возрастанию значения ρ .

Заключение. Проблема устойчивости коммерческих банков имеет свои особенности, которые выявляются при распределении финансовых ресурсов, оценке итогов их деятельности, структуре используемых активов. Разработанная методика анализа устойчивости банков на примере Республики Казахстан помогает выявить эффективно работающие финансовые организации.

Список литературы

1. Закон РК от 31 августа 1995 г. № 2444 О банках и банковской деятельности в Республике Казахстан.

2. Закон РК от 30 марта 1995 г. № 2155 «О Национальном Банке Республики Казахстан».

3. Токешева К. Н. Методика анализа конкурентоспособности банков Казахстана. – М.: Сборник материалов «XIV международная научно-практическая конференция «Модернизация казахстанской экономики: актуальные проблемы посткризисного развития», 2010. – 100 С.

Таблица 1. Исходные данные

№	Наименование банка	M	S	(k3)	(k3')	(Po)	C	PA	WA	RA	RC
1	АО "КАЗКОММЕРЦ БАНК"	0,072	0,052	0,164	0,089	0,122	0,133	0,131	0,591	-0,02	-0,11
2	АО "Народный Банк Казахстана"	0,05	0,04	0,217	0,056	0,151	0,142	0,09	0,646	0,042	0,22
3	АО "Цеснабанк"	0,048	0,043	0,233	0,011	0,012	0,054	0,097	0,663	0,014	0,1
4	ДБ АО "Сбербанк"	0,048	0,042	0,313	0,031	0,033	0,177	0,095	0,786	0,002	0,015
5	АО "Банк ЦентрКредит"	0,043	0,033	0,138	0,038	0,046	0,248	0,095	0,705	0,001	0,007
6	АО "KASPI BANK"	0,06	0,049	0,095	0,007	0,007	0,214	0,133	0,741	0,012	0,065
7	АО "АТФБанк"	0,032	0,028	0,241	0,002	0,003	0,189	0,096	0,599	0,015	0,092
8	АО "ForteBank"	0,038	0,035	0,241	0,018	0,027	0,15	0,114	0,641	0,017	0,064
9	АО Евразийский Банк"	0,064	0,062	0,236	0,080	0,083	0,146	0,136	0,648	0,006	0,036
10	АО "Банк "Bank RBK"	0,047	0,044	0,129	0,010	0,010	0,105	0,11	0,667	0,001	0,003
11	Идеальный банк	0,072	0,062	0,095	0,002	0,003	0,054	0,136	0,786	0,042	0,22

Таблица 2. Нормированные исходные данные

№	Наименование банка	M	S	(k3)	(k3')	(Po)	C	PA	WA	RA	RC
1	АО "КАЗКОММЕРЦ БАНК"	0,11	0,078	0,244	0,132	0,181	0,197	0,194	0,878	-0,03	-0,16
2	АО "Народный Банк Казахстана"	0,069	0,053	0,287	0,074	0,2	0,188	0,121	0,853	0,055	0,29
3	АО "Цеснабанк"	0,067	0,06	0,323	0,015	0,017	0,075	0,135	0,919	0,019	0,138
4	ДБ АО "Сбербанк"	0,054	0,048	0,358	0,036	0,038	0,203	0,108	0,9	0,002	0,016
5	АО "Банк ЦентрКредит"	0,056	0,043	0,179	0,049	0,06	0,322	0,123	0,915	0,001	0,009
6	АО "KASPI BANK"	0,075	0,061	0,119	0,009	0,009	0,27	0,167	0,932	0,015	0,082
7	АО "АТФБанк"	0,046	0,041	0,351	0,003	0,004	0,276	0,14	0,871	0,022	0,133
8	АО "ForteBank"	0,054	0,049	0,337	0,025	0,038	0,209	0,159	0,896	0,023	0,089
9	АО Евразийский Банк"	0,088	0,085	0,322	0,109	0,113	0,199	0,185	0,883	0,008	0,048
10	АО "Банк "Bank RBK"	0,067	0,063	0,185	0,014	0,014	0,15	0,158	0,955	0,001	0,004
11	Идеальный банк	0,086	0,074	0,113	0,002	0,004	0,064	0,161	0,935	0,05	0,261

Таблица 3. Значения метрики ρ относительно «идеального банка»

№	Наименование банка	Метрика ρ
1	АО "КАЗКОММЕРЦБАНК"	0,52
2	АО "Народный Банк Казахстана"	0,32
3	АО "Цеснабанк"	0,25
4	ДБ АО "Сбербанк"	0,39
5	АО "Банк ЦентрКредит"	0,38
6	АО "KASPI BANK"	0,22
7	АО "АТФБанк"	0,35
8	АО "ForteBank"	0,33
9	АО "Евразийский Банк"	0,37
10	АО "Банк "Bank RBK"	0,29

Таблица 4. Значения метрики ρ относительно «идеального банка»

№	Наименование банка	Метрика ρ
1	АО "Цеснабанк"	0,25
2	АО "KASPI BANK"	0,28
3	АО "Банк "Bank RBK"	0,29
4	АО "Народный Банк Казахстана"	0,32
5	АО "ForteBank"	0,33
6	АО "АТФБанк"	0,35
7	АО "Евразийский Банк"	0,37
8	АО "Банк ЦентрКредит"	0,38
9	ДБ АО "Сбербанк"	0,39
10	АО "КАЗКОММЕРЦБАНК"	0,52

МОДЕЛЬ ДОРОЖНОГО ПЕРЕКРЕСТКА С АДАПТИВНЫМ СВЕТОФОРОМ

Белькевич И. В.

Югорский государственный университет

RAVEN94-94@yandex.ru

Введение

Увеличение общего количества транспорта резко повысило интенсивность движения автомобилей, в частности из-за того, что большинство людей едут на работу практически в одно и то же время. Особенно остро проблемы «часа пик» проявляются в узловых пунктах улично-дорожной сети (УДС) - перекрестках. Здесь возникают пробки - длинные очереди автомобилей, которые замедляют движение транспорта, увеличивают время передвижения, приводят к более быстрому изнашиванию механизма транспортных средств и увеличению расхода топлива. Причиной таких ситуаций часто является светофор. В силу этого необходимость в моделировании и оптимизации алгоритмов управления фазами светофора является актуальной.

Целью работы являлось построение модели дорожного движения одного из перекрестков в г. Ханты-Мансийске и проведение компьютерных экспериментов по оптимизации работы светофора.

Проектирование модели

В качестве объекта моделирования был выбран перекресток улиц Чехова – Калинина г. Ханты-Мансийска. План-схема перекрестка и направления движений представлены на рисунке 1.

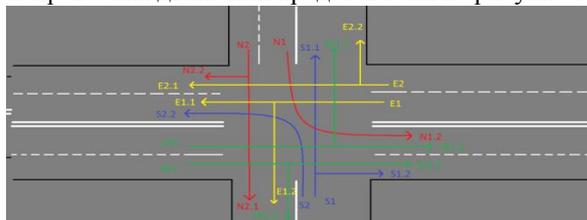


Рис. 8. План-схема перекрестка

Была собрана статистика интенсивности (количество автомобилей по каждому направлению за пять минут) движения автомобилей. Время сбора статистики с 7:00 до 19:00.

На рисунке 2 представлен график одного из направлений по полученным результатам. Было выявлено четыре пика: утренний, обеденный, послеобеденный и вечерний.

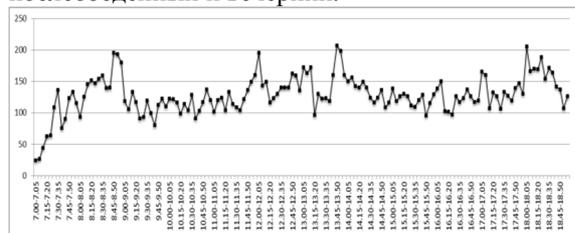


Рис. 2. График интенсивности

Реализация модели

Для построения модели использовалась библиотека Дорожного движения программы AnyLogic.

AnyLogic - инструмент имитационного моделирования, который поддерживает следующие подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно динамический и агентный, а также любую их комбинацию. AnyLogic использует объектно-ориентированную парадигму программирования.

В данной модели использовалась комбинация дискретно-событийного и агентного подходов.

Библиотека Дорожного движения позволяет моделировать и визуализировать движение потоков машин. С ее помощью можно промоделировать как движение машин на автомагистрали, так и уличный трафик машин, транспортировку на производстве, парковки и любые другие системы с машинами, дорогами и дорожными полосами.

Используемые объекты в модели:

CarSource - создает машины. В свойствах этого объекта задаются параметры такие как интенсивность машин, расстояние между автомобилями, длина и ширина машины, ускорение, торможение и т.д.

CarDispose - Удаляет машины из модели.

CarMoveTo - объект, который управляет движением машины.

SelectOutput - Объект направляет входящие заявки в один из пяти выходных портов в зависимости от выполнения заданного условия.

TrafficLight - моделирует светофор, может контролировать движение транспорта на указанных перекрестках или стоп-линиях.

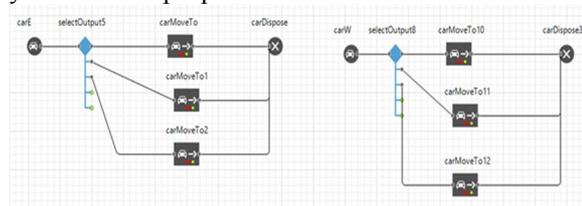


Рис. 3. Диаграмма процесса дорожного трафика

Эксперимент

Рассматриваются 2 эксперимента:

- 1) Режим работы светофора с постоянной длительностью зелёного сигнала;
- 2) Режим работы светофора с адаптивной длительностью зелёного сигнала

Пусть в обоих экспериментах единицей модельного времени является минута, а

наблюдаемый период времени T содержит 9 промежутков по 5 минут. Интенсивность движения задаётся Таблицей 1: на 1, 2, 8 и 9 промежутках интенсивность равна $I_{ср}$, в течение 3, 4 промежутков линейно растёт до $I_{макс}$, на 5 промежутке интенсивность равна $I_{макс}$, а в течение 6 и 7 промежутков линейно падает до значения $I_{ср}$.

Фазы зелёного и красного сигнала светофора равны 35 и 25 секундам соответственно. Фаза желтого сигнала равна 3 секунды. Зелёный сигнал пешеходного светофора равен 15 секундам.

Максимальная интенсивность $I_{макс}=101$ автомобиль по Чехова_W, $I_{макс}=105$ автомобилей по Чехова_E.

В эксперименте подсчитывается средняя длина очереди автомобилей, которая образуется перед запрещающим (красным) сигналом светофора.

Таблица 1. Интенсивность автомобилей

Промежутки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интенсивность	$I_{ср}$	$I_{ср}$	I_3	I_4	$I_{макс}$	I_6	I_7	$I_{ср}$	$I_{ср}$

Режим светофора с постоянной длительностью зелёного сигнала:

Результаты эксперимента приведены в Таблице 2. Эксперимент показал, что максимальное значение средней длины очереди по Чехова_W $L_{макс}=24,7$, по Чехова_E $L_{макс}=25,3$.

Таблица 2. Средняя очередь по Чехова_E и Чехова_W

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чехова_E	1	1	9	15,5	25,3	14	8,25	1,7	1
Чехова_W	1	1,25	7,7	13,75	24,7	15	7,75	2	1

Режим светофора с адаптивной длительностью зелёного сигнала:

В этом режиме задаётся критическое значение средней длины очереди $L_{кр}$. Если значение средней длины очереди становится больше или равно 10, то светофор переходит в адаптивный режим, что означает увеличение времени зелёного сигнала на Δt секунд и уменьшения красного на Δt секунд. Результаты эксперимента приведены в Таблице 3. Эксперимент показал, что максимальное значение средней длины составляет по Чехова $L_{2макс}=15,3$, по Чехова_E $L_{2макс}=16$.

Таблица 3. Средняя очередь по Чехова_E и Чехова_W

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чехова_E	1	1	9	14	16	11,2	7,5	1,7	1
Чехова_W	1	1,2	7,7	12,2	15,3	12	7,5	2	1

На Рисунке 4 и Рисунке 5 показаны графики интенсивностей двух режимов светофора по Чехова_E и Чехова_W.

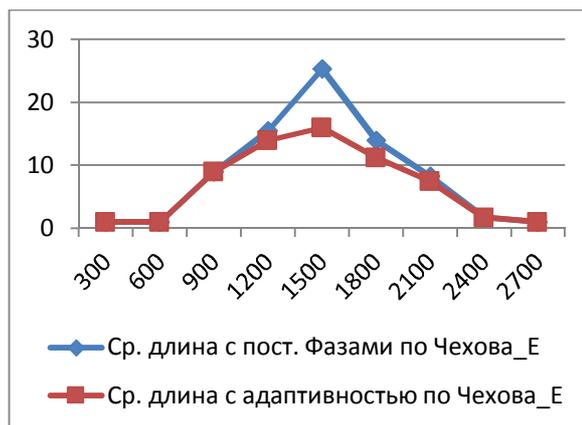


Рис. 4. График двух режимов по Чехова_E

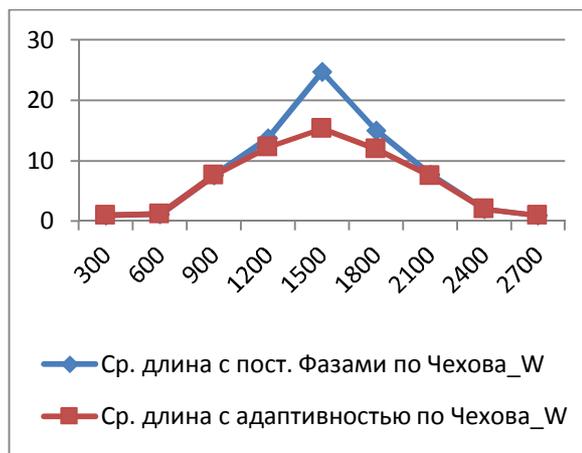


Рис. 5. График двух режимов по Чехова_W

Таким образом, уменьшение средней длины очереди по Чехова_E составило 36,6%, а по Чехова_W составило 38,7%.

Заключение

Опыт построения и анализа модели, приведенной в данной работе, показывает, что методы имитационного моделирования могут быть эффективны при принятии управленческих решений по организации дорожного движения.

Список использованных источников

1. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5: Учебное пособие [Текст] / Карпов, Ю.Г. – СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2005. -400 с.
2. Об AnyLogic — Инструмент имитационного моделирования AnyLogic. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.anylogic.ru/overview>
3. Справочная документация – Инструмент имитационного моделирования AnyLogic. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.anylogic.ru/anylogic/help/>

ОЦЕНКА ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ В ЗАДАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Замятина В. С., Лунева Е. Е.
Научный руководитель: Лунева Е.Е.
Томский политехнический университет
zamiatina.v@gmail.com

Введение

В настоящее время социальные сети довольно часто используются для выражения пользователями своего личного мнения по интересующей их теме. Мнение некоторых пользователей оказывает информационное влияние на мнение других. Существуют сервисы, которые позволяют оценить популярность и влияние пользователей, однако любая информация об используемых методах вычисления является закрытой. Более того, большинство сервисов не предоставляет какие-либо данные о влияемости пользователей в пределах какой-либо определенной предметной области [1, 2].

Цель данной работы – разработать способ, вычисления показателя влияния пользователей некоторой социальной сети в заданной предметной области.

Теоретический анализ

В результате теоретического обзора в области вычисления информационного влияния пользователей друг на друга в социальных сетях было обнаружено, что подобного рода задача является задачей поиска «ключевых игроков» («key players problem», KPP). В качестве математической модели, представляющей пользователей и структуры связей между ними, может быть использован социальный граф. В таком графе вершины представляют собой социальные объекты – пользовательские профили или сообщества, а ребра – связи между этими объектами [3].

Согласно С. Боргатти [4], существует два типа ключевых игроков: KPP-NEG (Negative) и KPP-POS (Positive). Для решения поставленной в данной работе задачи основной интерес представляют игроки второго типа, KPP-POS.

Существует ряд методов и подходов, позволяющий решить задачу поиска ключевых игроков [4-6]:

- Метод, основанный на вычислении показателей центральности социального графа. Недостаток такого подхода для решения представленной в данной работе задачи – нечувствительность показателей центральности, в частности, при их вычислении для избыточных графов.

- Метод, использующий комбинаторную оптимизацию и жадный алгоритм. Алгоритмы

такого метода требуют больших вычислительных затрат.

- Подход, основанный на вычислении информационной энтропии.

- Подход, основанный на вычислении коммуникационной эффективности.

Для решения поставленной задачи был выбран последний подход. Это обусловлено его относительно простой реализацией, низкими требованиями к вычислительному ресурсу, помимо этого, согласно работам, описывающим этот подход, он дает стабильные результаты. Коммуникационная эффективность социального графа G может быть вычислена следующим образом [5]:

$$E(G) = \frac{\sum_{i \neq j \in G} \varepsilon_{ij}}{N(N-1)} = \frac{1}{N(N-1)} * \sum_{i \neq j \in G} \frac{1}{d_{ij}},$$

где N - количество узлов графа G , ε_{ij} - коммуникационная эффективность, обратно пропорциональная d_{ij} – кратчайшему расстоянию между узлами i и j .

При вычислении эффективности E узлы последовательно исключаются из графа. Узел, при удалении которого коммуникационная эффективность минимальна, представляет собой наиболее влиятельного пользователя. Однако при вычислении показателя эффективности требуется определить правила, согласно которым будет строиться социальный граф, а самое главное – определить вес его ребер, на основе которого вычисляются кратчайшие расстояния между узлами.

В современных социальных сетях информация распространяется через механизм подписки пользователей. Однако факт подписки пользователя еще не означает, что он действительно заинтересован в публикациях на какую-либо тему или подвержен информационному влиянию автора публикаций.

Интерес одного пользователя к мнению другого можно проследить по следующим характеристикам: количество комментариев к публикации, репостов этой публикации и упоминаний автора публикаций. Таким образом, мера заинтересованности пользователя A пользователем B может быть выражена функцией $f(x, y, z, l)$, где x - количество репостов с комментарием пользователя A , y - количество репостов, z - количество комментариев, l - количество упоминаний пользователя B пользователем A .

Предлагается определить функцию $f(x, y, z, l)$ согласно методу анализа иерархий, Т. Саати [7] посредством попарного сравнения значимости введенных характеристик x, y, z, l . По мнению авторов, а также опираясь на существующие в литературе представления, характеристики можно проранжировать следующим образом: x - очень высокая степень заинтересованности, y - высокая степень заинтересованности, z - средняя степень заинтересованности, l - некоторая степень заинтересованности. В результате чего, функция заинтересованности пользователя A пользователем B имеет вид:

$$f(x, y, z, l) = 0,68x + 0,12y + 0,1z + 0,09l. (1)$$

Таким образом, вес направленного ребра от узла A к узлу B представляет собой значение $1/f(x, y, z, l)$. В результате, предлагаемый способ вычисления влияния пользователей некоторой социальной сети состоит в вычислении коммуникационной эффективности взвешенного социального графа, ребра которого определяются функцией $f(x, y, z, l)$ в соответствии с (1).

Экспериментальный анализ

Для выполнения экспериментального анализа был реализован компонент в среде разработки Microsoft – Microsoft Visual Studio 2013, с использованием языка программирования C# и шаблона проектирования MVC (model-view-controller). Данные для анализа были загружены из социальной сети Twitter. Архитектура приложения представлена на рисунке 1.



Рис. 1 Диаграмма компонентов приложения

Сценарий работы приложения выглядит следующим образом. Пользователь вводит ключевое слово, по которому будет происходить поиск исходных данных. Программное приложение обращается к социальной сети Twitter и выгружает по заданной предметной области данные, на основе которых выстраивает социальный граф. По построенному социальному графу происходит анализ показателей «авторитетности» пользователей, результат которого предоставляется пользователю, а также передается компонентом на хранение в базе данных.

Экспериментальный анализ был произведен в две фазы: на подготовленных заранее данных, а также на реальных данных, загруженных из социальной сети Twitter. В случае с тестовыми наборами данных, где наиболее влиятельные пользователи были определены заранее, предложенный метод правильно определил влиятельных пользователей в 84% случаев. При

работе с реальными графами, тестирование было проведено на графах, содержащих от 6 до 500 узлов. Результаты эксперимента подтвердили работоспособность метода вычисления показателя влиятельности пользователя. Однако при обработке достаточно больших объемов данных программный компонент показывает низкую производительность. Такой недостаток может быть устранен путем модификации алгоритма вычисления кратчайших расстояний между узлами и алгоритма сортировки данных. Помимо этого, дальнейшее направление развития компонента – возможность использовать набор ключевых слов, что позволит более корректно выбирать набор анализируемых данных.

Заключение

В данной работе был представлен способ оценки влиятельности пользователя социальной сети, а также реализующий его компонент. Преимуществом разработанного компонента является возможность поиска влиятельных пользователей для заданной предметной области. Тестирование разработанного компонента как на подготовленных заранее данных, так и на реальных данных, загруженных из социальной сети Twitter, показало возможность применения предложенного способа и работоспособность компонента. Эксперименты на заранее подготовленных данных показали, что метод позволяет корректно определять влиятельных пользователей в 84% случаев. Дальнейшим направлением работы будет являться модификация используемых алгоритмов для повышения производительности компонента, повышение точности предложенного способа, а также предоставление возможности использования набора ключевых слов для более корректного выбора данных для анализа.

Список использованных источников

1. Del Campo-Avila J., Moreno-Vergara N., Trella-López M. Bridging the Gap Between the Least and the Most Influential Twitter Users//Procedia Computer Science - 2013. С 437-444
2. Cossu J-V, Dugue N, Labatut V Detecting Real-World Influence Through Twitter//2nd European Network Intelligence Conf (ENIC) - 2015. С 89-30
3. Luneva, E.E., Banokin, P.I., Yefremov, A.A., Tiropanis, T. Method of evaluation of social network user sentiments based on fuzzy logic // Key Engineering Materials – 2016. – Т. 685. – С. 847-851
4. S. P Borgatti. Identifying sets of key players in a social network//Social Networks. – 2006. C124-134.
5. Ortiz-Arroyo D. Discovering Sets of Key Players in Social Networks//Computational Social Networks Analysis. – 2010. С 32-33.
6. Stephen P Borgatti. On the Robustness of Centrality Measures Under Conditions of Imperfect Data. – 2006. С 22-34.
7. Саати, Томас Л. Принятие решений; Метод анализа иерархий : пер. с англ. //Т. Л. Саати. — Москва: Радио и связь, 1993. — 314 с.

ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ БАЛОЧНО-ПЛАСТИНЧАТОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БАЛКУ С УЧЕТОМ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.

Крысько В.А. –мл., Яковлева Т.В.
СГТУ имени Гагарина Ю.А.
vadimakrysko@gmail.com

Постановка задачи

В работе построена математическая модель контактного взаимодействия многослойного пакета, состоящего из пластины и балки с зазором между ними, на которую действуют продольная знакопеременная нагрузка (рис.1).

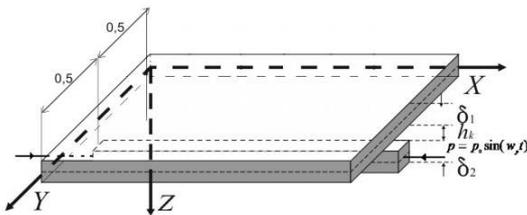


Рис.1 Расчетная схема.

Контактное взаимодействие учитывается по модели Винклера. Пластина и балка изотропные, между ними имеется малый зазор h_k , и соединены они через краевые условия. Уравнения для пластин и балок рассматриваются линейные, пластины подчиняются кинематической модели Кирхгофа-Лява, балки – Эйлера-Бернулли. Математическая модель описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{1}{\lambda^2} \frac{\partial^4 w_1}{\partial x^4} + \lambda^2 \frac{\partial^4 w_1}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 w_1}{\partial x^2 \partial y^2} \right) + \\ + \frac{\partial^2 w_1}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w_1}{\partial t} - K(w_1 - w_2 - h_k) \Psi_1 = 0, \\ \frac{1}{12} \frac{\partial^4 w_2}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 w_2}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w_2}{\partial t} + P_x \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} + \\ + K(w_1 - w_2 - h_k) \Psi_1 = 0, \end{cases} \quad (1)$$

$$\Psi_1 = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(w_1 - h_k - w_2)]$$

Соотношение $K(w_1 - w_2 - h_k) \Psi_1$ представляет собой контактное давление между слоями. $\Psi_1 = 1$, если $w_1 > w_2 + h_k$ – есть контакт между пластиной и балкой, иначе $\Psi_1 = 0$. w_1, w_2 – функции прогибов пластины и балки соответственно, K – коэффициент жесткости трансверсального обжатия структуры в зоне контакта. Появление зон сцепления маловероятно, поскольку контактное давление между слоями невелико. Условия контакта между слоями могут зависеть от координат и включать все виды несовершенного

одностороннего контакта [1]. Система уравнений (1) приведена к безразмерному виду обычным образом [2].

К исходным уравнениям следует присоединить граничные условия - шарнирное опирание по контуру:

$$\begin{aligned} w_i = 0; \quad w_i''|_x = 0; \quad \text{при } x=0;1; \\ w_i = 0; \quad w_i''|_y = 0; \quad \text{при } y=0;1; \quad i=1,2 \end{aligned}$$

и начальные условия:

$$\begin{aligned} w_i(x, y)|_{t=0} = 0, \quad \dot{w}_i(x)|_{t=0} = 0, \\ \dot{w}_i|_{t=0} = 0, \quad i=1,2 \end{aligned}$$

К этим условиям следует добавить условия не проникновения одной системы в тело другой.

Описание алгоритма

Полученные системы конструктивно-нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных (1) сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка методом Бубнова-Галеркина в высших приближениях. Функции w_1 и w_2 , являющиеся решениями системы (1), приближенно аппроксимируем выражением в виде произведения функций, зависящих от времени и от координат:

$$\begin{aligned} w_1 &= \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N A_{kj}(t) \sin(k\pi x) \sin(j\pi y), \\ w_2 &= \sum_{k=1}^{N_1} A_k^2(t) \sin(k\pi x) \end{aligned}$$

В результате получаем систему второго порядка относительно функций времени, которую сводим к системе первого порядка с помощью метода замены переменной. Задачи Коши для нелинейной системы уравнений первого порядка решаются методами типа Рунге-Кутты четвертого порядка. Анализ получаемых результатов осуществляется с помощью методов нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений: строятся для каждого элемента пакета сигналы, фазовые портреты, Фурье-спектры, применяются вейвлет-преобразования Морле [3-4] и анализ знаков показателей Ляпунова по методу Вольфа, Розенштейна и Канца.

Численные результаты

Между элементами балочно-пластинчатой системы задан зазор $h_k = 0.1$. Частота внешней нагрузки задана равной частоте собственных колебаний пластинки $\omega_p = 4.22$. Изучим влияние коэффициента диссипации на контактное взаимодействие. Положим $\varepsilon = 0$, в этом случае первое касание балки и пластины происходит под действием продольной нагрузки с интенсивностью $p_0 = 0.3$. При этом колебания пластины и балки носят хаотический характер с доминирующей частотой $\omega_1 = 3$. График (рис.3) 2D вейвлет-спектр демонстрирует явление перемежаемости частот.

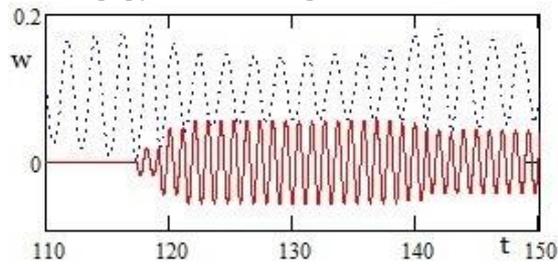


Рис.2 Сигналы балки (пунктир) и пластинки (сплошная линия) соответственно при $\varepsilon = 0$.

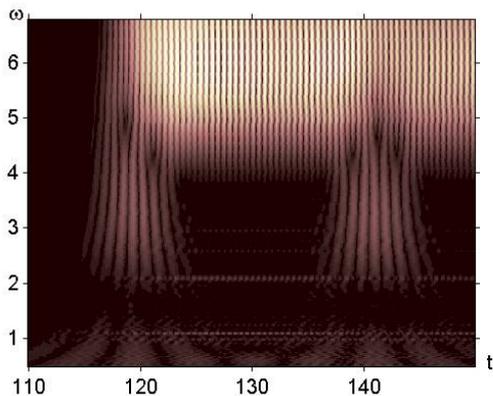


Рис.3 2D вейвлет-спектра для пластинки.

Далее рассмотрим диссипативную систему - $\varepsilon = 1$. В этом случае первое контактное взаимодействие балки и пластины происходит при интенсивности нагрузки $p_0 = 1.5$.

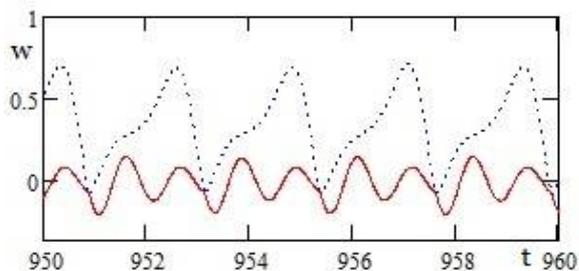


Рис.4 Сигналы балки (пунктир) и пластинки (сплошная линия) соответственно при $\varepsilon = 1$.

Работа выполнена при финансовой поддержке

гранта Президента РФ МК-5609.2016.8

Заключение

В результате проведения численного эксперимента можно сделать вывод о том, что контактное взаимодействие пластины и балки, при продольном нагружении на последнюю, приводит многослойную систему в хаотическое состояние. При исследовании сложных колебаний балочно-пластинчатой системы обнаружено явление перемежаемости частот.

Список использованных источников

1. Кантор Б.Я. Контактные задачи нелинейной теории оболочек вращения. АН УССР. Ин-т пробл. машиностроения. – Киев: Наук. думка, 1990. –100 с.
2. Awrejcewicz J., Krysko-Jr. V.A., Yakovleva T.V., Krysko V.A. Noisy contact interactions of multi-layer mechanical structures coupled by boundary conditions. Journal of Sound and Vibration. No. 369. 2016. pp. 77–86.
3. Яковлева Т.В., Крылова Е.Ю., Баженов В.Г., Крысько В.А. Сложные колебания и контактное взаимодействие пластины, подкрепленной балкой с зазором между ними, в условиях экстремальных режимов нагружения. Известия ВУЗов. Строительство. – 2016. – № 3. – с. 13-23.
4. Yakovleva T.V., Bazhenov V.G., Krysko V.A., Krylova S.Y. Contact interaction plates, reinforced by ribs, with gaps under the influence of white noise. PNRPU Mechanics Bulletin. 2015. No. 4. pp. 259–27

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЁРТЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ

Савицкий Ю.В.

Научный руководитель: В.Г. Спицын
Томский политехнический университет
mr-l-ik@yandex.ru

Введение

Задача распознавания лиц является одной из самых востребованных практических задач в сфере интеллектуальной обработки изображений.

Актуальность данной работы обусловлена потребностью в разработке алгоритма распознавания лиц в реальных условиях, обеспечивающего высокую степень надёжности результата распознавания. Реализация алгоритма, способного решать поставленную задачу распознавания лиц в режиме реального времени, является неотъемлемым требованием организаций, работающих в сфере обеспечения безопасности.

Большинство алгоритмов распознавания лиц могут быть разделены на следующие этапы:

1. Поиск лица.
2. Нормализация найденного изображения.
3. Извлечение признаков.
4. Классификация.

Данная работа посвящена исследованию применения свёрточных нейронных сетей для извлечения вектора признаков из изображения лица.

Свёрточные нейронные сети

Свёрточная нейронная сеть – особый вид архитектуры искусственных нейронных сетей прямого распространения, разработанный для обработки изображений.

Основным отличием свёрточных нейронных сетей от классических многослойных сетей прямого распространения является использование операции свёртки и операции подвыборки. На рисунке 1 приведена типичная схема архитектуры свёрточной нейронной сети.

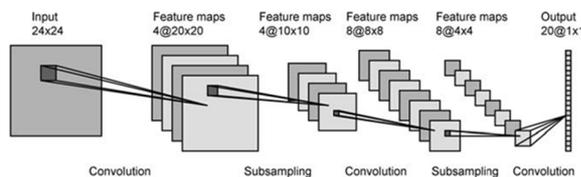


Рис. 1. Схема архитектуры свёрточной нейронной сети

Исходя из рисунка 1, входное изображение представляется как матрица чисел. Операция свёртки представляет собой проход ядром свёртки по матрице входных данных для получения карты признаков. Ядром свёртки является матрица чисел, которая представляет собой фильтр, а картой признаков является матрица, получаемая в процессе применения ядра свёртки к входным

данным. Операция подвыборки заключается в уменьшении размерности, в большинстве случаев путём выбора максимума по нескольким соседним ячейкам карты признаков.

Обычно заключительным слоем свёрточной нейронной сети является полносвязный слой, выход которого будет являться вектором признаков заданного изображения.

Реализация свёрточной сети

На текущий момент существует множество инструментов для работы со свёрточными нейронными сетями, к ним относятся: Caffe, dlib, Theano, Torch7, TensorFlow. В ходе проведённого аналитического обзора было принято решение на текущем этапе использовать библиотеку Caffe.

Библиотека Caffe разрабатывается командой Berkeley Vision and Learning Center и предназначена для научных разработок в сфере компьютерного зрения [1]. Библиотека написана на языке C++ и имеет API для языков C++, Python, а также Matlab. Задание архитектуры сети производится в текстовом файле на специализированном языке, похожем на JavaScript.

Для обучения сети была выбрана база лиц Casia-WebFace [2], изображения которой были приведены к размеру 160x160. Данный набор содержит порядка 500 000 изображений 10 575 персон.

Архитектура сети и параметры метода обучения были подобраны исходя из рекомендаций, даваемых в литературе, и наблюдений за процессом обучения. Итоговая сеть показана в таблице 1.

Таблица 1. Архитектура нейронной сети

Входное изображение 160x160
Conv1, размер ядра 3x3, кол-во ядер 16, шаг 1 Pool1, размер ядра подвыборки 3x3, шаг 1 Tanh1
Conv2, размер ядра 3x3, кол-во ядер 32, шаг 1 Pool2, размер ядра подвыборки 3x3, шаг 1 Tanh2
Conv3, размер ядра 3x3, кол-во ядер 64, шаг 1 Pool3, размер ядра подвыборки 3x3, шаг 1 Tanh3
Conv4, размер ядра 3x3, кол-во ядер 128, шаг 1 Pool4, размер ядра подвыборки 3x3, шаг 1 Tanh4
FC, размер 2000 Sigm
FC-classification, 10 575

В таблице 1, схематично представляющей нейронную сеть, Conv# - свёрточный слой, Pool# - подвыборка, Tanh# - применение

гиперболического тангенса как функции активации, FC – полносвязный слой, Sigm – применение сигмоидной функции, FC-classification – полносвязный слой, используемый для обучения. Итоговый вектор признаков получается из слоя Sigm, его размерность равняется 2000.

В качестве алгоритма обучения был выбран метод Adam с рекомендуемыми параметрами из [3]. Параметр learning rate = 0,0001, weight decay = 0,0001, длительность обучения 300 000 итераций.

Тестирование

Тестирование обученной сети было решено проводить на базе Labeled Faces in the Wild (LFW) [4]. Данная база содержит 13233 изображений 5749 персон. Данный набор формировался специально для проведения тестирования алгоритмов распознавания лиц. LFW содержит специальный тестовый список из 6000 пар изображений, разделённый на 10 частей, по 300 совпадающих пар и по 300 несовпадающих для перекрёстной проверки.

Для тестирования изображения были приведены к размеру 160x160. В качестве метрики было использовано расстояние Евклида. Между получаемыми с помощью нейронной сети векторами находилось расстояние, которое сравнивалось с порогом допущения совпадения пары векторов. В случае если расстояние было меньше порога допущения, пара считалась совпадающей, в противном случае – несовпадающей. Для сравнения результатов работы сети, была построена кривая зависимости истинно-положительных срабатываний от ложноположительных срабатываний, при изменении порога допущения, приведённая на рисунке 2.

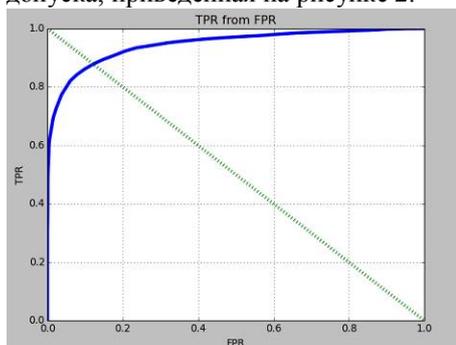


Рис. 2. Зависимость доли истинно-положительных (TPR) от доли ложноположительных (FPR) срабатываний

В качестве точечной оценки принято использовать значение доли истинно-положительных срабатываний, лежащее на диагонали, показанной на рисунке зелёной пунктирной линией. Чем выше данное значение, тем качественней в смысле распознавания считается алгоритм.

Для обученной сети данное значение равно 0,878. Данный результат превосходит результаты, приведенные в [5] – 0,8445 и в [6] – 0,8554 для

алгоритмов, не использующих нейронные сети. Кроме того, данный результат превосходит результат 0,876 приведённый в [7], использующий ансамбль из 16 свёрточных сетей и метод Join Bayesian как меру сходства.

Заключение

В результате проделанной работы была построена архитектура свёрточной нейронной сети. Предложенная свёрточная нейронная сеть была обучена с использованием библиотеки Caffe на базе Casia-WebFace. Обученная сеть была протестирована на базе лиц LFW. Полученные результаты были соотнесены с результатами других алгоритмов, использующих и не использующих нейронные сети. Результаты тестирования показали, что используемый подход к построению архитектуры и обучению нейронных сетей является перспективным, и может быть использован в разработке алгоритмов распознавания лиц.

В дальнейших работах планируется уделить больше внимания изучению влияния параметров метода обучения на результаты работы сети, влияние качества обучающей выборки, а также возможность использования других функций активации.

Список использованных источников

1. Yangqing Jia, Evan Shelhamer, Jeff Donahue, Sergey Karayev, Jonathan Long, Ross Girshick, Sergio Guadarrama, Trevor Darrell Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding // arXiv preprint arXiv:1408.5093. – 2014.
2. Dong Yi, Zhen Lei, Shengcai Liao and Stan Z. Li Learning Face Representation from Scratch // arXiv preprint arXiv:1411.7923. – 2014.
3. D. Kingma, J. Ba Adam: A Method for Stochastic Optimization // arXiv preprint arXiv:1412.6980. - 2015.
4. Gary B. Huang, Marwan Mattar, Honglak Lee, Erik Learned-Miller Learning to Align from Scratch // Advances in Neural Information Processing Systems. - 2012.
5. N. Kumar, A. C. Berg, P. N. Belhumeur, and S. K. Nayar Attribute and Simile Classifiers for Face Verification // IEEE International Conference on Computer Vision . - 2009.
6. Cao Z, Yin Q, Tang X, Sun J Face recognition with learning-based descriptor // Computer Vision and Pattern Recognition. - 2010. - C. 2707-2714.
7. Hu G, Yang Y, Yi D, Kittler J, Christmas W, Li SZ, Hospedales T. When face recognition meets with deep learning: an evaluation of convolutional neural networks for face recognition // IEEE International Conference on Computer Vision. - 2015. - C. 142-150.

РАЗРАБОТКА ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ФАКТОРНОГО И КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Воскобойникова О.Б., Ершов И.А.
Научный руководитель: Стукач О.В.
Томский политехнический университет
zaragik@yandex.ru

Введение

Производство полупроводниковой продукции - сложный технологический процесс, состоящий из большого количества операций, таких как механическая и химическая обработка, пассивация, маркировка и т.д. В современном мире каждое предприятие стремится к большей производительности, обеспечению конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынке, к востребованности выпускаемой продукции и, впоследствии, получению наибольшей прибыли. Этого невозможно достигнуть без управления качеством на всех стадиях жизненного цикла продукции. Но на качество продукции и выход годных изделий влияет множество причин, из-за чего процент выхода годных изделий неизбежно падает. Своевременное отслеживание отклонений показателей качества на разных стадиях способствует снижению затрат производства, повышению выхода годных изделий, а также к увеличению общей эффективности.

Решение задачи по управлению качеством можно разделить на два направления. Первое – это непрерывное улучшение производства и второе – это создание некоторой эталонной модели, с которой сравниваются характеристики реального процесса. В данной статье рассматривается вопрос о создании такой эталонной модели.

Были взяты статистические данные с производства интегральных схем. Технологический маршрут состоит примерно из 250 операций, в базе данных это независимые переменные. На рисунке 1 приведен фрагмент базы, в которой первая переменная – процент выхода годных чипов, а последующие величины – это технологические параметры и результаты измерений.

Для выявления переменных, в наибольшей степени влияющих на процент выхода годных изделий, проводится корреляционный анализ и рассчитываются коэффициенты корреляции.

На рис. 2 приведены результаты корреляционного анализа. Расчеты выполнены в программе Statistica 8.0 [2]. Видно, что данный метод не позволяет выявить множество значимых переменных в связи с тем, что коэффициенты корреляции близки по значению и есть много ложных корреляций.

	1 % выхода годных	2 Глубина травления мкм	3 Сопротивление	4 Ёмкость ВУФ	5 Контроль внешнего вида	6 Ток сток-исток	7 Напряжение затвор-исток	8 Спад сигнала	9 Ёмкость конденсаторов	10 Сопротивление резисторов	11 Контроль внешнего вида
1	66	0.144	11.4	17	1.5	26	19	2	0	1.3	10.6
2	37	0.135	12	16	1.5	26	21	0	0	1.3	10.8
3	38	0.135	12	24	1.5	26	21	0	0	1.3	10.4
4	38	0.144	12	24	1.5	26	21	0	0	1.3	10.9
5	45	0.135	12	24	1.5	26	21	0	0	1.3	11.0
6	41	0.145	12	18	1.5	26	21	0	0	1.3	11.0
7	23	0.135	13.4	19	1.5	26	21	0	0	1	11.2
8	45	0.143	13.3	17	1.5	26	21	0	0	1	12.4
9	41	0.135	14	17	1.5	26	21	0	0	1	11.7
10	52	0.135	14	18	1.5	26	21	0	0	1	11.2
11	25	0.135	13.5	25	1.5	26	21	0	0	1	10.6
12	16	0.145	15.5	28	1.5	26	21	0	0	1.4	9.7
13	14	0.135	14.5	24	1.5	26	21	0	0	1.4	9.5
14	29	0.149	15.5	28	1.5	26	21	0	-0.06	1.38	10.7
15	6	0.148	16	28	1.7	26	21	0	-0.063	1.35	9.8
16	19	0.142	16	25	1.5	19	21	0	-0.058	1.43	10.0
17	46	0.142	15.5	25	1.5	26	21	0	0	1.42	9.6
18	23	0.135	15.3	25	1.5	26	21	0	-0.06	1.5	9.6
19	6	0.15	14.1	24	1.68	25	20	0	-0.075	1.51	10.0
20	53	0.143	15.5	28	1.5	26	21	0	0	1.4	9.9
21	62	0.151	13.4	15	1.5	26	21	0	0	1.7	11.0
22	61	0.144	14	25	1.5	26	21	0	0	1.7	10.9
23	53	0.156	13.1	24	1.5	26	21	0	0	1.65	9.7

Рис.1 Фрагмент данных

Variable	Correlations (данные_1) Marked correlations are significant at p < .05000 N=24 (Casewise deletion of missing data)
Сопротивление	-0.43
Ёмкость ВУФ	-0.42
Ток сток-исток	0.23
Напряжение затвор-исток	-0.15
Спад сигнала	0.35
Ёмкость конденсаторов	0.63
Сопротивление резисторов	0.16
Контроль внешнего вида	-0.41
Ток сток-исток	-0.30
VBD, V конденсатор	-0.21
Ток после пассивации	0.19
Толщина пластины	0.06
Начальные потери	-0.65
Паразитная модуляция	-0.76

Рис.2. Корреляционная матрица

Обычно для выявления множеств переменных, значимо влияющих на зависимую переменную, проводится факторный анализ. Факторный анализ позволяет отслеживать стабильность корреляционных связей между отдельными параметрами. Именно корреляционные связи между параметрами, а также между параметрами и общими факторами содержат основную диагностическую информацию о процессах. Применение пакета Statistica при выполнении факторного анализа исключает необходимость использования дополнительных вычислительных средств и делает анализ наглядным.

На рис. 3 приведен график факторных нагрузок, который показывает, что после объединения переменных коррелированность компонентов между факторами весьма высока. Наиболее близки к проценту выхода годных изделий три переменных, что вместе образует главный фактор. Количество других факторов определить невозможно из-за большого разброса значений коэффициентов корреляций на плоскости.

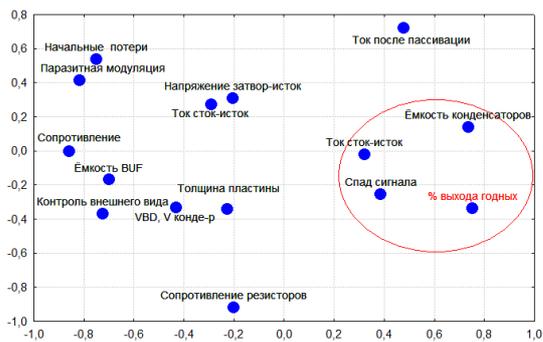


Рис.3. График факторных нагрузок

Количество общих факторов (гиперпараметров) определяется путём вычисления собственных чисел (рис. 4) матрицы факторов в модуле факторного анализа системы Statistica.

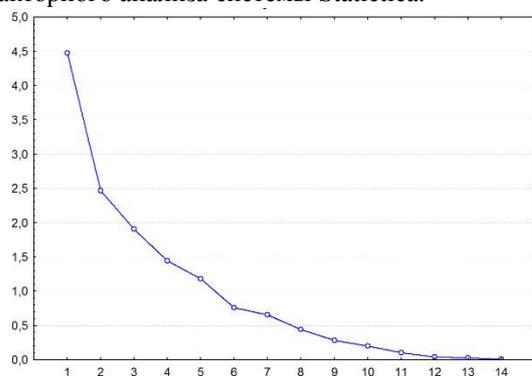


Рис.4. График собственных чисел

Из рис. 4 видно, что для полупроводникового производства факторов существенно больше двух, то есть каждая переменная или каждый технологический параметр значимо влияет на независимую переменную.

В результате применения факторного анализа удалось подтвердить гипотезу, что выявление скрытых факторов, отвечающих за линейную статистическую корреляцию не позволяет прояснить взаимосвязь между переменными в виде большого разброса значений. Применение факторного анализа позволяет определить наиболее значимые переменные, но с увеличением числа факторов существенно возрастают трудности их физической интерпретации. Проведем дополнительные исследования на определения значимых переменных методом кластерного анализа (К-средних).

Метод кластерного анализа

Покажем, что применение кластерного анализа данных для полупроводникового производства позволяет выявлять наиболее значимые переменные. Рассмотрим пример применения метода К-средних в программном комплексе Statistica. Целью кластерного анализа является объединение переменных в К кластеров. Для определения количества кластеров используется построение дендрограммы, то есть древовидная

кластеризация. Для исследуемых данных дендрограмма построена на рис. 5.

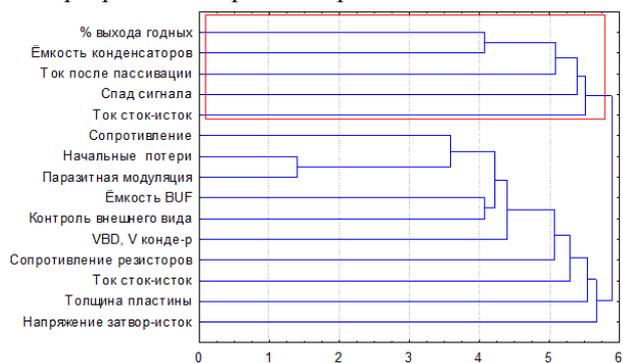


Рис.5. Дендрограмма

Из рис. 5 следует, что при пороговом расстоянии, равном 3, в один кластер с процентом годных изделий попадают все переменные, определённые в факторном анализе. Это даёт возможность провести кластеризацию методом К-средних и уточнить переменные, наиболее близкие к независимой переменной в смысле максимальной близости по расстоянию (рис. 6).

Members of Cluster Number 3 (dannye_2 - нормирование) and Distances from Respective Cluster Center	
Cluster contains 5 variables	
Variable	Distance
% выхода годных	0.621207
Ток сток-исток	0.815920
Спад сигнала	0.894715
Емкость конденсаторов	0.620337
Ток после пассивации	0.810765

Рис.6. Расчет расстояний в кластерном анализе

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что сочетание методов факторного и кластерного анализа даёт возможность определить переменные, значимо влияющие на процент выхода годных изделий в полупроводниковом производстве.

Заключение

На сегодняшний день контроль качества является одним из приоритетных направлений работы. Это связано в первую очередь с потребностью в повышении производительности производства и качества выпускаемой продукции. В данной статье рассматривается методика создания модели качества, которая будет включать в себя использование факторного и кластерного анализа для выявления наиболее значимых показателей качества продукции.

Литература

1. Lars Monch, John W. Fowler, Scott J. Mason, "Production Planning and Control for Semiconductor Wafer Fabrication Facilities". Springer, NY, P. 299. ISSN 1387-666X, DOI 10.1007/978-1-4614-4472-5.
2. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 163 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Попова Н. В., Белинская Н. С., Францина Е. В., Афанасьева Д. А.

Белинская Н. С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
nvp5@tpu.ru

Введение

Современная тенденция нефтеперерабатывающей промышленности – использование каталитических химико-технологических процессов переработки углеводородного (в том числе тяжелого) сырья. Главная особенность промышленных каталитических процессов переработки высококипящих углеводородных фракций – это нестационарность, обусловленная различием технологических режимов, химическими превращениями и дезактивацией катализатора. Одновременный учет данных факторов практически невозможен, что вызывает основную сложность в решении задач по прогнозированию поведения сложных каталитических систем на длительный срок.

Данная проблема может быть решена с использованием математических моделей, разработанных на основе фундаментальных закономерностей превращения углеводородов на поверхности катализатора с учетом факторов нестационарности и взаимного влияния каждого из сопряженных процессов, протекающих в аппаратах единой химико-технологической системы. Данное исследование сосредоточено на совершенствовании математической модели процесса гидродепарафинизации с учетом факторов нестационарности.

Ранее, на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики Томского политехнического университета научным коллективом была разработана математическая модель процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив, учитывающая работу сопряженной системы «реактор депарафинизации – колонна стабилизации» [2]. Процесс направлен на получение дизельного топлива различных марок с улучшенными низкотемпературными свойствами и низким содержанием серы. Так как сырьем процесса часто являются высококипящие фракции углеводородов широкого диапазона, а катализатор процесса имеет тенденцию к закоксуыванию и дезактивации, необходимо максимально приблизиться к пониманию процесса дезактивации катализатора, чтобы иметь возможность проводить оптимизацию процесса для получения, соответствующего требованиям качества продукта в необходимых объемах.

Объектом исследования являются промышленные установки каталитической депарафинизации дизельных топлив.

Математическое моделирование процесса

Разработка оптимальной технологии эксплуатации катализатора позволила бы максимально использовать ресурс катализатора при соблюдении требований по качеству и количеству продукта.

В качестве исходных данных для разработки модели были использованы экспериментальные данные с реальной промышленной установки процесса каталитической депарафинизации: технологические условия в широком интервале изменения расхода сырья, температуры, расхода ВСГ и его состава, а также состав сырья и продукта в широком интервале изменения концентраций групп компонентов.

Методами для создания математической модели послужили: метод квантовой химии для подсчета термодинамических характеристик реакций и составления формализованной схемы превращений (рис.1); стратегия системного анализа и математическое моделирование в среде HYSYS.

Термодинамический анализ реакционной способности углеводородов показал, что наиболее вероятной реакцией в процессе депарафинизации является целевая реакция гидрокрекинга высокомолекулярных парафинов нормального строения. Целевые реакции дегидрирования низкомолекулярных парафинов с последующей их изомеризацией через стадию образования олефина также имеют высокую вероятность. Основной побочной реакцией является коксообразование.

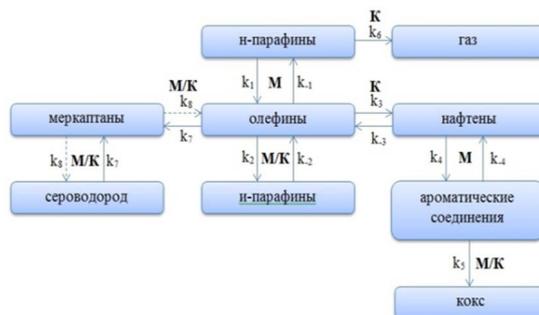


Рисунок 1. Схема превращений в процессе депарафинизации

М – металлический центр катализатора; К – кислотный центр катализатора

Кинетическая модель процесса представляет собой систему дифференциальных уравнений изменения концентраций реагирующих веществ по времени контакта с начальными условиями [3].

Проверка модели на адекватность проведена путем сравнения расчетных значений, и экспериментальных данных с промышленной установки. Было выявлено, что абсолютная погрешность расчетов не превышает 2.53%, а, следовательно, модель адекватно описывает процесс и может применяться для выявления закономерностей процесса, проведения прогнозных расчетов и оптимизации.

Катализатор процесса гидродепарафинизации – это катализатор HYDEX-G, представляющий собой никель, нанесенный на носитель, в качестве которого выступает цеолит семейства пентасилов марки ZSM-5. На катализаторе HYDEX-G протекает селективный крекинг и изомеризация n-парафинов. Деактивация катализатора происходит за счет нескольких параллельно протекающих явлений, а именно закоксовывания и отравления серой металлических и кислотных центров, на которых и протекают основные реакции процесса.

Для оценки степени деактивации кислотных и металлических центров катализатора депарафинизации были проведены исследования по изменению профиля температуры в реакторе, при расходе сырья 252 т/ч и предельной температуре фильтруемости продукта минус 27°C. Было установлено, что за весь период работы установки с 2012 по 2015 г. изменение температуры в реакторе при одинаковых технологических условиях и качестве продукта составила $\Delta T = 15^\circ\text{C}$, что свидетельствует о снижении активности катализатора депарафинизации и протекании процесса деактивации (рис.2).

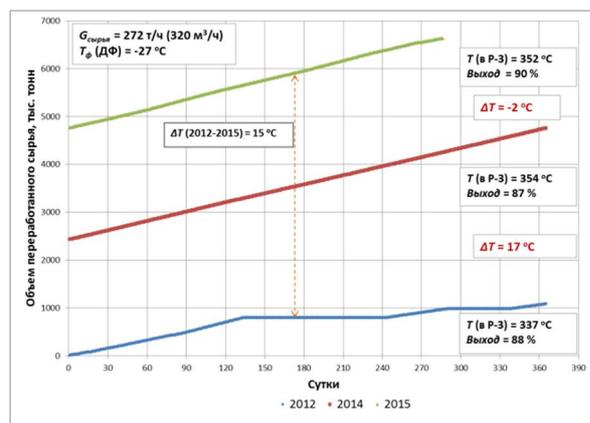


Рисунок 2. Оценка степени деактивации катализатора депарафинизации HYDEX-G за 4 года работы установки

С помощью усовершенствованной математической модели процесса, учитывающей деактивацию катализатора, были проведены

исследования динамики накопления кокса на поверхности катализатора в зависимости от объема переработанного сырья (рис.3).

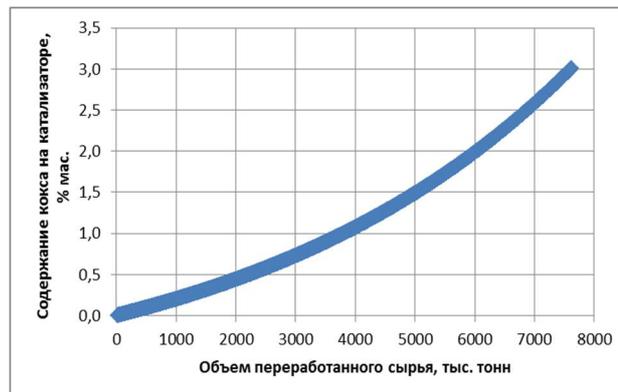


Рисунок 3. Динамика накопления кокса на катализаторе депарафинизации от объема переработанного сырья

Использование модели для расчета фактической температуры в реакторе без учета фактора деактивации позволило установить степень деактивации катализатора за один цикл работы, которая составила 32%.

Заключение

Разработанная на основе физико-химических закономерностей модель процесса гидродепарафинизации с учетом факторов нестационарности позволяет определить оптимальную технологию эксплуатации каталитических систем в промышленных условиях в долгосрочной перспективе.

Список использованных источников

- Алиев Р.Р. Катализаторы и процессы переработки нефти. – М.: 2010. – 398 с.
- Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Чузлов В.А., Фалеев С.А. Математическое моделирование процесса каталитической гидродепарафинизации атмосферного газойля с учетом взаимосвязи аппаратов технологической схемы // Procedia Engineering (Просидиа Инжиниринг). – 2015. – №113. – с.68-72.
- Иванчина Э.Д., Белинская Н.С., Францина Е.В., Попова Н.В., Кошутин С.Н. Математическое моделирование и оптимизация процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций и атмосферного газойля // Мир нефтепродуктов. – 2016. – №6. – с. 37-48.
- Тальшинский Р.М., Алиев Р.Р., Мкртычев А.А., Мириманян А.А. Кинетические аспекты деактивации катализаторов при длительной эксплуатации // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – №1. – с.35-37.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТА ПРИ ЗАКАЧКЕ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Егоров А.В., Кравченко М.Н.

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина
avegor95@gmail.com

Введение

Кислотная обработка нефтяных пластов является одним из наиболее широко распространенных способов воздействия на коллектор. В настоящее время в нефтедобыче в основном применяются технологии с использованием плавиковой или соляной кислоты. [1] Для растворения карбонатных пород обычно используется соляная кислота, для обработки песчаников – плавиковая кислота в сочетании с соляной. В технологиях глубокой солянокислотной обработки пластов для увеличения глубины проникновения кислоты в коллектор применяются различные замедлители реакции растворения [2]. Для разработки терригенных пластов со средним содержанием карбонатов применяют растворы соляной кислоты. Отмечено негативное влияние кислотных составов, содержащих HF. Органические кислоты, такие как лимонная, уксусная и аминокислотная, ускоряют процесс растворения глин [3]. Кислотная обработка пластов применяется весьма активно, особенно в России, и проблема расчета данного физического процесса остается актуальной. По данным проектного института ООО "СамараНИПИнефть" ежемесячно только по Самарской области компанией ОАО «Роснефть» проводится порядка 50 операций кислотной обработки пластов. Более 64% всех операций очистки призабойной зоны пласта с начала 2016 г. были выполнены с применением соляной кислоты в карбонатных коллекторах.

Математическая постановка задачи

Рассматривается процесс двухфазной изотермической фильтрации несжимаемых несмешивающихся жидкостей в однородном недеформируемом пористом пласте кубической формы. Производится расчет данного процесса в карбонатном пласте. Химически активное вещество нагнетается в пласт в растворенном в воде виде с постоянной концентрацией. Наиболее часто применяемый реагент для обработки карбонатов – соляная кислота. 1 кубометр раствора соляной кислоты при массовой концентрации 35% растворяет 0,201 м3 карбонатной породы. Данная реакция проходит без выделения тепла, поэтому процесс можно считать изотермическим [4]. Разность давлений между добывающей и нагнетательной скважиной задается постоянной. Учитывается содержание в пласте связанной воды и остаточной нефти. Результатом закачки химически активного вещества является изменение

фильтрационно-емкостных свойств пласта и содержащихся в нем флюидов, а именно – кривых относительных фазовых проницаемостей и пористости. Лабораторные исследования показали, что абсолютная проницаемость меняется незначительно даже при закачке высококонцентрированной соляной кислоты, поэтому полагаем ее постоянной. [4] Предполагаем линейную зависимость изменения пористости от расстояния в промываемой кислотой зоне пласта. Расчет производится в программной среде FlexPDE для одномерной постановки задачи. В ходе расчетов ведется наблюдение за распределением в пласте водонасыщенности, концентрации активного вещества в водном растворе, пористости и скоростей флюидов в разные моменты времени. На добывающей скважине получаем динамические характеристики изменения дебита и обводненности продукции. Конечная система уравнений:

$$\frac{\partial(ms)}{\partial t} + w \frac{\partial F(s, c)}{\partial s} \frac{\partial s}{\partial x} + w \frac{\partial F(s, c)}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (m(cs + Kc(1-s) + \Gamma c)) + w \frac{\partial}{\partial x} (cF + Kc(1-F)) = 0$$

$$w_i = -k \frac{k_i}{\eta_i} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad i = 1, 2 (\text{нефть, вода})$$

$$m = \alpha \frac{\partial c}{\partial t}$$

Где m – пористость, w – скорость, F – функция Баклея-Лeverетта, K – коэффициент адсорбции активного вещества в нефти, Γ – коэффициент адсорбции активного вещества в породе, c – концентрация, s – водонасыщенность, k, k_v, k_n – абсолютная и относительные фазовые проницаемости соответственно, η_o, η_n – вязкость, p – давление, α – константа пропорциональности, связывающая размерности и контролирующая скорость изменения пористости.

Уравнение для водонасыщенности выводится из уравнения неразрывности и закона Дарси. Уравнение концентрации активного вещества получено из уравнения баланса массы примеси, уравнения неразрывности и закона Дарси [5].

Функциональная зависимость кривых относительных фазовых проницаемостей:

$$k_n = \begin{cases} (-16.5s^3 - 1.7s^2 + 1)^{(1-2.3c)}, & s < 0.2 \\ 2.22(0.8 - s)^{(2-c)}, & 0.2 < s < 0.8 \\ 0, & s > 0.8 \end{cases}$$
$$k_o = \begin{cases} (16.5s^3 - 51.2s^2 + 52.9s - 17.2)^{(1+2c)}, & s > 0.8 \\ 2.22(s - 0.2)^{(2+c)}, & 0.2 < s < 0.8 \\ 0, & s < 0.2 \end{cases}$$

Результаты расчета

В ходе расчетов были рассмотрены 3 способа заводнения:

- Способ заводнения чистой водой

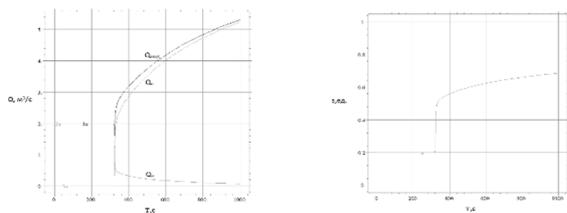


Рис. 1. Дебит и обводненность продукции на добывающей скважине при закачке воды

По динамическим характеристикам на рис. 1 видно, что обводненность продукции резко увеличивается при достижении фронтом водонасыщенности добывающей скважины. Дебит по нефти существенно падает. Фронт водонасыщенности доходит до нефтяной скважины через $T=320$ с после начала закачки воды в пласт.

- Способ заводнения водой с постоянной концентрацией активного вещества

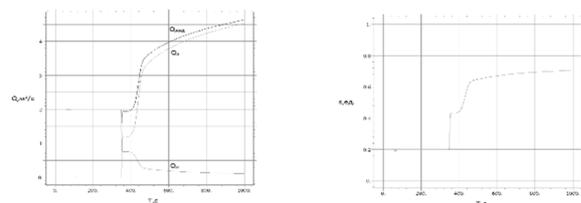


Рис. 2. Дебит и обводненность продукции на добывающей скважине при закачке реагента

В отличие от способа классического заводнения чистой водой, на рис. 2 появляется дополнительный момент времени, в течение которого добывается среднеобводненная продукция. Появление данного временного участка связано с наличием второго фронта в процессе заводнения. Впоследствии наблюдается очень резкое увеличение объемов добываемой воды с дальнейшим плавным ростом. Дебит по воде получается меньше примерно на 15%, чем в предыдущем случае к концу расчетного периода. Дебит же по нефти снижается более плавно, чем в процессе вытеснения чистой водой. Фронт водонасыщенности доходит до скважины через $T=355$ с со времени начала закачки реагента в пласт. Фронт концентрации – через $T=420$ с.

- Способ заводнения оторочкой активного вещества с последующей закачкой воды

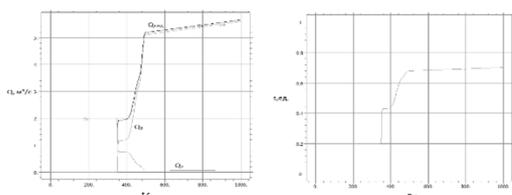


Рис. 3. Дебит и обводненность продукции на добывающей скважине при закачке оторочки

Дебит по нефти существенно падает при достижении первым фронтом водонасыщенности добывающей скважины. Далее наблюдается короткий период добычи среднеобводненной продукции до момента, когда оторочка доходит до скважины. Происходит плавное падение дебита по нефти и резкий скачок добычи воды в момент приема оторочки добывающей скважиной. На последнем этапе происходит обычное заводнение, при котором добыча нефти остается приблизительно постоянной за долгий промежуток времени, а объемы добываемой воды очень слабо возрастают. (рис. 3). Первый фронт водонасыщенности доходит до добывающей скважины через $T=350$ с момента начала обработки пласта. Второй фронт доходит через $T=430$ с, а третий – через $T=490$ с.

Выводы

Опираясь на процесс вытеснения, наиболее эффективным является метод постоянной закачки химически активного вещества. Дебит по нефти за фронтом водонасыщенности существенно увеличивается в связи с изменением фильтрационных свойств флюидов и пористости пласта. Дебит по воде же, наоборот, падает. Период добычи чистой нефти также возрастает. Подобная картина видна и при проталкивании оторочки реагента в пласт. Закачивание реагента на протяжении всего времени разработки экономически сильно затратно, в то время как оторочка закачивается только в начале заводнения, а процесс вытеснения отличается не критично.

Список использованных источников

1. Т. Р. Закиров, А. И. Никифоров, Кислотное воздействие на многослойные нефтяные пласты // Выч. мет. Программирование, том 14, выпуск 1 – 2013.
2. Т.Р. Закиров, А.И. Никифоров. Моделирование кислотного воздействия на нефтяные пласты при заводнении // Нефтяное хозяйство – 2012
3. Литвин В.Т., Фарманадзе А.Р., Орлов М.С. Подбор кислотного состава для низкопроницаемых высокоглинистых пластов баженовской свиты // Интернет-журнал Науковедение, Выпуск № 5 (30), том 7 – 2015
4. Воробьев С.В. Современные перспективные технологии интенсификации добычи нефти. ГРП и кислотные обработки. // IQ education. Самара – 2016
5. К. С. Басниев, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. Подземная гидромеханика // Москва «Недра» - 1993

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Никольская А.Г.

Шинкеев М. Л.

Томский политехнический университет

alenanskay@mail.ru

Введение

Выбор темы обусловлен возрастающей актуальностью проблемы проведения анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия, который состоит не только в оценке основных показателей, но и в разработке мероприятий по их улучшению, выявлении реальных и потенциальных возможностей хозяйствующего субъекта.

В общем случае хорошее финансовое состояние – это высокая эффективность использования финансовых ресурсов, устойчивая платежеспособность, достаточная обеспеченность собственными средствами, наличие финансовых средств для развития, и, как следствие, высокая рыночная стоимость компании. Плохое финансовое состояние – это очень низкий уровень всех перечисленных элементов финансовой системы, в том числе, наличие большой задолженности поставщикам, персоналу, бюджету, банкам.

Основные задачи производственной практики:

1. провести экспресс диагностику финансово-хозяйственной деятельности изучаемого ООО Ваше Право;
2. охарактеризовать имущественное и финансовое состояние организации с помощью детализированного анализа финансово-хозяйственной деятельности;
3. разработать предложения и рекомендации по улучшению финансового положения ООО Ваше Право.
4. провести общее исследование финансового состояния ООО Ваше Право с помощью экономико-математических моделей Лиса, Альтмана, Спрингейта

Математические модели банкротства

Диагностика банкротства позволяет выявить показатели потоков платежей, а также оценить производственную, инвестиционную и финансовую деятельность предприятия. Оценка вероятности банкротства является неотъемлемой частью кредитного анализа заемщика. Существует целый ряд моделей прогнозирования банкротства, позволяющих оценить и диагностировать перспективную степень платежеспособности предприятия. Основной задачей диагностики является своевременное обеспечение принятия управленческих решений в целях снижения влияния негативных финансовых процессов. Так как ни одну модель банкротства нельзя считать совершенной, для объективности

общего анализа рассматриваются сразу несколько моделей.

Двухфакторная модель Альтмана – простая и не требовательная к большому количеству исходной аналитической информации модель, разработанная на основе анализа деятельности 19 американских компаний. Основным учитываемым фактором является возможность прекращения финансирования деятельности компании за счет заемных средств.

Пятифакторная модель Альтмана – разработана для организаций с акционерной формой капитала, акции которых представлены на фондовом рынке. Точность данной модели в перспективе составляет порядка 95% для одного года и 83% на два года, что в принципе является ее достоинством.

Четырехфакторная модель Таффлера - также предназначена для оценки организаций, зарегистрированных как Открытое Акционерное Общество. В совокупности, коэффициенты данной модели дают объективную картину о риске банкротства в будущем и платежеспособности на текущий момент.

Четырехфакторная модель Спрингейта - разработанная Гордоном Спрингейтом на основе модели Альтмана. Из 19 показателей финансового положения предприятия автором было отобрано 4 основных, которые были включены в расчет. Каждому показателю в данной модели присваивается свой "вес" в итоговой оценке.

Модель несостоятельности Чессера - выведенная Д. Чессером на основе детального анализа 37 успешных и 37 неуспешных ссуд, выданных банком. Проанализировав балансовые показатели заемщиков, Чессер вывел формулу, в 3 из 4 случаев верно определяющую возврат/невозврат ссуды.

Система показателей Бивера - построена без интегральных показателей и учета веса коэффициентов. Соответственно, не рассчитывается и итоговая оценка. Результатом оценки пяти показателей является присвоенная категория вероятности банкротств предприятия: "Благоприятное состояние", "5 лет до банкротства", "1 год до банкротства".

Экспресс-анализ финансового состояния

Целью экспресс - анализа финансового состояния является наглядная и простая оценка финансового положения и динамики развития предприятия за несколько лет. Также на этапе экспресс анализа определяются основные возможные проблемы в деятельности предприятия.

В общем виде методикой экспресс - анализа отчетности предусматривается анализ результатов хозяйствования предприятия, ресурсов и их структуры, эффективности использования собственных и заемных средств.

Смысл экспресс - анализа – отбор небольшого количества наиболее существенных и сравнительно несложных в исчислении показателей и отслеживание их динамики. При этом отбор субъективен и производится аналитиком самостоятельно.

Ценность экспресс - анализа состоит в том, что он может быть проведен на основе ограниченной информации, содержащейся в бухгалтерском балансе (форма №1) и в других формах отчетности, главным образом, в форме №4 (Отчет о движении денежных средств) и в форме №5 (Приложение к бухгалтерскому балансу). Экспресс - анализ может завершаться выводом о целесообразности или необходимости более углубленного анализа финансовых результатов и финансового состояния предприятия.

Анализ финансового состояния Модель Лиса

Модель Лиса, разработанная им в 1972 году, для предприятий Великобритании имеет следующий вид:

$$Z=0,063X1+0,092X2+0,057X3+0,001X4$$

Код	Формула	2013	2014	2015
x1	оборотный капитал / сумма активов	0,394	0,304	0,376
x2	прибыль от реализации / сумма активов	0,099	0,066	0,085
x3	нераспределенная прибыль / сумма активов	0,022	0,019	0,031
x4	собственный капитал / заемный капитал	1,400	0,760	0,665
z		0,037	0,040	0,047
z>0,037		0,037	0,040	0,047

Рис. 1. Модель Лиса

X1 - оборотный капитал / сумма активов;
X2 - прибыль от реализации / сумма активов;
X3 - нераспределенная прибыль / сумма активов;
X4 - собственный капитал / заемный капитал.

В случае если $Z < 0,037$ - вероятность банкротства высокая; $Z > 0,037$ - вероятность банкротства невелика.

Двухфакторная модель Альтмана

Это одна из самых простых и наглядных методик прогнозирования вероятности банкротства, при использовании которой необходимо рассчитать влияние только двух показателей это: коэффициент текущей ликвидности и удельный вес заемных средств в пассивах. Формула модели Альтмана принимает вид:

$$Z = -0,3877 - 1,0736 * K_{тл} + 0,579 * (ЗК/П)$$

Где $K_{тл}$ – коэффициент текущей ликвидности;
ЗК – заемный капитал; П – пассивы.

	2013	2014	2015
Z	-1,54131208	-1,50757	-1,5513747
Z<0			

Рис. 2. Двухфакторная модель Альтмана

X1 = Оборотный капитал / Баланс;

X2 = (Прибыль до налогообложения + Проценты к уплате) / Баланс;

X3 = Прибыль до налогообложения / Краткосрочные обязательства;

X4 = Выручка (нетто) от реализации / Баланс.

Ситуация у ООО Ваше Право как видно по данной таблице хорошая, коэффициент во все года выше критического значения.

Заключение

В процессе разработки производственного отчета проведен анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Ряд показателей, которые были рассмотрены и проанализированы в работе, позволили оценить финансовое состояние.

Общее исследование с помощью экономико-математических моделей банкротства Лиса, Альтмана, Спрингейта показало, что компания не находится на грани банкротства. Самой подходящей моделью для исследуемого предприятия является модель Спрингейта, так как точность предсказания неплатежеспособности выше, чем у других исследуемых.

Был получен ценный опыт в финансовом прогнозировании, а так же практические навыки по работе с персоналом на предприятии.

Список использованных источников

1. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник. – М.: Нефть и газ, 2005. - 452 с.

2. Ковалев В.В. Анализ баланса, или как понимать баланс: учебно-практическое пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2011. – 559 с.

3. Шеремет А.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учебник. – М.: Инфра - М, 2009. – 367 с.

4. Воздействие финансово-кредитных рычагов на повышение рентабельности промышленного производства [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.xserver.ru/user/rirer/3.shtml> – Загл. с экрана.

5. Ефимова О.В., Мельник М.В. Анализ финансовой отчетности: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2009. – 408 с.

6. Анализ ликвидности предприятия [Электронный ресурс]. – URL: <http://investorov.net/buspl/15.html> – Загл. с экрана.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО СЛАБОТОЧНОГО ПЛАЗМОТРОНА В ПРЕДПРОБОЙНОЙ СТАДИИ

Аргунов Г. А.

Научный руководитель: Нехорошев В.О.

Томский политехнический университет
gaa3@tpu.ru

Введение

Возрастающий интерес к применению плазменных технологий в промышленности связан в первую очередь с уникальными свойствами плазмы [1, 2, 5]. Одним из наиболее перспективных направлений является плазменная обработка поверхностей с целью их физико-химической модификации [1, 3]. В большинстве случаев обработку плазмой проводят при пониженном давлении или в вакууме, что приводит к существенному усложнению и удорожанию технологической установки [1]. Поэтому интерес научных групп сосредоточен на изучении способов генерации и изучении свойств плазмы атмосферного давления. В частности, один из примеров «классического» генератора атмосферной плазмы – коаксиальный плазмотрон.

Целью работы является компьютерный анализ электрического поля плазмотрона в предпробойной стадии.

Описание модели

В общем случае, картина напряженности электрического поля (НЭП) описывается выражением $\vec{E} = -\nabla\varphi$. Это значит, что для определения картины НЭП необходимо знать геометрию объекта и распределения потенциала по расчетной области. Решение данной задачи проводилось в программном пакете COMSOL Multiphysics методом конечных элементов.

Конструкция электродов рассматриваемого плазмотрона является осесимметричной, поэтому решение данной задачи проводилось в двумерной плоскости относительно продольной оси плазмотрона. Геометрия расчетной области соответствует действительным размерам плазмотрона, принцип работы и основные параметры которого подробно описаны в работах [4-7]. Граничными условиями являются потенциалы электродов. В данном случае, потенциал катода составляет $V_c = 3$ кВ, внешний электрод (анод) заземлён, соответственно, его потенциал равен нулю. Пространство между электродами, по условию задачи, имеет электрические свойства воздуха атмосферного давления, электроды стальные. Расчетная область совместно с введенной системой координат представлена на рисунке 2.

Конечный элемент (КЭ) – треугольник, его размер изменяется автоматически, в процессе

построения сетки. Размер КЭ зависит от характерного масштаба расчетной области и выбирается значительно меньше, чем наименьший геометрический элемент в данной расчетной области. Минимальный размер КЭ в этой задаче составляет 0.0064 мм (сторона треугольника), а максимальный – 3.2 мм. Коэффициент увеличения размера КЭ равен 1,1 – характеризует скорость перехода от меньшего элемента к большему.

Результатом решения данной задачи является распределение потенциала по расчетной области.

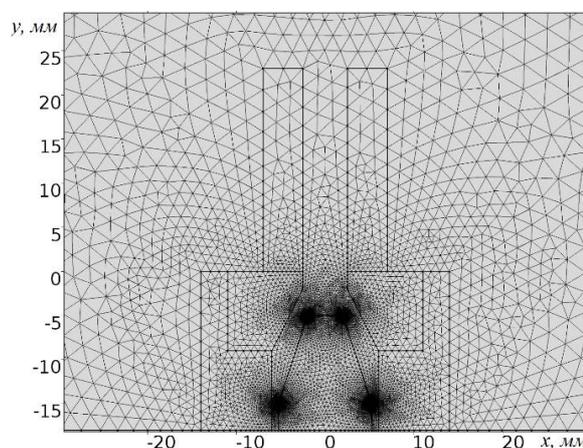


Рис. 1. Сетка конечных элементов

Результаты моделирования

В результате моделирования была построена картина НЭП плазмотрона, а также, на ее основе, график распределения напряженности по продольной оси плазмотрона.

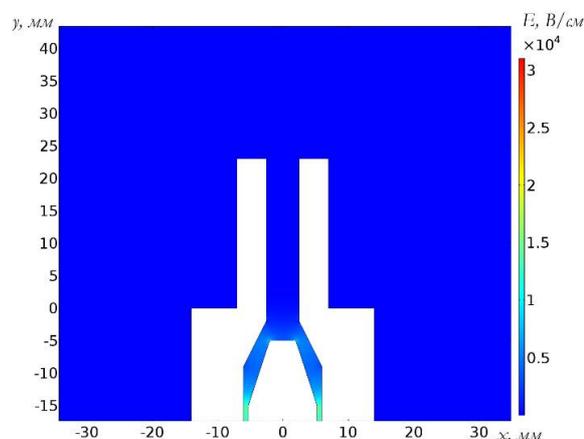


Рис. 2. Картина напряженности электрического поля плазмотрона

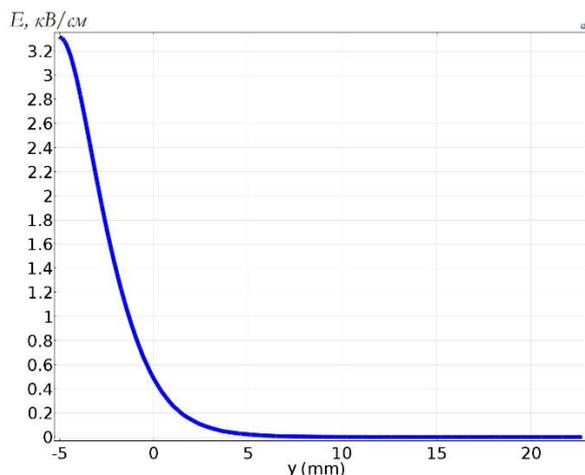


Рис. 3. Общий вид зависимости НЭП на оси плазматрона от расстояния до катода

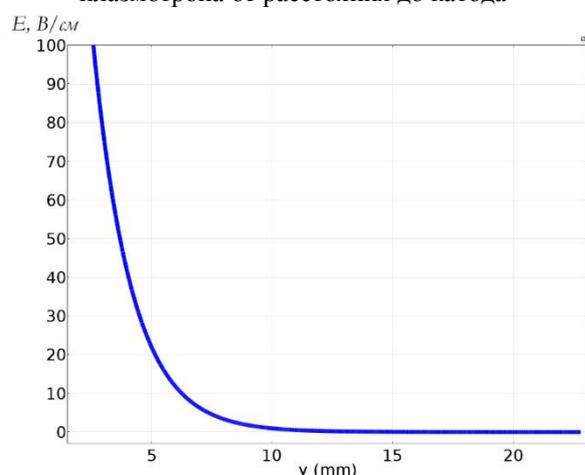


Рис. 4. Распределение НЭП в плазматроне (детально)

Анализ полученных данных

При напряжении на катоде 3 кВ, напряженность электрического поля вблизи его торцевой поверхности достигает 3,2 кВ/см. Максимальная напряженность вблизи электродов плазматрона составляет десятки кВ/см (более 30 кВ/см, рис. 2), что связано с эффектом усиления поля вблизи поверхностей с малыми радиусами кривизны.

По мере удаления от катода наблюдается резкий спад напряженности поля от единиц кВ/см до единиц В/см. Столь резкий спад связан с тем, что в такой конструкции поле локализовано внутри заземленного корпуса и сопла плазматрона. В области от 10 мм и далее, по координате «у» наблюдается поле малой напряженности $E < 0.1$ В/см, которое практически не оказывает никакого влияния на процессы поддержания плазмы.

В наименьшем межэлектродном зазоре напряженность поля превышает 10 кВ/см, что является благоприятным фактором для возникновения искрового разряда и инициации пробоя промежутка [8].

Заключение

Анализ данных, полученных в ходе компьютерного моделирования поля нестационарного слабогочного плазматрона позволил выявить характерные области вблизи электродов плазматрона.

Было установлено, что металлическое сопло плазматрона оказывает значительное влияние на снижение напряженности поля по его длине.

НЭП в узких областях межэлектродного промежутка достигает десятков кВ/см. Модель позволяет определить наиболее вероятные места пробоев, а также области, где возможно протекание тока через плазму.

Список использованных источников

1. Лопатин И. В. Ахмадеев Ю. Х., Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика, Физика. Азотирование образцов титановых сплавов в плазме тлеющего разряда с полым катодом, Выпуск № 5 (100) / том 22 / 2011
2. Великодный В.Ю., Беркова М.Д., Воротилин В.П., Гриши В.Г. Плазменные технологии очистки сточных вод // Прикладная физика. М., 2008.
3. Берлин Е.В., Коваль Н.Н., Сейдман Л.А. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей М.: Техносфера, 2012. – 464с.
4. Y. D. Korolev, O. B. Frants, N. V. Landl, V. G. Geyman, and I. B. Matveev, “Nonsteady-state gas-discharge processes in plasmatron for combustion sustaining and hydrocarbon decomposition,” IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 37, no. 4, pp. 586-592, Apr. 2009.
5. Y. D. Korolev, O. B. Frants, N. V. Landl, A. I. Suslov, “Low-current plasmatron as a source of nitrogen oxide molecules,” IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 40, no. 11, pp. 2837-2842, Nov. 2012.
6. Yu.D.Korolev, O.B.Frants, N.V.Landl, V.G.Geyman, and I.B.Matveev, Glow- to-Spark Transitions in a Plasma System for Ignition and Combustion Control, IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 35, no. 6, pp. 1651–1657, Dec. 2007.
7. Korolev Y.D., Frants O.B., Geyman V.G., Kasyanov V.S., Landl N.V. // IEEE Trans. Plasma Sci. – 2012. – V. 40. – No. 11. – P. 2951–2960.
8. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М., 1992. — 536 с.

АНАЛИЗ ПОТЕРИ ОБЪЕМА ПЛАСТИНКИ НАХОДЯЩЕЙСЯ В ОДНОСТОРОННЕМ КОРРОЗИОННОМ ИЗНОСЕ

Синичкина А.О., Ярошенко Т.Ю., Мицкевич С.А. Крысько В.А.
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
andreevaanastasiaolegovna@gmail.com

Введение

Исследования в сфере моделирования нелинейных динамических систем приобретают все большую значимость во многих отраслях науки. Механика, экономика, физика, электротехника, биология, история и другие направления науки применяют моделирование процессов в нелинейной постановке. В процессе эксплуатации элементы многих инженерных конструкций подвергаются воздействию не только нагрузок и температур, но и различных коррозионных сред, нередко эти факторы действуют совместно, что значительно сокращает срок службы конструкций. Впервые влияние напряжений на скорость коррозии было учтено В.М.Долинским, который изучал прочность растягиваемой тонкостенной трубы, подвергающейся сплошной коррозии [1], при этом скорость коррозии являлась линейной функцией интенсивности напряжений. Э.М.Гутманом и Р.С.Зайнулиным была предложена еще одна математическая модель развития коррозии, которая представляла собой экспоненциальную зависимость скорости коррозии от величины напряжения в конструкциях [2].

Постановка задачи и метод решения

Существенное влияние на скорость и характер протекания коррозионного процесса оказывает напряженное состояние материала, подвергающегося воздействию агрессивной среды. Коррозионное нарушение металлов в напряженном состоянии называется «коррозия под напряжением» [3].

В данной работе используется математическая модель, в которой глубина коррозионного разрушения δ в числе других характеристик зависит так же от напряженного состояния материала.

$$\delta = f[t, \sigma_{ij}, \sigma_i(e_i)],$$

где σ_{ij} - напряжения в элементе, $\sigma_i(e_i)$ - зависимость интенсивности напряжений от интенсивности деформаций.

С ростом глубины коррозии δ , увеличиваются напряжения σ в связи с уменьшением толщины h объекта и это, в свою очередь, ведет к ускорению процесса коррозии и увеличению ее глубины.

В настоящей работе впервые рассматривается прямоугольная пластинка переменной толщины, которая с одной стороны погружена в агрессивную водородосодержащую среду, а с другой изолирована от нее. Пластинка подвергается продольному и поперечному нагружению.

Материал считается изотропным, но неоднородным.

Предполагается, что для пластинки справедлива гипотеза Кирхгофа.

Для изучения поведения пластинки в агрессивной водородосодержащей среде используются две модели. Обе основаны на влиянии напряжений на скорость коррозии:

Модель В.М.Долинского [1]:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = \varphi(t)(1 + k\sigma_i)$$

Модель Э.М.Гутмана [2]:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = V(t)\exp(\alpha\sigma_0)$$

Из вариационных принципов получена следующая система уравнений в частных производных с учетом двух типов нелинейностей: геометрической и физической. Геометрическая модель учитывается по Т. Карману, физическая нелинейность – по деформационной теории пластичности по методу переменных параметров Бергера[4]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} \left(\frac{B_{11}^*}{\lambda^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + B_{10}^* \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right) + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \left(B_{10}^* \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \lambda^2 B_{11}^* \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right) + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} \left((B_{11}^* - B_{10}^*) \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} \right) + \\ & + L \left(w + \frac{h}{2}, \Phi \right) = \\ & = - \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} \left(\frac{B_{11}}{\lambda^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1^2} + B_{10} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_2^2} \right) + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \left(B_{10} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1^2} + \lambda^2 B_{11} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_2^2} \right) - \\ & - 2 \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} \left((B_{11} - B_{10}) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1 \partial x_2} \right) - \\ & - \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} (B_{10} P_1 + B_{11} P_2) - \\ & - \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} (B_{11} P_1 + B_{10} P_2) - \\ & - P_1 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial x_1^2} \right) - P_2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial x_2^2} \right) - \\ & - q \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} \left(A_2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_2^2} + \frac{A_1}{\lambda^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1^2} \right) + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \left(\lambda^2 A_1 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_2^2} + A_2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1^2} \right) + \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 &+2 \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} \left((A_1 - A_2) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1 \partial x_2} \right) - \\
 &-\frac{\partial^2}{\partial x_2^2} (A_1 P_1 + A_2 P_2) \\
 &\quad - \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} (A_2 P_1 + A_1 P_2) = \\
 &-\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} \left(\frac{B_{11}}{\lambda^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + B_{10} \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right) - \\
 &-\frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \left(B_{10} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \lambda^2 B_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right) - \\
 &-2 \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} \left((B_{11} - B_{10}) \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} \right) - \\
 &\quad - \frac{1}{2} L(w + h, w)
 \end{aligned}$$

Вывод данных уравнений и безразмерные параметры приводятся в [5].

Рассмотрим, как с помощью приведенных моделей можно прогнозировать поведение пластинки в агрессивной среде. Материал пластинки: дюраллюмин D16T [6]. Будем использовать два типа граничных условий для пластинки:

свободное шарнирное опирание

$$\begin{aligned}
 w = M_1 = T_1 = S = 0, \quad x_1 = 0, a, \\
 w = M_2 = T_2 = S = 0, \quad x_2 = 0, b
 \end{aligned} \quad (2)$$

скользящая заделка

$$\begin{aligned}
 w = \frac{\partial w}{\partial x_1} = T_1 = S = 0, \quad x_1 = 0, a, \\
 w = \frac{\partial w}{\partial x_2} = T_2 = S = 0, \quad x_2 = 0, b
 \end{aligned} \quad (3)$$

Рассмотрим задачу, в которой пластинка нагружается равномерной распределенной нагрузкой q , причем нагружение происходит до тех пор, пока q не достигнет половины от нагрузки соответствующей пределу текучести. После чего, при фиксированной нагрузке пластинка погружается одной стороной в агрессивную среду и начинается процесс окисления, продолжающийся до достижения σ_i (интенсивностью напряжений) значения σ_{pr} (предела прочности).

Итак, пластинка при $\lambda_1 = \frac{a}{h} = 20$, первоначальный объем $V = 0,749$. Модуль Юнга $E = 2,56$ и коэффициент Пуассона $\nu = 0,28$, коэффициент упрочнения $G_1 = 0,57$. Было рассмотрено поведение пластинки в агрессивной среде модели Долинского (I) и модели Гутмана (II) с граничными условиями (2) и (3). Для данного λ_1 $q = 1,4$ в безразмерных параметрах. Затем пластинки погружаются в агрессивную водородосодержащую среду.

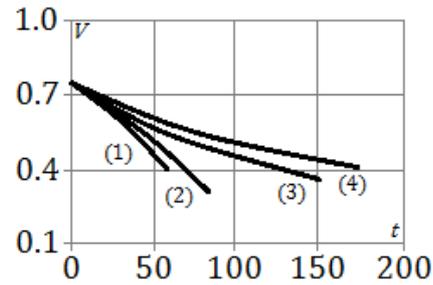


Рис. Изменение объема пластинки, подверженной одностороннему коррозионному износу с течением времени.

По I модели пластинка с граничными условиями (1) находясь в агрессивной среде уменьшается в объеме на 51% за 168 месяцев - кривая (3) на рисунке, по II модели на 48% за 62 месяца - кривая (1) на рисунке. Предельной точкой, после которой предполагается разрушение, считается достижение σ_i предела прочности σ_{pr} . Можно заметить, что по обеим моделям пластинки достигают предела с достаточно близкими значениями V , разница 3%, но временной интервал достижения этих значений по I модели в 3 раза больше, чем по II.

Заключение

Построена математическая модель пластинки, находящейся в одностороннем коррозионном износе. Разработан алгоритм, который позволяет рассмотреть изменение объема с течением времени. Приводится пример.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 16-19-10290.

Список использованных источников

- Долинский В.М. Расчет нагруженных труб, подверженных коррозии // Хим. И нефт. Машиностроение. – 1967. - № 2. – С. 21-30.
- Гутман Э.М., Зайнулин Р.С. Кинетика механохимического разрушения и долговечность растянутых конструктивных элементов при упругопластических деформациях // ФХММ. – 1984. - № 2. – С. 14-17.
- Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. // Изд-во СГУ/ 1987. – 288 с.
- Крысько В.А. Нелинейная статика и динамика неоднородных оболочек // Изд-во СГУ/ - 1976. - 216с.
- A. V. Krysko, J. Awrejcewicz, V. A. Krysko, M.V. Zhigalov On the contact interaction between two rectangular plates // Nonlinear Dynamics DOI 10.1007/s11071-016-2858-2 Vol 84, №4 June 2016. 20p.
- Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнито-упругость тонких оболочек и пластин // М.: Наука. – 1977. – С. 272.

ОБЗОР АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ (BIG DATA)

Ералиева Р.Е.

Жукабаева Т.К.

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва

yeraliyeva.r@gmail.com

Введение

Изучение больших данных (Big Data) в качестве исследовательской и научной темы показывают, что термин “большие данные” присутствовал в исследованиях, начиная с 1970-х годов, но был включён в печатные издания в 2008 году. [1] В настоящее время концепция Больших Данных рассматривается с разных точек зрения, охватывающих её значения во многих областях.

Аналитика больших данных и проект Apache Hadoop с открытым исходным кодом быстро становятся предпочтительным решением для технологических бизнес - трендов, которые разрушают принципы обработки и традиционного управления данными. Предприятия могут получить конкурентные преимущества путем раннего анализа Больших Данных. Инструменты поддержки бизнес-аналитики всё более совершенствуются, степень сложности выполнения анализа Больших Данных все более уменьшается.

Самое простое определение термина Big Data – это большой набор очень неструктурированных и дезорганизованных данных. Большой объем и высокая скорость, и высокое разнообразие таких данных не могут быть обработаны с помощью стандартных методов управления данными используемые в настоящее время.

На сегодняшний день Большие Данные имеют семь основных признаков [2]:

Объем (Volume) - относится к размеру данных, создаваемый из всех источников, включая текст, аудио, видео, данные социальных сетей;

Скорость (Velocity) - один из важных характеристик, когда речь идет о больших и сложных данных. Именно скорость данных, делает его слишком большим;

Разнообразие (Variety) - относится к типу данных, которые могут содержать Большие Данные. Эти данные могут быть структурированными и неструктурированными;

Достоверность (Veracity) - правдивость данных, то есть о содержательности результатов, согласно которым принимаются решения. Поэтому получение правильных корреляций в Больших Данных является очень важным;

Действительность (Validity) - это срок действия данных, то есть период действия данных. Может казаться что данные параметр очень схож с правдивостью данных. Тем не менее, они не являются той же концепции, но похожи;

Изменчивость (Volatility(Variability)) - волатильность больших данных, то есть быстрое изменение данных;

Сложность (Complexity) - данные поступают из разных источников, что делает его трудно обрабатываемым и передаваемым в другие системы для анализа.

Анализ Больших Данных

Управление Большими Данными базируется на основе учета и систематизации соответствующих данных. Анализ данных предполагает понимание того, что произошло, почему произошло и предсказание того, что может произойти. Более глубокая аналитика означает новые аналитические методы с целью получения более глубоких выводов.

Аналитика больших данных может отличаться от архитектуры традиционной обработки данных по ряду направлений: скорость принятия решений, очень важная для людей, принимающих решения; сложность обработки, поскольку она облегчает процесс принятия решений; объемы транзакционных данных, которые являются очень большими; структура данных - данные могут быть структурированными и неструктурированными; гибкость обработки/анализа, заключающаяся в размере анализа, в котором он может быть выполнен; параллелизм. [3].

Большие Данные дают много возможностей для глубокого понимания через интеллектуальный анализ данных. В базе данных аналитики - интеллектуального анализа данных используются коннекторы Больших Данных, чтобы совместить данные Hadoop и DBMS для глубокой аналитики. Также есть необходимость повторно использовать навыки SQL, чтобы применять более глубокие методы интеллектуального анализа данных или повторно использовать навыки для проведения статистического анализа. [4].

Apache Hadoop - динамично развивающаяся платформа обработки данных, определяемая как «проект с открытым исходным кодом», что дает возможность распределенной обработки больших наборов данных. Его предназначение заключается в наращивании от одного сервера до тысячи машин, с очень высокой степенью отказоустойчивости.

Устойчивость этих кластеров исходит из возможности программного обеспечения для обнаружения и обработки ошибок на уровне приложения.

Разработанный Дугом Каттингом, главным архитектором (Cloudera) и председателем Apache

Software Foundation, Apache Hadoop появился из необходимости и вырос далеко за пределы возможностей традиционных систем. Источником вдохновения для его разработки послужила публикация, сделанная компанией Google, с изложением своего подхода к обработке лавины данных, и с тех пор де-факто он стал стандартом для хранения, обработки и анализа сотен терабайт и даже петабайт данных.

Apache Hadoop это на 100% открытый исходный код, принципиально новый способ хранения и обработки данных. Вместо того чтобы полагаться на дорогостоящее специальное оборудование и различные системы для хранения и обработки данных, Hadoop и обеспечивает распределенную параллельную обработку больших объемов данных между недорогими, стандартными серверами, оба из которых хранят и обрабатывают данные с возможностью масштабирования без ограничений.

Очередным преимуществом Hadoop является то, что, поскольку он опирается на внутренне избыточные структуры данных и развернут на стандартные серверы вместо дорогостоящих специализированных систем хранения данных. Вы можете себе позволить хранить данные, ранее не являвшиеся жизнеспособными.

В сегодняшнем гипервзаимосвязанном мире, где ежедневно создается всё больше и больше данных, прорыв преимущества Hadoop означает, что предприятия и организации теперь могут найти значение и в тех данных, которые ещё недавно считали бесполезным.

Hadoop может обрабатывать все типы данных, получаемых из разнородных систем: структурированные, неструктурированные файлы журналов, фотографий, аудио файлов, записей связи, электронной почты - независимо от своего собственного формата. Внося все данные, пригодные для использования, Hadoop предоставляет поддержку, необходимую для определения неотредактированных отношений и выявления ответов, которые всегда были вне досягаемости. Унаследованные системы просто не были разработаны с учётом потребности в Больших Данных, и являются слишком дорогостоящими, чтобы использоваться для общего назначения с сегодняшним обширным набором данных.

Apache Hadoop включает два основных подпроекта:

Map Reduce – система, понимающая и назначающая работу узлов кластера. Объявлена компанией Google в 2004 году как способная распределять нагрузку данных по тысячам узлов. Данный принцип основывается на стратегии «проблему разбить на более мелкие подпроблемы» и может быть представлен через SQL и в SQL на основе средств бизнес-аналитики.

Hadoop Distributed File System (HDFS) - Apache с открытым исходным кодом распределенной файловой системы, которая охватывает все узлы в кластере Hadoop для хранения данных. Она связывает воедино файловые системы на многих местных узлах с целью объединения их в одну большую файловую систему. Файловая система HDFS предполагает сбой в узлах, поэтому она достигает надежности путем репликации данных между несколькими узлами.

Заключение

В этой статье мы вкратце рассмотрели концепцию Больших Данных и аналитику Больших данных, а также практическое преимущество проекта Hadoop. А также определили, что Большие Данные - это больше, чем просто «размер имеет значение»; это возможность найти идеи в новых и новейших данных и содержании, чтобы сделать бизнес более гибким и найти на интересующие вопросы ответ, ранее считавшийся «за пределами досягаемости». Следовательно, аналитика больших данных могут быть применены для привлечения изменения бизнеса и повышения скорости принятия решений, путем применения передовых аналитических методов на больших объемах данных, а также выявление скрытых идеи и ценные знания.

Сегодня есть целый ряд успешных альтернативных решений, как среди коммерческого программного обеспечения, так и, среди программного обеспечения с открытым кодом. Безусловно, Hadoop популярен и у него есть своя ниша, а его применение для решения определенных задач будет расти.

Мы считаем, что анализ больших данных имеет большое значение и потенциал и может обеспечить основу для достижения высоких результатов в научных, технологических и гуманитарной областях.

Список использованных источников

1. Х. Моед. Эволюция Больших Данных в качестве исследовательской и научной темы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.researchtrends.com> (дата обращения 06.01.2016).
2. П. Зикуполис. Использование возможностей Больших Данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibmbigdatahub.com/blog/harnes> (дата обращения 23.02.2016).
3. Уайт Папер. Анализ Больших Данных. Экономика и технология больших вычислительных данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bigdataarchitecture.com/> (дата обращения 20.02.2016).
4. Архитектура Больших данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bigdataarchitecture.com/> (дата обращения 23.02.2016).

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БАЛОЧНО-ПЛАСТИНЧАТОЙ СТРУКТУРЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЛОКАЛЬНО ПОДКРЕПЛЁННОЙ БАЛКИ, ЗАКРЕПЛЁННОЙ МЕЖДУ ДВУМЯ ПЛАСТИНКАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОДНУ ИЗ ПЛАСТИНОК

Кружилин В.С., Яковлева Т.В., Крысько В.А.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
vskruzhilin@bk.ru

Введение

Пластины, которые подкрепляются ребрами жесткости в виде балок, представляют из себя составной элемент как в различных строительных конструкциях, так и в приборах систем навигации и электронной техники (гироскопах) [1]. Хаотические колебания возникают при воздействии продольной знакопеременной нагрузки на одну из пластинок благодаря наличию малых зазоров между пластинами и балкой. Так как изучение подобных явлений в настоящее время ограничено, то учёт взаимодействия слоёв и влияния количества подкрепляющих рёбер жесткости на устойчивость получаемых колебаний получает особую важность. [2-4].

Постановка задачи и метод решения

В работе построена математическая модель параметрических колебаний и контактного взаимодействия многослойной системы, из двух пластин, подкреплённых одной балкой. Между элементами структуры имеются зазоры, как показано на рис. 1.

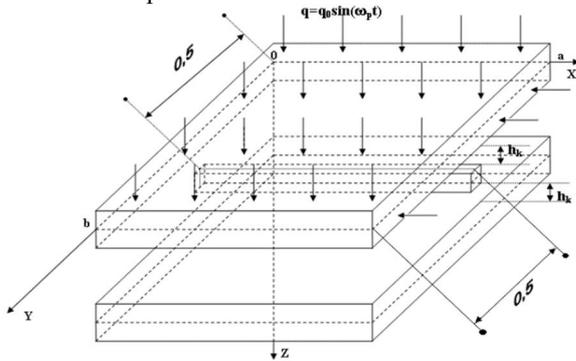


Рис. 1. Схема многослойной структуры из двух пластин и балки

Математическая модель описывается системой уравнений в частных производных. Три элемента (две пластинки и балка) подчиняются качественно одним и тем же кинематическим моделям: пластинки – модели Кирхгофа, а балка – модели Эйлера-Бернулли.

$$\begin{cases} \frac{1}{12(1-\mu^2)} \nabla_{\lambda}^4 w_1 + \frac{\partial^2 w_1}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w_1}{\partial t} + q_1(x, y, t) + \\ + P_x \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} - q_{k1} = 0, \\ \frac{1}{12} \frac{\partial^4 w_2}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 w_2}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w_2}{\partial t} + q_{k1} - q_{k2} = 0, \\ \frac{1}{12(1-\mu^2)} \nabla_{\lambda}^4 w_3 + \frac{\partial^2 w_3}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w_3}{\partial t} + q_{k2} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} q_{k1} = K(w_1 - w_2 - h_k) \Psi_1, \\ q_{k2} = K(w_2 - w_3 - h_k) \Psi_2, \\ \Psi_1 = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(w_1 - h_k - w_2)], \\ \Psi_2 = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(w_2 - h_k - w_3)] \end{cases} \quad (2)$$

Системы (1) и (2) приведены к безразмерному виду, как это сделано в работе [1]. q_{k1} и q_{k2} представляют собой контактное давление между слоями [5], W_1, W_3 – функции прогибов пластинок, и W_2 – функция прогиба балки. К уравнениям (1) присоединены граничные условия и нулевые начальные условия. Следует добавить условия непроникновения одной системы в тело другой. Искомые дифференциальные уравнения решаются методом Бубнова-Галёркина в высших приближениях. Система обыкновенных дифференциальных уравнений решается методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

Рассмотрим задачу, когда балка и пластинки, опёртые по контуру, имеют шарнирное опирание. В этом случае в качестве аппроксимирующих функций выбраны следующие уравнения (3):

$$\begin{cases} w_1 = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N A_{kj1}(t) \sin(k\pi x) \sin(j\pi y), \\ w_2 = \sum_{k=1}^{N_1} A_{k2}(t) \sin(k\pi x), \\ w_3 = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N A_{kj3}(t) \sin(k\pi x) \sin(j\pi y). \end{cases} \quad (3)$$

Для подтверждения достоверности был проведен сравнительный анализ результатов, полученных другими численными методами: методами конечных разностей с аппроксимацией $0(h^2)$, $0(h^4)$. Совпадение удовлетворительное.

Первое взаимодействие нижней пластинки с балкой происходит при воздействии нагрузки с амплитудой $p_0 = 0.10145$, на рис. 2 показан фазовый портрет при данной нагрузке. Колебания происходят на интервале (2;10).

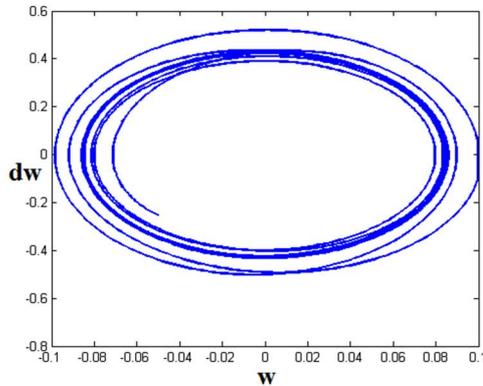


Рис. 2. Фазовый портрет нижней пластинки при нагрузке $p_0 = 0.10145$

Первое взаимодействие всех трёх элементов наступает при нагрузке $p_0 = 0.173$ (рис.3), и колебания сразу становятся хаотическими на частоте возбуждения. Это характеризует то, что спектр мощности Фурье представляет из себя сплошной пьедестал (рис. 4).

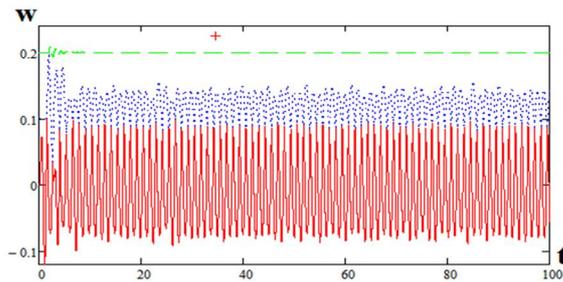


Рис. 3. График сигнала на интервале $t \in (0;100)$ при $p_0 = 0.173$

На рис.3 зеленым цветом обозначен сигнал верхней пластинки, синим – балки, а красным – нижней пластинки.

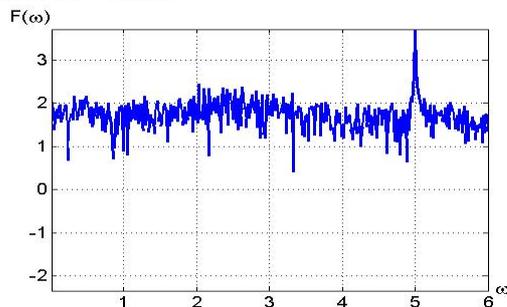


Рис. 4. Спектр Фурье для балки при $p_0 = 0.35$

Дальнейшие увеличения нагрузки не приводят к изменению характера колебаний.

Заключение

При контактном взаимодействии 2-х пластинок и балки колебания приобретают выраженный хаотический характер с доминирующей частотой $\omega_p = 5$. При этом даже незначительное увеличение нагрузки может вызвать заметное увеличение нагрузок на балочно-пластинчатую систему.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-5609.2016.8

Список использованных источников

1. Awrejcewicz J., Krysko-Jr. V.A., Yakovleva T.V., Krysko V.A. Noisy contact interactions of multi-layer mechanical structures coupled by boundary conditions. Journal of Sound and Vibration. No. 369. 2016. p. 77–86.
2. Антуфьев Б.А. Дивергенция пластины, дискретно подкрепленной системой ребер // Известия Вузов. Авиационная техника. - 2012. - № 1. - С. 64-66.
3. Игудисман О.С., Абрамович Х. Потеря устойчивости и закритическое поведение пологих подкрепленных цилиндрических панелей // Известия Вузов. Авиационная техника. - 2012. - № 4. - С. 11-14.
4. Яковлева Т.В., Баженов В.Г., Крысько В.А., Крылова Е.Ю. Контактное взаимодействие пластины с системой балок при наличии зазоров с учетом белого шума. // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015. - № 4. - С. 259–272.
5. Яковлева Т.В., Крылова Е.Ю., Баженов В.Г., Крысько В.А. Сложные колебания и контактное взаимодействие пластины, подкрепленной балкой с зазором между ними, в условиях экстремальных режимов нагружения. // Известия ВУЗов. Строительство. 2016. № 3.

АНАЛИЗ НА ЖЕСТКОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЗАМКНУТОЙ ДИСЛОКАЦИОННОЙ ПЕТЛИ

Елисеев А. С.

Научный руководитель – А. Е. Петелин
Томский государственный университет
eliseev-97@yandex.ru

Введение

Исследование кристаллографического сдвига и формирования динамики элементарных скольжений является сложной задачей из-за особенности не систематического характера в различных условиях, множественности возможных влияющих сил, препятствующих движению дислокаций, как на практике экспериментальных исследований, так и при моделировании [1].

В рамках исследований, проводимых в Томском государственном университете, была разработана математическая модель [2-5] дислокационной динамики кристаллографического скольжения, в которой поле препятствий дислокационной и иной природы заменяется однородной средой, оказывающей движущейся дислокации такое же сопротивление, что и исходное поле препятствий. В модели [2-5] учтены: сила Пича-Келлера, обусловленные приложенным воздействием, и силы сопротивления движению дислокаций, обусловленные решеточным, примесным и дислокационным трением, обратными полями напряжений со стороны скопления ранее испущенных дислокаций, вязким торможением, а также линейным натяжением и генерацией точечных дефектов с учетом ориентационной зависимости силы линейного натяжения дислокации и интенсивности генерации точечных дефектов за порогами на дислокации.

В данной работе проводится анализ математической модели [2-5] на жесткость.

Анализ математической модели

Математическая модель [2-5] представлена в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Размерность системы ОДУ равна $2 \cdot N$, где N – количество рассматриваемых при моделировании расширения дислокационной петли направлений её движения. В вычислительных экспериментах [2-5] N задавалось равным 360, соответственно при этом система ОДУ состояла из 720 уравнений.

В настоящее время единого и надежного способа определения жёсткости не существует. В статье будет использовано одно из наиболее распространенных определений жесткости [6]: система называется жесткой, если все собственные значения системы удовлетворяют условиям:

$$\operatorname{Re} \lambda_j < 0, \quad j = 1, \dots, J;$$

$$2) \quad S = \max_j |\operatorname{Re} \lambda_j| / \min_k |\operatorname{Re} \lambda_k| \gg 1, \quad j, k = 1, \dots, J;$$

$$3) \quad \max_j |\operatorname{Im} \lambda_j| \ll \max_j |\operatorname{Re} \lambda_j|, \quad j = 1, \dots, J.$$

Здесь J – размерность системы ОДУ, S – коэффициент жесткости [7].

Собственные значения системы ОДУ математической модели [2-5] являются функциями от независимой переменной (времени), соответственно жесткость на интервале интегрирования не является постоянной. Для исследования изменения жесткости задачи Коши [2-5] значения коэффициента жесткости рассчитаны на различных участках интервала интегрирования. Результаты исследования изменения жесткости задачи Коши [2-5] представлены на рис. 1 для первой испущенной дислокационным источником дислокационной петли. В расчетах использованы значения параметров математической модели [2-5], характерные для меди при комнатной температуре.

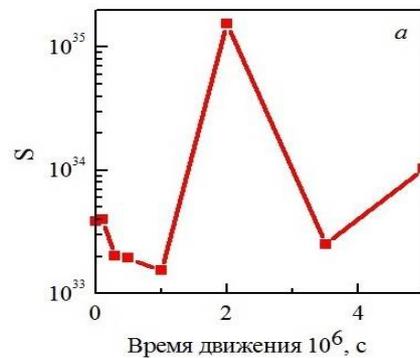


Рис. 1. Изменение на интервале интегрирования для задачи Коши [2-5] коэффициента жесткости S

Собственные значения, полученные во всех проведенных расчетах, имеют отрицательное значение. Значение коэффициента жесткости велико (рис. 1). При этом все собственные значения не имеют мнимых частей, а максимальное по модулю вещественная часть собственного значения изменяется от 9 до 12 порядка (рис. 2). Таким образом, согласно приведенному выше определению задача Коши для математической модели [2-5] является жесткой.

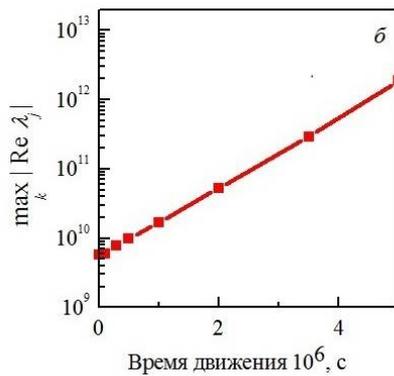


Рис. 2. Изменение на интервале интегрирования для задачи Коши [2-5] значение $\max_j |\operatorname{Re} \lambda_j|$

Согласно [8] любую систему ОДУ можно классифицировать на нежесткую, умеренно, средне, сильно, экстремально или патологически жесткую (табл.).

Таблица. Классификация задачи по степени жесткости [8]

Класс	Коэффициент жесткости
Нежесткая	$S < O(10)$
Умеренно жесткая	$S = O(10)$
Средне жесткая	$S = O(10^2)$
Сильно жесткая	$O(10^2) < S \leq O(10^5)$
Экстремально	$O(10^6) < S \leq O(10^8)$
Патологически	$S \geq O(10^9)$

Значение коэффициента жесткости системы ОДУ [2-5] во всех проведенных расчетах и на любом интервале интегрирования больше 1033, что согласно приведенной выше классификации означает, что рассматриваемая математическая модель дислокационной динамики кристаллографического скольжения является патологически жесткой и для её решения требуются специальные численные методы.

Заключение

В перспективе конечной целью работы является разработка программного модуля решения системы ОДУ математической модели [2-5], что является крайне тяжелой задачей, учитывая ряд осложняющих факторов, таких как нелинейность системы, большое количество уравнений в системе, и патологическая жесткость системы, отбрасывающая возможность применения большинства стандартных широко используемых методов решения систем ОДУ с применением компьютерной техники.

В связи с этим, с необходимостью встает задача анализа существующих библиотек параллельных численных методов, ориентированных на работу с жесткими системами ОДУ, и оценка допустимости

применения методов, реализуемых в рамках выбранных библиотек, к рассматриваемой математической модели.

Список использованных источников

1. Слободской М.И. Исследование явления скольжения в кристаллах методами имитационного моделирования / М.И. Слободской, Л.Е. Попов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2004. – 450 с.
2. Петелин А.Е. Математическое моделирование динамики дислокационной петли и формирования зоны кристаллографического сдвига в ГЦК металлах: автореферат дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.07 / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Барнаул, 2013. – 19 с.
3. Колупаева С.Н., Петелин А.Е. Математическая модель формирования зоны кристаллографического сдвига в представлении кусочно-непрерывной замкнутой дислокационной петли // Известия вузов. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 2. – С. 15–20.
4. Kolupaeva S., Petelin A., Polosukhin K., Petelina Y. Mathematical modeling of elementary crystallographic slip, limited by an expanding piecewise-continuous closed dislocation loop // Advanced Materials Research. – 2014. – V. 1013. – Pp. 280-286.
5. Колупаева С.Н., Петелин А.Е., Петелина Ю.П., Полосухин К.А. Моделирование формирования замкнутой кусочно-непрерывной дислокационной петли при различной плотности дислокаций в алюминии // Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014) Материалы Международной научной конференции молодых ученых, 2014. – 597-604.
6. Амосов О.С. Интеллектуальные информационные системы. Нейронные сети и нечеткие системы: уч. пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсом. н/А гос. техн. ун-т», 2004. – 104 с.
7. Hoffman J.D. Numerical methods for engineers and scientists / J.D. Hoffman. – CRC Press. – 2001. – 2 ed. – 823 p.
8. Petcu, D. Designing an ODE solving environment / D. Petcu, M. Dragan // Lectures Notes in Computational Science and Engineering 10: Advances in Software Tools for Scientific Computing / Ed. by H. Langtangen, A. Bruaset, E. Quak. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. – P. 319–338.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРБИТРАЖНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВАЛЮТНЫХ ПАР И ФЬЮЧЕРСОВ НА ДАННЫЕ ВАЛЮТНЫЕ ПАРЫ С РАЗНЫМИ СРОКАМИ ИСПОЛНЕНИЯ

Даутбаева В. Р.

Научный руководитель: Крицкий О. Л.
Томский политехнический университет
e-mail: valera_anime@mail.ru

Введение

Цель данной работы: определение арбитражных возможностей для валютных пар и фьючерсов на данные валютные пары с разными сроками исполнения.

Анализ эмпирических данных

Было проведено исследование внутрдневных приращений котировок валютных пар, таких как Евро/Доллар, Рубль/Евро, Доллар/Рубль и фьючерсов на данные валютные пары со сроками исполнения 15 марта 2016 года и 15 июня 2016 года. За период с 1 января 2016 года по 15 июня 2016 года. Периодичность данных составила 10 минут, 30 минут и 60 минут.

Дальнейший ход работы будет представлен на примере одного из вышеперечисленных активов, а именно на примере валютной пары Доллар/Рубль.

На Рисунке 1 представлены котировки валютной пары Доллар/Рубль за период с 1 января 2016 года по 15 июня 2016 года.

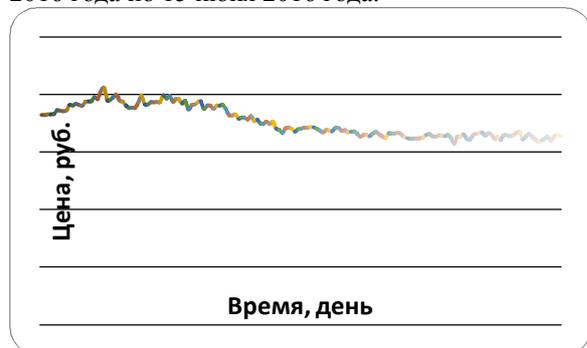


Рис. 1. Котировки валютной пары Доллар/Рубль за период с 01.01.2016 по 15.06.2016

Для каждого из периодов были рассчитаны соответствующие внутрдневные приращения по Формуле 1,

$$r_{i,t,j} = p_i(t-1+j/M) - p_i(t-1+(j-1)/M), j=1,2,\dots,M \quad (1)$$

затем была вычислена реализованная вариация по Формуле 2

$$RV_{i,t} = \sum_{j=1}^M r_{i,t,j}^2 \quad (2)$$

и так же был вычислен показатель квадратичной вариации по Формуле 3,

$$BV_{i,t} = \mu_1^{-2} \left(\frac{M}{M-1} \right) \sum_{j=2}^M |r_{i,t,j}| |r_{i,t,j-1}| \quad (3)$$

$$\text{где } \mu_1 = \sqrt{2/\pi} \approx 0.7979$$

Таким образом, вклад в полную вариацию был оценен показателем относительной величины скачка по Формуле 4.

$$RJ_{i,t} = \frac{RV_{i,t} - BV_{i,t}}{RV_{i,t}} \quad (4)$$

Выдвигая статистическую гипотезу о наличии хотя бы 1 скачка и принимая во внимание нормальный закон распределения z-статистики, было оценено количество дней, в которых наблюдались значимые всплески цен активов. Тестовая статистика скачков рассчитывалась по Формулам 5, 6. [1]

$$z_{i,t} = \frac{RJ_{i,t}}{\sqrt{(v_{bb} - v_{qq}) \frac{1}{M} \max\left(1, \frac{TP_{i,t}}{BV_{i,t}^2}\right)}}, \quad (5)$$

$$\text{где } v_{qq} = 2, v_{bb} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + \pi - 3 \approx 2.6090,$$

$$TP_{i,t} = \mu_{4/3}^{-3} M \left(\frac{M}{M-2} \right) \sum_{j=3}^M |r_{i,t,j}|^{4/3} |r_{i,t,j-1}|^{4/3} |r_{i,t,j-2}|^{4/3} \quad (6)$$

$$\mu_{4/3} = 2^{2/3} \Gamma\left(\frac{7}{6}\right) / \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \approx 0.8309$$

В Таблице 1 вы можете видеть количество дней, в которых наблюдались значимые всплески цен активов для каждого из периодов.

Таблица 1. Количество дней со всплесками цен активов (из 167 возможных и 75 для фьючерсов на валютные пары со сроком исполнения 15 марта)

	10 минут	30 минут	60 минут
Доллар/Рубль	100	63	24
SiH6	7	5	2
SiM6	24	22	9
Евро/Доллар	33	25	13
EdH6	10	7	6
EdM6	30	14	11
Рубль/Евро	86	33	23
EuH6	6	3	1
EuM6	18	17	11

Анализируя данные в Таблице 1, можно сделать вывод, что с увеличением длины временного интервала уменьшается количество дней с арбитражной возможностью.

Далее проводим статистическую проверку гипотез о наличии хотя бы 1 значимого скачка внутри торгового дня на примере валютной пары Доллар/Рубль для периодов в 60, 30 и 10 минут.

На Рисунках 2-4 изображены графики, показывающие значения z - статистики для валютной пары Доллар/Рубль на различных

временных интервалах. Синей сплошной линией отмечены значения z – статистики, красной линией критическое значение z – статистики с вероятностью 0,95.

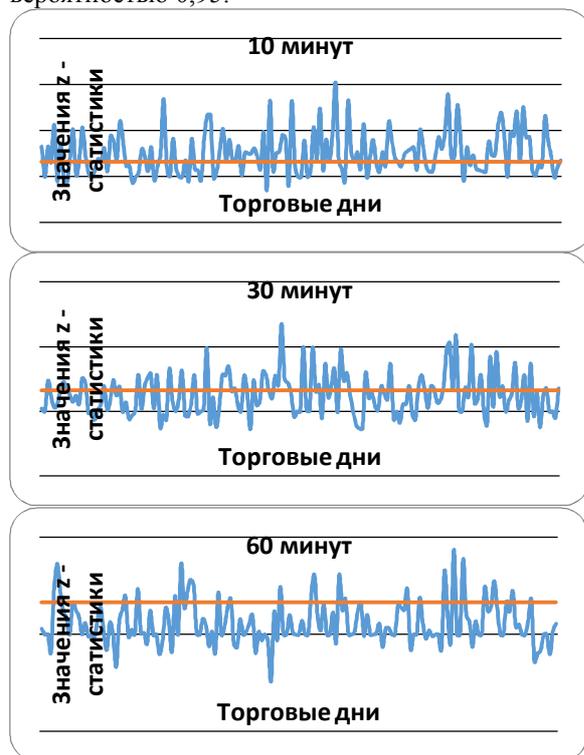


Рис. 2 - 4. Значения z -статистики для валютной пары Доллар/Рубль на временных интервалах: десять минут, полчаса и час

Анализ Рисунков 2 – 4 показывает увеличение числа значимых величин статистики при уменьшении временного интервала. Что подтверждает полученный вывод при анализе Таблицы 1.

В Таблице 2 приведены величины скачков и их количества для валютной пары Доллар/Рубль на рассматриваемых интервалах времени.

Таблица 2. Распределение величин скачков на различных временных интервалах для валютной пары Доллар/Рубль

	10 мин	30 мин	60 мин
Размер скачка	Количество скачков	Количество скачков	Количество скачков
Общее количество	17572	5868	2935
Без изменений	2572	482	143
Менее 0,01	4821	983	311
0,01 – 0,03	2235	547	183
0,03 – 0,05	1727	446	192
0,05 – 0,07	1301	389	152
Более 0,07	7488	3503	2097

Основываясь на данные в Таблице 2 можно отследить среднюю величину скачка и среднюю доходность. Значения для валютной пары Доллар/Рубль представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Средние величины скачков и доходностей для валютной пары Доллар/Рубль

	10 мин	30 мин	60 мин
Средняя величина скачка, %	0,03	0,04	0,05
Общее количество скачков	17572	5868	2935
Средняя доходность за весь период, %	540	239	138

Анализ Таблицы 3 показывает, что с увеличением длины временного интервала наблюдается увеличение средней величины скачка, однако средняя доходность снижается.

Данная работа была проделана для всех остальных эмитентов. Тенденция увеличения средней величины скачка, но снижения доходности наблюдается для всех валютных пар и фьючерсов. Завершающим действием стало сравнение между активами для выявления наиболее выгодного вложения.

Заключение

Ожидаемая доходность инвестирования в валютные пары и фьючерсы на данные валютные пары за рассматриваемый период времени не превосходит 540% для валютной пары Доллар/Рубль, 368% для фьючерса на валютную пару Доллар/Рубль со сроком исполнения 15 июня, 176% для фьючерса на валютную пару Доллар/Рубль со сроком исполнения 15 марта, 280% для валютной пары Евро/Доллар, 135% для фьючерса на валютную пару Евро/Доллар со сроком исполнения 15 июня, 105% для фьючерса на валютную пару Евро/Доллар со сроком исполнения 15 марта, 255% для валютной пары Рубль/Евро, 266% для фьючерса Рубль/Евро со сроком исполнения 15 июня, 134% для фьючерса на валютную пару Рубль/Евро со сроком исполнения 15 марта .

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее правильным решением является вложение в валютную пару Доллар/Рубль, а наименее выгодным является вложение во фьючерс на валютную пару Евро/Доллар со сроком исполнения 15 марта.

Список использованных источников

1. Tim Bollerslev, Tzuo Hann Law, George Tauchen. Risk, jumps, and diversification. — Journal of Econometrics 144 (2008) 234–256.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИКО-СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА SEMSIN ДЛЯ СИНТЕЗА РУССКОЙ РЕЧИ

Чемерилов В. В., Савинов А.П.
Томский политехнический университет
vchemerilov@gmail.com

Введение

В 2009 году Б.М. Лобановым был проведен эксперимент с синтаксическим анализатором ЭТАП-3 с целью его адаптации для систем синтеза речи [1]. Несмотря на успешное прохождение всех тестов, ЭТАП-3 не смог полностью разрешить вопросы омонимии, так как не содержал семантической информации при анализе текста. Семантико-синтаксический анализатор Semsin в отличие от ЭТАП-3 проводит не только синтаксический и морфологический анализы текста, но и семантический. В данной работе был проведен эксперимент с анализатором Semsin с целью его применения в русском речевом синтезе.

Анализатор Semsin

Semsin – это семантико-синтаксический анализатор, в задачи которого входит снятие частеречной и морфологической омонимии, построение синтаксического дерева зависимостей и частичное снятие лексической неоднозначности [2].

Принцип работы синтаксического анализатора Semsin:

1. Выделение токенов. Каждый абзац поданного на вход текста подвергается предварительному анализу с выделением минимальных, линейных и неделимых компонент текста – токенов.
2. Обработка отдельных слов. Разрешение морфологической омонимии засчет анализа ближайшего окружения.
3. Выделение групп с фамилиями, названиями, числами.
4. Подключение прилагательных и причастий, снятие неоднозначностей прилагательное-существительное. Поиск согласованного существительного.
5. Поиск предлогов на основе анализа предложных групп.
6. Сегментация текста по знакам препинания с целью нахождения предикативной вершины (обычно это глагол).
7. Поиск составных сказуемых на основе словарей актантных глаголов.
8. Построение дерева синтаксических связей слов в предложении.

Особенности семантико-синтаксического анализатора Semsin

Semsin содержит 177 тысяч лексем, распределенным по 1660 классам, что позволит преобразовать даже сложный технический текст в качественную речь. В 2014 году были проведены испытания парсера Semsin с целью категоризация текстов для структурирования массива исторических документов [3]. В результате точность определения лемм была не ниже 97%. Semsin содержит более 20 тысяч названий и собственных имен, что позволит решить вопрос омонимии при синтезе речи.

В настоящее время база содержит более 4100 фразеологизмов и играет важную роль в снятии неоднозначности, особенно для составных предлогов, союзов и наречий [4]. Используется также отдельная база предлогов, хранящая классы существительных, с которыми они взаимодействуют, и названия связей с хозяевами предложных групп.

Исследование парсера SemSin

Для исследования возможностей синтаксического анализатора Semsin на практике был проведен эксперимент. Была сделана выборка частей текста из пяти разных мест трех книг (предметная область – экономика). Части текста были записаны в отдельные текстовые файлы (по пять файлов на каждую книгу) и каждый файл был обработан Semsin. В результате работы была получена следующая статистика.

Таблица 1. Неоднозначность лемм Semsin (%).

	1	2	3	4	5	сред
Баскакова, Сейко — Экономика предприятия	1	0	0,9	0	0	0,44
Фролова — Экономика предприятия. Конспект лекций	0	0	0	0	0	0
Землянская, Эглит — Тезаурус по экономике предприятия	0	0	0	0	2,20	0,44

Таблица 2. Неоднозначность морфологии Semsin (%).

	1	2	3	4	5	сред
Баскакова, Сейко — Экономика предприятия	0	2,17	9,01	11,67	4,23	5,42
Фролова — Экономика предприятия. Конспект лекций	8,51	7,46	24,68	0	4,55	9,04
Землянская, Эглит — Тезаурус по экономике предприятия	13,33	12,82	18,37	4,17	9,89	11,72

Таблица 3. Время работы Semsin (слов в секунду).

	1	2	3	4	5	сред
Баскакова, Сейко — Экономика предприятия	70,4	50,82	60,83	54,86	46,01	56,6
Фролова — Экономика предприятия. Конспект лекций	47,84	57,26	55,5	60,85	48,69	54
Землянская, Эглит — Тезаурус по экономике предприятия	49,08	53,14	47,65	59,86	63,4	54,6

Парсер Semsin подобрал лемму практически к каждому слову в представленных частях текста. В 8,73 % случаях парсер не смог определить морфологические характеристики слова. Средняя скорость работы парсера 55 слов в секунду.

Синтаксический анализ Semsin:

1. Определяет связь между соседними словами в тексте с помощью вопроса, причем рассматривает каждое слово как часть речи (морфология), а не как член предложения (подлежащее, сказуемое, определение, дополнение, обстоятельство).

2. Выделяет подлежащее и сказуемое – связь субъект и объект между ними.

3. Выделяет дееспричастия и причастия.

4. Если связи с соседними словами нет (заканчивается одна часть сложносочиненного предложения, начинается другая), то ставит знак “сочинит” – сочинительная связь (не смотря на то, что связь может быть подчинительной).

Парсер Semsin не определяет:

- Вид предложения (простое, сложное).
- Вид простого предложения (полное, неполное, распространенное, нераспространенное).
- Вид сложного предложения (сложносочиненное, сложноподчиненное и т.д.).
- Грамматическую основу предложения (подлежащее, сказуемое) и второстепенные члены предложения (определение, дополнение, обстоятельство).

Заключение

При интегрировании парсера Semsin в синтезатор речи, у синтезатора речи появятся следующие возможности:

- Снятие омографии словоформ. Зная лемму и семантический класс слов предложения можно определить на какую букву будет ставиться ударение, если предложение содержит омограф (слово, которое читается по-разному, но пишется одинаково).

- Синтагматический анализ предложения (деление предложения на синтагмы), который позволит определить:

- Места пауз в предложении.
- Места расстановки логического, фразового и синтагматических ударений.

- Актуальное членение предложения – выделение темы и ремы в предложении. Рема обычно выделяется фразовым ударением. Тема и рема разделяются паузой.

- Выделение интонационных конструкций (ИК).

- Определение и задание интонации перечисления, пояснения и сопоставления.

- Задание скорости произношения слова.

- Расшифровка сокращений.

Список использованных источников

1. Многоцелевой лингвистический процессор ЭТАП-3 [Электронный ресурс]. - URL: <http://iitp.ru/ru/science/works/452.htm> (дата обращения: 04.10.2016).
2. Каневский Е.А., Боярский К.К. Предсинтаксический модуль в анализаторе SemSin [Электронный ресурс]. - URL: <http://ojs.ifmo.ru/index.php/IMS/article/viewFile/46/47> (дата обращения: 04.10.2016).
3. Артемова Г.В., Боярский К.К., Гусарова Н.Ф., Добренко Н.В. Категоризация текстов для структурирования массива исторических документов [Электронный ресурс]. - URL: http://rcdl.ru/doc/2014/paper/RCDL2014_159-164.pdf (дата обращения: 04.10.2016).
4. Каневский Е.А., Боярский К.К. Семантико-синтаксический анализатор SemSin [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2012/materials/pdf/Kanevsky.pdf> (дата обращения: 04.10.2016).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Казиев А. Б.

Научный руководитель: В.Г. Спицын
Томский политехнический университет
abk5@tpu.ru

Введение

Распознавание лиц, детектированных на изображении, на сегодняшний день является актуальной задачей биометрии, решение которой критически важно в широком диапазоне применений. Алгоритмическая обработка изображений с целью выяснения личности детектированного лица применяется в системах общественной безопасности, в системах видеонаблюдения и контроля за перемещениями, в системах контроля и управления доступом к закрытым помещениям и территориям, а также в рамках криминалистической экспертизы.

Одним из активно используемых подходов к этой задаче на сегодняшний день является применение искусственных нейронных сетей особой архитектуры, называемых свёрточными нейронными сетями (СНС), которые позволяют использовать локальные признаки изображений и проявляют более высокую устойчивость к инвариантным преобразованиям распознаваемых объектов по сравнению с другими методами.

В данной работе проводится краткий обзор современных методов применения СНС и результатов, полученных путём применения описанных методов.

Архитектура СНС

Искусственные нейронные сети являются биологически подобными системами, математическая модель которых основана на принципах функционирования головного мозга. СНС являются их дальнейшим развитием, заимствуя принцип использования локальных признаков из нейробиологии. В работе [1] утверждается, что визуальная кора головного мозга состоит из комплекса клеток, каждая из которых чувствительна только к ограниченному участку поля зрения и реагирует на присутствие в собственной области определённых примитивных структур, выполняя роль локальных фильтров для входных данных. СНС эмулирует поведение визуальной коры головного мозга [2].

Архитектура СНС включает в себя свёрточные слои, слои подвыборки и полносвязные слои. Архитектура СНС использует преимущества двумерной структуры изображений с помощью метода локальной связности, ограничивая количество связей между нейронами скрытого свёрточного слоя и входными данными. Конкретно, каждый нейрон скрытого слоя связан только с ограниченным локальным участком изображения.

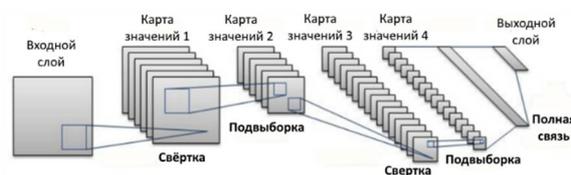


Рис.1. Архитектура свёрточной нейронной сети

СНС использует разделяемые веса так, чтобы каждый нейрон скрытого слоя имел общий набор весов с другими нейронами этого слоя. Веса нейронов скрытого слоя представляют из себя набор фильтров, при помощи которых осуществляется операция свёртки входного изображения. Промежуточными результатами сети являются результаты свёртки каждым отдельным фильтром, называемые картами признаков. Слои подвыборки группируют карты признаков и агрегируют значения, полученные в результате свёртки [3].

Методы распознавания на основе СНС

Значительное количество работ в области распознавания лиц опирается на разработку СНС различной архитектуры и использование их в каскаде с другими СНС или иными распознавателями.

Применение глубоких СНС (состоящих из большого количества слоёв) рассмотрено в работе [2], в которой СНС используется для классификации объектов на базе изображений ImageNet. СНС с глубокой архитектурой также часто используется в задаче распознавания лиц. К примеру, модификация такой архитектуры используется в работе [4], в которой также подробно исследуется процедура подготовки базы лиц для обучения сети. Разработанной авторами глубокой СНС получен результат в 98.95% точности на популярной для тестирования СНС базе лиц Labeled Faces in the Wild (LFW) [5].

Увеличение размера СНС как в глубину, так и в ширину подразумевает значительное увеличение количества настраиваемых параметров и затрат вычислительных ресурсов. Стремясь обойти эту проблему, команда исследователей из корпорации Google, совместно с сотрудниками Университета Северной Каролины и Мичиганского университета, создали архитектуру СНС для распознавания объектов под названием Inception [6], в которой использовался принцип нахождения биологически подобной оптимальной локально распределённой структуры [7]. Пользуясь этим принципом, авторы работы [8] создали две

глубокие СНС, показывающие результаты в 99.53% и 96.0% точности на базе лиц LFW.

В работе [9] исследуется задача распознавания лиц на фотографиях со значительными вариациями позы и положения лица, такими как фотографии пользователей из социальных сетей. Для распознавания лиц в таких условиях авторами предложена система Pose Invariant Person Recognition (PIPER), в которой ансамбль СНС используется на первом этапе для нахождения человеческой головы/лица, а затем происходит распознавание обнаруженных лиц при помощи системы DeepFace [10]. Для обучения и тестирования авторы работы собрали собственную базу изображений под названием People In Photo Albums (PIPA), состоящую из **60000 тысяч** фотографий пользователей, на которой система PIPER показывает результат в 93.4% по сравнению с 89.3% у отдельно используемой DeepFace.

СНС могут применяться для снижения размерности пространства признаков. В работе [11] авторами представлена система под название FaceNet, в которой глубокая СНС используется для эффективного снижения размерности признаков, извлекаемых из изображения. Пространство признаков отображается в компактное евклидово пространство (один вектор занимает размер в 128 байт), в котором расстояние между векторами признаков изображений напрямую коррелирует с похожестью лиц на изображениях. Система достигает рекордной точности в 99.63% на базе лиц LFW.

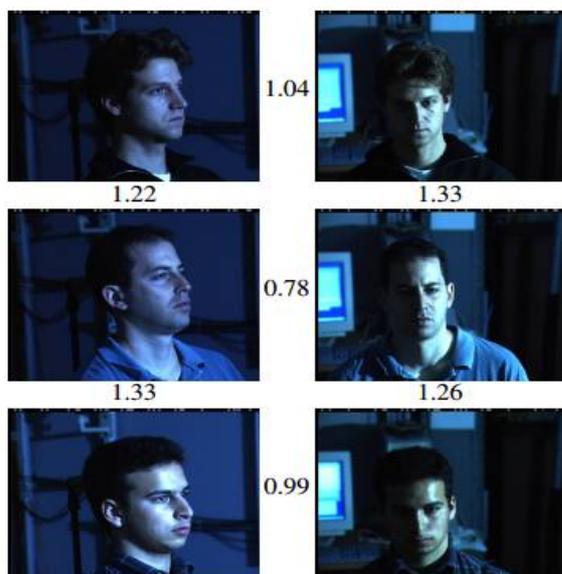


Рис.2. Расстояния в пространстве признаков между парами изображений после применения FaceNet. На основе порога в 1.1 можно судить о том, разные ли люди на изображениях [12]

Заключение

СНС могут применяться на различных этапах решения задачи распознавания лиц на изображениях:

1. В качестве основного классификатора или составной части каскада/ансамбля классификаторов при распознавании.

2. Для подготовки к распознаванию путём распознавания позы и положения тела и лица человека.

3. Для высокоэффективного выделения и снижения размерности признаков перед последующим распознаванием.

На основе приведённого краткого обзора, можно утверждать, что СНС являются одним из ключевых инструментов для решения задачи распознавания человеческих лиц на изображениях.

Литература

1. Hubel, D. H. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex / D. H. Hubel, T. N. Wiesel // The Journal of physiology. – 1968. – no. 195(1). – Pp. 215–243.

2. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton // Advances in neural information processing systems. – 2012. – Pp. 1097–1105.

3. Bundy, A. Difference of Gaussians / A. Bundy, L. Wallen // Catalogue of Artificial Intelligence Tools. – 1984. – Pp. 30–35.

4. Parkhi, O. M. Deep Face Recognition / O. M. Parkhi, A. Vedaldi, A. Zisserman // British Machine Vision Conference. – 2015.

5. Huang, G. B. Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments / G. B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, and E. Learned-Miller // Technical Report 07-49, University of Massachusetts, Amherst. – October 2007.

6. Szegedy, C. Going deeper with convolutions / C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich // Technical report, arXiv:1409.4842. – 2014.

7. Arora S. Provable Bounds for Learning Some Deep Representations / A. Bhaskara, R. Ge, T. Ma // arXiv:1310.6343v1. – 2013.

8. Sun, Y. DeepID3: Face Recognition with Very Deep Neural Networks / Y. Sun, D. Liang, X. Wang, X. Tang // arXiv:1502.00873v1. – 2015.

9. Zhang, N. Beyond Frontal Faces: Improving Person Recognition Using Multiple Cues / N. Zhang, M. Paluri, Y. Taigman, R. Fergus, L. Bourdev // arXiv:1501.05703v2. – 2013.

10. Taigman, Y. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification / Y. Taigman, M. Yang, M. Ranzato, L. Wolf // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – June 24, 2014.

11. Schroff, F. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering / F. Schroff, D. Kalenichenko, J. Philbin // arXiv:1503.03832v3. – 2015.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Боброва М.В.

Марухина О.В.

Томский политехнический университет

Bobrova.r@inbox.ru

Введение

Обучение в высшем учебном заведении — это высокий уровень самостоятельности и сознательности студентов. Первым и существенным этапом учебной деятельности студентов является их своевременное адаптирование к условиям обучения в вузе, рассматриваемая как введение их в профессиональное сообщество.

Успех учебной деятельности студентов примерно на 70% зависит от мотивации и 30% от способностей. Следовательно, именно комплекс мотивов побуждает их успешно учиться, от степени его выраженности зависит академическая успеваемость и другие показатели учебной работы. Поиск информативности каждого признака (психологические тесты) позволит априори узнать, как студент сдаст первую сессию, и если предполагается, что оценки будут неудовлетворительными, с помощью психолога мотивировать студента, найти к нему правильный подход, избегая плохих оценок и проблем в учебе [1].

Содержательная постановка задачи

Определение мотивационного профиля студентов — тест, апробированный и разработанный специально для того, чтобы выявлять факторы мотивации, которые высоко оцениваются студентом, а также те факторы, которым он придает мало значения, как потенциальным источникам удовлетворения выполняемой работой. Он позволяет выявить потребности и стремления студента, и, тем самым получить некоторое представление о его мотивационных факторах. В основу теста положено сопоставление значимости ряда мотивационных факторов, представляющих важность с точки зрения руководства вуза.

Шкалы мотивационного профиля: П — поддержание жизнеобеспечения; К — комфорт; С — социальный статус; О — общение; Д — общая активность; ДР — творческая активность; ОД — общественная полезность [1].

На основе результатов компьютерного тестирования автоматически образуется матрица ответов. Также в программе предусмотрена возможность формирования матрицы ответов по результатам бланкового тестирования. Суммарные диагностические оценки относятся к семи собственно мотивационным шкалам, составляющим мотивационный профиль личности,

и двум шкалам эмоционального поведения, составляющим эмоциональный профиль (ЭП). Включение эмоционального профиля в общий мотивационный профиль личности диктуется в научном плане внутренней общностью мотивации и эмоций, а в практическом — значительной диагностической информацией [2].

Определение информативности набора признаков.

Информативность признака зависит исключительно от того, насколько он помогает дифференцировать интересующее нас состояние — если признак одинаково часто появляется в сравниваемых состояниях, то он наверняка мало поможет диагностике и прогнозированию. Признак будет тем более информативным, чем больше расстояние между реализациями случайных величин. В качестве таких расстояний наибольшее распространение получила информационная мера Кульбака. [3].

Для измерения количества информации Н. Винер и К. Шеннон независимо друг от друга в 1948 г. предложили логарифмические меры, получившие признание в качестве количественных мер информации. К классу подобных мер относится введенная Jeffrey в 1964 г. и подробно изученная в качестве информационной меры Кульбаком мера $J(1,2)$ расхождения между статистическими распределениями 1 и 2. Для дискретных распределений эта формула выглядит так [3]:

где

$$J(x_i / A_1, x_i / A_2) = \sum_j \lg \frac{P(x_{ij} / A_1)}{P(x_{ij} / A_2)} [P(x_{ij} / A_1) - P(x_{ij} / A_2)]$$

A_1, A_2 — классы состояний; i — номер признака; j — номер диапазона i -го признака; $P(x_{ij} / A_k)$ — вероятность попадания объекта, принадлежащего к классу A_k в диапазон j признака i .

Для того, чтобы узнать какой вклад в среднем делает данный диапазон данного признака в процессе приближения к правильному диагностическому порогу, необходимо знать не только отношения правдоподобия, но и учесть вероятность попадания в данный диапазон лиц, принадлежащих к классам A_1 или A_2 .

Вероятность одних определит число диагностических коэффициентов, которые будут приближать ответ к порогу, правильному для большинства наблюдений данного диапазона. Вероятность других определит число диагностических коэффициентов, которые будут

отдавать ответ от правильного для большинства порога. Показатели мотивационной сферы считаются независимыми друг от друга и рассматриваем каждый показатель как отдельный признак. Этот критерий позволяет делать выводы о различиях эмпирических образов без специальных ограничений на распределения случайных величин, образующих эмпирический образ.

Программная часть информационной системы

Для более полной оценки перспектив общего мотивационного развития в процессе обучения или профессионального становления, полезно исследовать и характер соотношения основных мотивационных тенденций. В ходе исследования были изучены несколько методик, а именно: «Итоговые Копинги», «Социотип», «Фигура», «Люшер». Исходные данные представляли из себя значения показателей мотивационной сферы для студентов и были поделены на 2 группы: «отличники» (группа A_1); «двоечники» (группа A_2). Для исследования психологом были протестированы студенты 2-3 курса Института кибернетики ТПУ. Построено решающее правило для прогнозирования успеваемости студентов на основе данных показателей.

Общая схема разработанной системы представлена на рис. 1. В модуле Termwork оценивается значимость различия выборок каждого мотивационного признака по формуле Кульбака, а также производится расчет диагностических коэффициентов и составляется диагностическая таблица. В модуле Diagnos производится прогнозирование успеваемости студента на основе построенного решающего правила.



Разработанная программа является универсальной для работы с любым видом данных, содержащих любое количество подклассов (групп состояния), любое количество признаков. Все вышеперечисленные возможности реализуются в пункте меню "Базы данных". Реализованы операции редактирования и просмотра уже существующих баз данных



Рис. 2. Окна работы с базой данных

Заключение

В результате выполнения исследования были получены диагностические коэффициенты и рассчитана информативность признаков. Следовательно, полученное решающее правило можно использовать для прогнозирования успеваемости студентов по мотивационным показателям, снятым в результате тестирования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-06-00026

Список использованных источников

1. Бакшаева Н.А., Вербицкий А.А. Психология мотивации студентов. Учебное пособие. – М. Логос, 2006. – 184 с.
2. Марухина О.В., Берестнева Е.В., Мокина Е.Е. Разработка информационной технологии оценки адаптации иностранных студентов к научно-исследовательской среде вуза // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'14". Изд-во ФизМатЛит, Москва, 2014 - Т.2. – С. 188-193.
3. Гублер Е.В. Вычислительные методы распознавания патологических процессов / Е.В. Гублер. – Л.: Медицина, 1970. – 319 с.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПУБЛИЧНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СЕРВИСОВ.

Паршина О.В.

к.т.н., доцент. Кудинов А.В.

Томский политехнический университет

oly.krg@mail.ru

Введение

Пространственные данные представляют собой данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах. С развитием мобильных технологий и распространением систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС) пространственные характеристики стали использоваться при решении многих практических и исследовательских задач. Пространственный анализ данных позволяет выявлять закономерности во взаиморасположении связанных с ними объектов или явлений и получать новые знания о них. Повсеместно пространственные данные выступают в качестве дополнительного источника информации для принятия управленческих и аналитических решений [1].

Постановка задачи

Практически важной задачей для градостроителей является определение плотности городской застройки. Для решения данной задачи предлагается использовать типовую функцию пространственного анализа – построение буферных зон. Для каждого городского объекта, будь то жилой дом, производственное или административное строение, существует зона, на которую этот объект оказывает прямое влияние. Такая зона обычно включает детскую площадку, гаражи, двор, парковку и др. Таким образом, если для всех зданий и сооружений города Томск построить буферные зоны, то, вычислив площадь их пересечения, можно будет оценить плотность застройки территории. Анализ позволит наглядно увидеть, как различные объекты распределены в пространстве, насколько плотно они расположены друг к другу и оценить диапазон их пространственного влияния.

Получение пространственных данных

В результате сравнения различных картографических сервисов и анализа предоставляемой ими информации в качестве источника пространственных данных был выбран сервис 2ГИС. К преимуществам данного сервиса можно отнести высокую детализацию на уровне здания, регулярность обновления, а также подробнейший справочник объектов.

С помощью утилиты экспорта базы данных производился сбор пространственных данных с картографического сервиса. Утилита позволяет

экспортировать объекты приложения 2ГИС в таблицы Microsoft SQL Server. Перечень экспортируемых данных целиком определяется API 1.1 2ГИС.

В базе Microsoft SQL Server информация хранится в нормализованной форме. Встроенные в объекты приложения 2ГИС массивы либо представлены таблицами–отношениями «многие ко многим», либо опущены, если они содержат дублирующую информацию. Для объектов, поддерживающих интерфейс IFeature, наряду с текстовыми полями выгружаются локальные координаты точки центра, а также ее географические координаты и UTM–координаты.

Все данные в базе привязаны к версии (дате актуальности) карты. Перечень территорий и версий карт формируется автоматически по мере загрузки данных в Microsoft SQL Server [2].

На текущий момент база данных содержит 33585 записей, в которой хранится следующая информация об объектах: тип объекта; почтовый индекс; широта; долгота; название города; адрес и др.

Построение буферных зон для объектов разного типа

Существует несколько способов реализации поставленной задачи, одним из которых является способ построения буферных зон с использованием интернет–геосервиса Google Maps. В качестве программного обеспечения были выбраны:

- среда разработки Visual Studio 2015, так как предоставляет удобный интерфейс для программирования на C#, и наиболее удобные средства разработки и отладки веб–приложений;
- язык программирования C# (шаблон MVC), который позволяет использовать большое количество библиотек для работы с базами данных;
- геосервис Google Maps API, который предоставляется бесплатно для широкого спектра использования [3].

Процесс построения буферных зон можно условно разбить на три этапа:

1. Отображение объектов базы данных на карте Google Maps.
2. Назначение разным типам объектов цветовых маркеров.
3. Построение буферных зон для объектов разного типа.

Отображение объектов на карте Google реализовано согласно следующему алгоритму:

Шаг 1. По БД происходит поиск всех объектов, которые имеют географические координаты.

Шаг 2. Добавление всех найденных гео-объектов в новый массив;

Шаг 3. Создание файла формата Json, на основе полученного массива, содержащего следующую информацию: индекс, широта, долгота и тип объекта.

Шаг 4. Передача файла формата Json на представление «Google_maps».

Шаг 5. Обработка в представлении «Google_maps» полученного файла формата Json при помощи Google Maps API, с помощью метода построения маркеров на карте.

Результат отображения объектов на карте Google Maps представлен на рисунке 1.

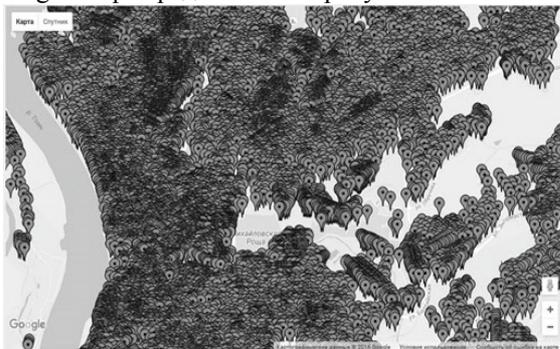


Рис. 1. Отображение объектов на карте Google Maps

Из-за большие количества точечных объектов, на карте происходит слияние маркеров. Для упрощения ее визуального восприятия для некоторых типов объектов были заданы различные цветовые маркеры, которые назначались в зависимости от числа объектов, принадлежащих к определенному типу объекта.

В качестве примера, для каждого типа объектов было принято решение строить буферные зоны определенного размера. Размер буферных зон подбирался эвристически, так как однозначно нигде не нормирован и во многом, зависит от различных характеристик объектов, таких как площадь объекта, его этажность и т.д. Таким образом, для типа объекта «школа» буферная зона составила 100 метров, для частных домов – 110 метров, для жилых домов – 115 метров и т.д. Для отображения буферных зон для всех объектов используется тот же алгоритм, что описан выше, для отображения объектов на карте Google, за исключением шага 5. На шаге 5, осуществляется обработка полученного файла Json формата при помощи Google Maps API в представлении «Google_maps». С помощью метода построения окружности для каждого типа объектов с определенным радиусом, строятся буферные зоны объектов.

Результат построения буферных зон для всех объектов с использованием интернет – геосервиса Google представлен на рисунке 2.

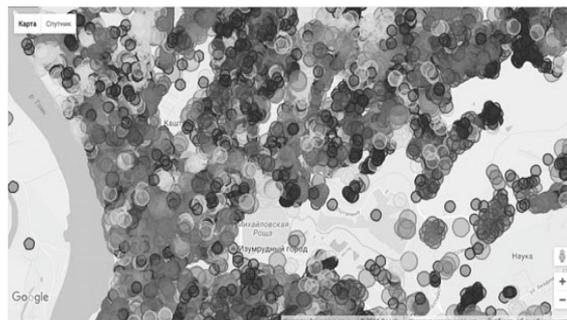


Рис. 2. Результат построения буферных зон для всех объектов с использованием интернет – геосервиса Google

Заключение

В результате работы по построению буферных зон для разных типов объектов было разработано специализированное программное обеспечение в среде разработки Microsoft Visual Studio 2015, в форме web – приложения. Приложение включает контроллер, взаимодействует с базой данных Microsoft SQL Server и с картой Google Maps.

В результате реализации задачи возникли следующие затруднения:

- на карту Google можно вывести не более 16550 объектов одновременно, так как в данном случае превышает максимальный размер файла формата Json;
- процесс построения буферных зон занимает слишком много времени (в большинстве случаев процесс прерывается), по причине недостаточной мощности клиентской части, т.к. методы Google Maps API работают на клиентской части.

Так как объем данных очень велик, и отображать их на одном слое карты крайне затруднительно по ряду причин, было бы логичным в дальнейшем сгруппировать все объекты по схожим типам и вынести их на разные слои, после чего и вычислять площадь пересечения буферных зон и определять плотность их размещения.

Список использованных источников

1. Геоинформатика: Учебник для студентов вузов. / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; Под ред. Тикунова В.С. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с. – ISBN 5–7695–1924–X.
2. DGISExportOrg. Утилита экспорта базы данных из программы ДубльГИС. Инструкция пользователя. [Электронный ресурс]. – URL:http://www.ncom.ru/win/soft/DGISExportOrg_UseManual.php (дата обращения 11.10.2016).
3. Google Maps API. [Электронный ресурс]. – URL:<https://developers.google.com/maps/?hl=ru> (дата обращения 08.10.2016).

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Кармачев Д.П.

Томский политехнический университет
karmachevd@mail.ru

Введение

К надежности промышленных трубопроводов предъявляют повышенные требования с точки зрения промышленной и экологической безопасности и экономических затрат [1]. При расчете надежности и анализе отказов трубопроводов, необходимо иметь четкое представление о влиянии и о степени влияния внешних (климатические и геологические особенности зон прокладки) и внутренних (характеристики транспортируемой среды) факторов на аварийность трубопроводных систем [2].

Важно отметить, что именно оценка влияния каждого фактора по отдельности на надежность промышленных трубопроводов позволяет с большей точностью спрогнозировать отказы в процессе эксплуатации, а также применять более надежные решения при проектировании и строительстве трубопроводных систем [1].

В рамках данной работы рассмотрен пример построения графика функции интенсивности отказов, принимающей нечеткие значения, для промышленных трубопроводов в зависимости от обводненности протекающей среды (водонефтяной эмульсии).

Исходные данные

Исходные данные представляют собой времена отказов участков трубопроводов, с момента их ввода в эксплуатацию. Все исследуемые трубопроводы аналогичны по своим техническим характеристикам, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики исследуемых трубопроводов

Диаметр, мм	Толщина, мм	Материал	Глубина заложения, м
114	9	Сталь 20	1.5

Протекающая среда в исследуемых трубопроводах является водонефтяной эмульсией (ВНЭ). Значения температуры и рабочего давления среды приблизительно равны для всех исследуемых участков трубопроводов. В свою очередь, анализ исследуемых данных показал, что значение обводненности изменяется в пределах от 95% до 5%.

Лабораторные исследования и опыт эксплуатации указывают на то, что с ростом обводненности процент аварийности трубопроводов, связанный с внутренней коррозией, возрастает [3]. На аналогичную

зависимость также указывает гистограмма распределения отказов, полученная в результате обработки исходных данных, промышленных трубопроводов для различных интервалов обводненности (рис. 1)

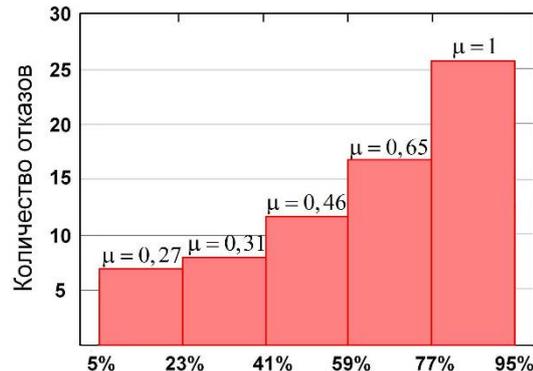


Рис. 1. Гистограмма плотности распределения отказов промышленных трубопроводов

Систематизировать информацию об отказах и проследить влияние и степень влияния обводненности ВНЭ на аварийность промышленных трубопроводов можно, применив математический аппарат нечетких множеств.

Получение графика функции интенсивности отказов, принимающей нечеткие значения

Интенсивность отказов (ИО) является одним из основных показателей надёжности, позволяющим в частности выявлять фазы жизненного цикла системы в зависимости от поведения кривой интенсивности [4]. Функция интенсивности отказов определяется как

$$\lambda(\theta, t) = \frac{-P'(\theta, t)}{P(\theta, t)}, \quad (1)$$

где $P(\theta, t)$ - функция вероятности безотказной работы (ВБР) с вектором параметров θ [4].

Для отказов трубопроводов характерна постоянная или монотонно-возрастающая функция интенсивности отказов [5]. Поэтому для описания данных об отказах в качестве модели надежности (МН) было выбрано распределение Вейбулла-Гнеденко [4].

Функция ВБР для МН Вейбулла-Гнеденко определяется выражением

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}, \quad (2)$$

где $\eta > 0$ и $\beta > 0$ - параметры масштаба и формы соответственно.

С учетом выражений (1) и (2) функция ИО для данного распределения будет определяться по формуле

$$\lambda_{\nu}(\beta, \eta, t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Предполагается, что по трубопроводам, ресурсы наработок которых при отказах попали в один интервал (рис. 1), протекала аналогичная по своим характеристикам ВНЭ, за исключением обводненности. Исходя из этого, с помощью метода максимального правдоподобия получаем

точечные оценки $\hat{\theta}_j$ значений параметров $\theta_j, j = 1..n$ для j -го интервала гистограммы. Подставляя полученные значения параметров в выражение (3), строим n различных функций интенсивности отказов. На основе гистограммы определяем значения функции принадлежности, соответствующие каждому столбцу гистограммы (рис.1). Строим функцию ИО, принимающую нечеткие значения в каждый момент времени. График нечеткой $\lambda(\theta, t)$ является поверхностью в пространстве \mathbb{R}^3 (рис. 2, 3).

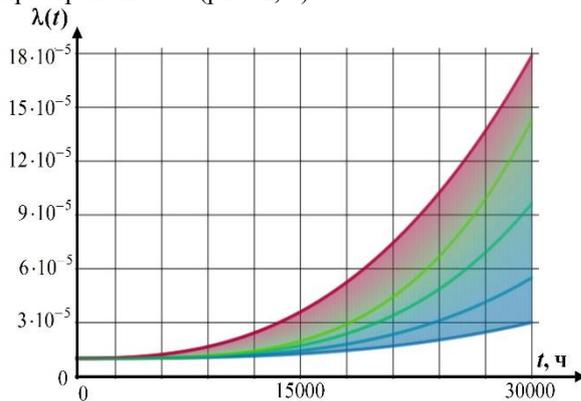


Рис. 2. График функции ИО (вид сверху)

Следует отметить, что сечение функции нечеткой $\lambda(\theta, t)$ плоскостью $t=t^*$ позволит найти нечеткую интенсивность отказов в момент времени t^* . Используя изложенную в данной работе процедуру построения и применяя формулу (2), можно также получить нечеткую функцию ВБР и другие показатели надежности.

Данная процедура построения универсальна и применима для получения нечетких функций ВБР и интенсивности отказов для трубопроводов, на аварийность которых влияют другие изменяющиеся внутренние и внешние факторы. Кроме того, рассмотренная в рамках данной работы процедура построения, также применима при анализе отказов технических систем, машин и изделий, функционирующих в изменяющихся условиях внешней среды и эксплуатируемых в различных режимах [6, 7].

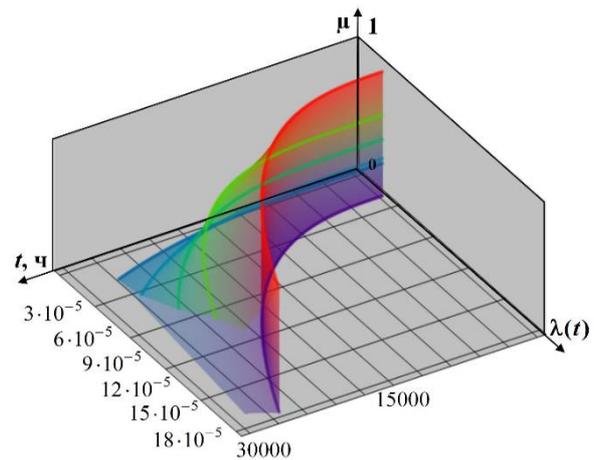


Рис. 3. График функции ИО (изометрическая проекция)

Заключение

Применение аппарата нечетких множеств при построении графиков функций надежности позволяет учесть в рамках одной модели степень влияния различных факторов на аварийность в процессе эксплуатации. Полученные в результате данной процедуры графики функций не являются «панацеей», но их комплексный анализ совместно с лабораторными исследованиями позволят точнее спрогнозировать отказы и определить самые надежные решения при проектировании и эксплуатации трубопроводных систем.

Список использованных источников

1. Э.М. Ясин, В.Л. Березин, К.Е. Расщепкин. Надежность магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1975. – 140 с.
2. В.В. Рождественский и др. Работоспособность линейной части трубопроводов. НТО. Проектирование и строительство трубопроводов и газопромысловых сооружений – М.: ВНИИЭгазпром, 1973. – 108 с.
3. Г.П. Фетисов, В.М. Матюнин, М.Г. Карпман. Материаловедение и технология металлов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов – М.: Высшая школа, 2005 – 862 с.
4. В.А. Острейковский. Теория надежности: учебник для вузов – М.: Высшая школа, 2003 – 463 с.
5. Ф.С. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. Промысловые трубопроводы и оборудование: учебное пособие для вузов – М.: Недра, 2004 – 664 с.
6. А.А. Ефремов. Вычисление нечеткой вероятности безотказной работы систем с нечеткими параметрами моделей надежности // Доклады ТУСУР. - 2015. - №2 (36). - С.136-140.
7. А.Т. Нгуен, А.А. Ефремов. Компьютерное моделирование показателей нечеткой надежности // Доклады ТУСУР. - 2016. – Т. 19. - №1. - С.57-62

РАСЧЕТ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ ДИОКСИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ХАРТРИ-ФОКА

Попов А. С., Обходский А. В., Кузнецов С.Г., Золотарев А.А.

Научный руководитель: Обходский А. В., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Общество с ограниченной ответственностью «Дипос»

e-mail: asptomsktpu@gmail.com

Введение

В настоящее время в связи с увеличением мощности вычислительных машин, все более актуальным становится вопрос о расчетах физических свойств кристаллов. Интерес вызван перспективным сокращением числа экспериментов, поскольку с помощью расчетов можно дать предварительную характеристику исследуемому образцу и определиться с необходимостью экспериментального подтверждения этих характеристик.

Наиболее популярными методами на сегодняшний день являются метод Хартри-Фока и теория функционала плотности (Ab Initio), метод молекулярной динамики (ММД) и гибридные методы [1,2]. Эти методы имеют разную математическую основу и направлены на разные направления исследований, однако стоит выделить, что Ab Initio обладает высокой точностью вычислений, а ММД высокой скоростью.

На сегодняшний день существует относительно небольшое количество программных пакетов и математических моделей для описания структуры материалов из первых принципов, если под материалом понимается кристалл. Расчет физических параметров кристаллов не так интересен для квантовой химии как расчет реакционных свойств молекул и электронных свойств кристаллов. В связи с этим, существует узкий круг математических моделей, подходящих под поставленные задачи.

С применением зонной теории для твердых тел рассчитываются энергетические зоны: максимумы и минимумы зоны проводимости, валентной и запрещенной зон. Эти свойства определяются с помощью зонной диаграммы (рисунок 1).

Описание расчетного эксперимента

В настоящей работе на основе экспериментально полученных геометрических координат ($a = b = 4.602 \text{ \AA}$, $c = 2.956 \text{ \AA}$ [3]) элементарной ячейки идеального кристалла рутила (пространственная группа $P4_2/mnm - D_{4h}^{14}$) производился расчет зонной структуры методом Хартри-Фока в приближении КО ЛКАО (кристаллические орбитали как линейная комбинация атомных орбиталей) с использованием модели циклического кластера.

Не смотря на некоторые попытки ускорить расчеты по методу Хартри-Фока [4-6], остается ряд причин, по которым расчет реальных кристаллов

невозможен. Как известно, даже кристалл, объемом один кубический миллиметр содержит в себе колоссальное количество атомов, что делает расчеты реальных объектов практически невозможными, ввиду отсутствия достаточных вычислительных ресурсов для осуществления расчетов в небольшой промежуток времени [7].

Существует несколько подходов к решению поставленной задачи. Например, элементарная ячейка на своих границах замыкается псевдоатомами и происходит расчет полученной системы. Это наиболее оптимальный способ, если основным критерием служит достижение наименьшего времени расчета, однако точность такого подхода оставляет желать лучшего.

Другой подход основан на «зацикливании» элементарной ячейки или кластера (набора атомов, больше элементарной ячейки). Трудность расчета кристаллов заключается формально бесконечным количеством электронов в системе, в то время, как построение матрицы плотности возможно только при конечном числе электронов, эта проблема решается наложением циклических граничных условий [8]. Этот подход использовался при создании данной работы.

Так же в расчетах применялись математические выкладки из работ [8,9], где изложена методология расчета идеального кристалла с применением модели циклического кластера.

Результаты

Результаты расчетов представлены на рисунке 1 и в таблице 1. В качестве численно представленного значения была выбрана ширина запрещенной зоны, которую можно сравнить с результатами других работ, включенных в таблицу.

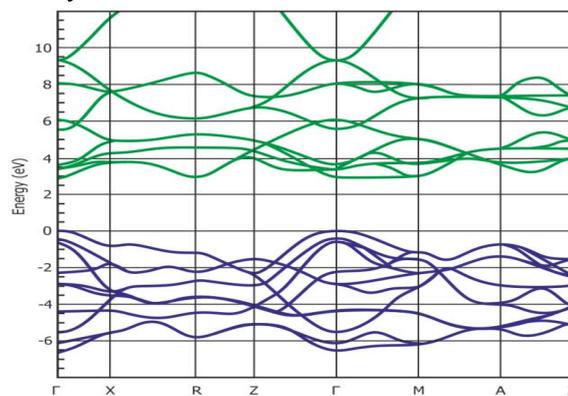


Рис. 1. Зонная диаграмма рутила.

Метод, описываемый в настоящей работе обозначен в таблице как «КО ЛКАО ЦК» (кристаллические орбитали как линейная комбинация атомных орбиталей с применением модели циклического кластера).

Таблица 1. Значения ширины запрещенной зоны

Метод	Ширина запрещенной зоны (минимум), эВ
КО ЛКАО ЦК	2.9
DFT-PBE	1.86 [10]
DFT-PBE	1.88 [11]
DFT-PBE	1.97 [12]
DFT-HSE-06	3.39 [11]
PBE-G0W0	3.46 [11]
HSE06- G0W0	3.73 [11]
Эксперимент	3.3 ± 0.5 [13]

Результат, получившийся по представленному методу лежит в диапазоне экспериментальных данных. Следует отметить, что расчеты производились над идеальной кристаллической решеткой, которой в действительности она не является. Экспериментальные данные, представленные в таблице, получены при анализе реального кристалла, которому свойственны дефекты. Методы расчета неидеальных кристаллов планируется реализовать в программном комплексе моделирования свойств материалов в дальнейшем.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Соглашение о предоставлении субсидии RFMEFI57814X0095 от 28.11.2014 г.

Библиографический список

1. Кузнецов А. Ю., Соболев А. Б., Макаров А. С., Величко А. Н. Расчеты из первых принципов электронной структуры и пластических свойств кристаллов CsCl, CsBr и CsI // Физика твердого тела. – 2005. – № 11. – С. 1950-1953.
2. Салий И. Н., Колесникова А. С., Глухова О. Е., Кириллова И. В., Коссович Е. Л., Слепченко М. М., Савин А. Н., Шмыгин Д. С. Теоретические методы исследования наноструктур // Вестник самарского государственного университета. – 2012. – № 9. – С. 106-117.
3. T. M. Sabine and C. J. Howard, Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem., 38, 701 (1982).
4. Обжерин И. А., Ясинский Ф. Н., Соцкий В. В. Применение методов Монте-Карло в распараллеленных вычислениях молекулярных структур методом Хартри-Фока // Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2014. – № 4. – С. 91-96.
5. Malykhanov Yu. B., Pravosudov R. N., Meshkov V. V. Optimization of basis sets for

isoelectronic series of closed-shell atoms in Hartree-Fock-Roothaan calculations // Journal of structural chemistry. – 2000. – № 2. – С. 175-184.

6. Свитенков А. И., Спельников Д. М., Маслов В. Г., Бухановский А. В. Параллельное решение задачи Хартри-Фока для молекулы графена: масштабируемость и гиперэффективность // Известия высших учебных заведений: приборостроение. – 2013. – № 12. – С. 25-32.

7. Куксин А. Ю., Ланкин А. В., Морозов И. В., Норман Г. Э., Орехов Н. Д., Писарев В. В., Смирнов Г. С., Стариков С. В., Стегайлов В. В., Тимофеев А. В. Зачем и какие нужны суперкомпьютеры эксафлопсного класса?. – 2014. – № 1-1. – С. 191-244.

8. Эварестов Р. А., Тупицын И. И. Методы Хартри-Фока и функционала плотности для бесконечного кристалла и циклического кластера // Физика твердого тела. – 2002. – № 9. – С. 1582-1595.

9. Верязов В. А., Леко А. В., Эварестов Р. А. Локальные характеристики электронной структуры кристалла в методе Хартри-Фока // Физика твердого тела. – 1999. – № 8. – С. 1407-1411.

10. J. Zhang, P. Zhou, J. Liu and J. Yu, Phys. Chem. Chem. Phys., 16, 20382 (2014).

11. M. Landmann, E. Rauls and W. G. Schmidt, J. Phys.: Condens. Matter, 24, 195503 (2012)

12. T. Mahmood, C. Cao, W. S. Khan, Z. Usman, F. K. Butt and S. Hussain, Phys. B., 407, 958 (2012)

13. Y. Tezuka, Y. Shin, T. Ishii, T. Ejima, S. Suzuki and S. Sato, J. Phys. Soc. Japan, 63, 347 (1994)

ПРОГРАММА ПОИСКА ОПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЕГО КОНТУРНОГО АНАЛИЗА

Ван Шии, Цапко И.В.

Томский политехнический университет
729810575@qq.com

Введение

В последнее время широкое применение при обработке изображений находит дисциплина компьютерного зрения, которая может создавать системы для получения разной информации о представленных объектах.

При этом, исходные данные могут быть получены из различных источников, например, фотоаппараты и видеокамеры, медицинские сканеры или устройства для сканирования трёхмерных объектов.

Применения компьютерного зрения

Дисциплина компьютерного зрения нашла применение во многих отраслях человеческой жизни [1]:

1. В медицине, где видео- или фото-данные обрабатываются с целью получения из них информации для дальнейшей постановки диагноза больному. Как правило, исходные данные получают с помощью микроскопии, рентгенографии, ультразвуковых исследований и т.д. Таким образом может быть получена информация о наличии опухолевых образований, атеросклероза или других изменениях в организме пациента.

2. В военной области для обнаружения неприятельских солдат и транспортных средств, а также при управлении ракетами. При этом ракета посылается в заданную область, а определение цели производится в момент, когда ракета достигает заданной области, основываясь на получаемых видеоданных.

3. Автономные транспортные машины. Уровень автономности изменяется от полностью автономных до транспортных машин, где системы, основанные на компьютерном зрении, поддерживают водителя в различных ситуациях. Полностью автономные транспортные машины используют компьютерное зрение для навигации, для получения информации, для создания карты, для обнаружения препятствий.

Типичными задачами компьютерного зрения являются распознавание объектов, определение динамических объектов и восстановление изображения.

Распознавание является классической задачей в компьютерном зрении, обработке изображений и машинном зрении. Данная задача в общем случае, а именно нахождение случайного объекта в случайной ситуации является нерешенной. В частных случаях распознавание позволяет определить содержат ли видеоданные некоторый характерный объект, особенность или активность.

Определение объектов, находящихся в динамике, связано с оценкой движения, в которых последовательность изображений обрабатываются для нахождения оценки скорости каждой точки изображения или трехмерной сцены [2].

Задача восстановления позволяет воссоздать трехмерную модель объекта или сцены.

Алгоритм и программа поиска объекта

Данная работа посвящена разработке алгоритма и созданию программы для поиска определенных объектов на томографическом изображении (рисунок 1).

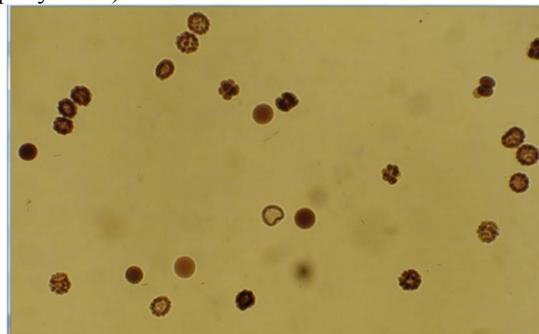


Рисунок 1- Исходное изображение

Программа разрабатывалась в среде Visual Studio 2013 на языке программирования C++ с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV [3].

OpenCV является библиотекой компьютерного зрения с открытым исходным кодом. Она разработана компанией Intel на языке программирования C/C++.

Поиск определенных объектов, а именно круглых протопластов, на изображении проводился методом контурного анализа. Контур объекта – это его внешние очертания.

Как правило, при проведении контурного анализа полагается, что контур содержит достаточную информацию о форме объекта, при этом, внутренние точки во внимание не принимаются.

Последовательность действий при распознавании объектов методом контурного анализа включает в себя следующие шаги:

1. Предварительная фильтрация исходного изображения для устранения помех;
2. Бинаризация изображения;
3. Выделение контуров объектов;
4. Перебор всех найденных контуров для поиска максимально подходящего под шаблон.

Предварительная обработка изображения осуществляется с использованием операции свертки. Данная операция позволяет вычислить новое значение заданного пикселя на изображении с учетом значений окружающих его соседних пикселей.

В OpenCV операция свертки реализуется функцией:

```
CVAPI(void) cvFilter2D(const CvArr*  
src, CvArr* dst, const CvMat*  
kernel, CvPoint anchor  
CV_DEFAULT(cvPoint(-1,-1)));
```

где *src* — исходное изображение;
dst — изображение для сохранения результата;
kernel — ядро свертки;
anchor — якорь ядра (значение (-1,-1) говорит о том, что якорь находится в центре).

В качестве ядра свертки принимается квадратная матрица размером 3x3, позволяющая сглаживать исходное изображение.

Следующим этапом осуществляется двоичное преобразование изображения для выделения пикселей, лежащих в заданном интервале значений. Для этого используется функция:

```
CVAPI(void) cvInRangeS( const CvArr*  
src, CvScalar lower, CvScalar upper,  
CvArr* dst );
```

где *src* — исходный массив;
lower — скаляр с нижней границей (включая);
upper — скаляр с верхней границей (не включая);

dst — массив для хранения результата.

Для поиска контуров можно использовать функцию:

```
CVAPI(int) cvFindContours( CvArr*  
image, CvMemStorage* storage,  
CvSeq** first_contour, int  
header_size  
CV_DEFAULT(sizeof(CvContour)), int  
mode CV_DEFAULT(CV_RETR_LIST), int  
method  
CV_DEFAULT(CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE),  
CvPoint offset  
CV_DEFAULT(cvPoint(0,0)));
```

где *image* — исходное 8-битное одноканальное изображение (ненулевые пиксели обрабатываются как 1, а нулевые — 0);

storage — хранилище памяти для хранения данных найденных контуров;

first_contour — указатель, который будет указывать на первый элемент последовательности, содержащей данные найденных контуров;

header_size — размер заголовка элемента последовательности;

mode — режим поиска.

Для данной работы, был выбран режим, позволяющий найти только крайние внешние контуры.

После определения контуров на изображении для каждого из них были вычислены площадь (количество пикселей в области) и длина

(количество пикселей на границе области). Последующее нахождение отношения этих величин позволяет определить компактность фигуры, ограниченной контуром.

Для получения значения инвариантного относительно радиуса разделим площадь круга на квадрат длины окружности:

$$\frac{\pi R^2}{(2\pi R)^2} = \frac{1}{4\pi} \sim 0.079577$$

Таким образом, можно определять круглые протопласты на исходном изображении.

В результате работы программы была проведена обработка исходного изображения (рисунок 1). На рисунке 2 показан результат обработки – выделены круглые протопласты, а на рисунке 3 показано количество определенных круглых объектов.

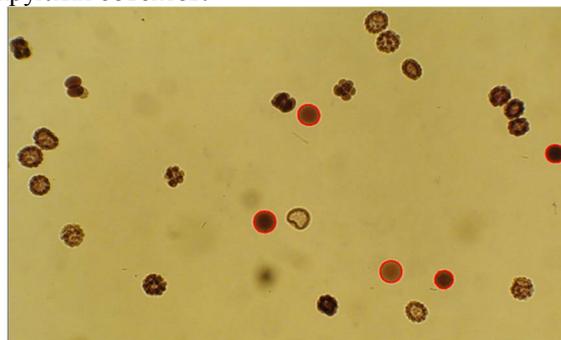


Рисунок 2 – Результат обработки

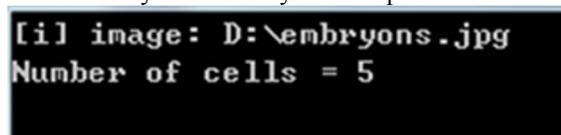


Рисунок 3 – Количество ячеек

Заключение

В результате выполнения работы, определили количество круглых протопластов на исходном томографическом изображении.

На практике, познакомились с OpenCV, это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. Был изучен процесс создания программ в OpenCV, получены знания по операциям: сглаживание, изменение размеров, морфологические преобразования, поиск объекта по цвету, свертка, детектор границ Кенни (Canny) и т.д.

Список использованных источников

1. Компьютерное зрение [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 28.09.2016).
2. Цапко И.В., Цапко С.Г., Гусакова Е.Г. Алгоритм создания трёхмерной сцены в 2DS MAX на основе двумерного снимка // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. № 4 (24). С. 107-112.
3. OpenCV шаг за шагом [Электронный ресурс]. – URL: <http://robocraft.ru/page/opencv/> (дата обращения 28.09.2016).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ А ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ АККРЕДИТОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В СЛИЧЕНИЯХ

Митряшкина А.В., Воскобойникова О.Б.
Томский политехнический университет
avm61@tpu.ru

Введение

В настоящее время для обеспечения метрологической прослеживаемости на разных уровнях метрологических работ, подтверждения и признания достоверности результатов испытаний и калибровки в соответствии с требованиями международных и национальных стандартов необходимо проведение сличений, как эталонов различных уровней, так и средств, и методик измерений, используемых аккредитованными, испытательными и калибровочными лабораториями. Участниками межлабораторных сличений являются аккредитованные лаборатории и провайдер. Лаборатория планирует участие в межлабораторных сравнительных испытаниях с тем, чтобы в период цикла аккредитации охватить каждую из областей измерений/испытаний, определенных областью аккредитации. Провайдер же выполняет работы по планированию, организации и проведению проверок квалификации в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17043-2013.

На сегодняшний день данная тема является актуальной, т.к. с помощью данной процедуры возможно осуществить оценку компетентности лабораторий, что является важнейшим условием дальнейшего продолжения работы лабораторий.

Целью данной работы является использование Процедуры А для определения компетентности лабораторий, а также выявление несогласованного подмножества на основе результатов обработки данных.

Описание процедуры

Как показала международная и российская практика [1], проверка квалификации лабораторий посредством межлабораторных сличений является надежным инструментом оценивания компетентности аккредитованных лабораторий в соответствующих областях испытаний и измерений.

Процедура межлабораторных сличений заключается в организации и проведении оценивания размера величины, характеризующей некоторый объект несколькими различными лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями. Для организации программы проверки квалификации лабораторий, провайдер (организатор) осуществляет рассылку участникам сличений эталона, характеризующегося номинальным значением хном измеряемой величины. Лаборатории-

участники направляют провайдеру результаты измерений в форме оценок x_i номинального значения и соответствующих стандартных неопределенностей $u(x_i)$. Провайдер проводит обработку полученных результатов, устанавливает опорное значение x_{ref} т.е. оценку значения измеряемой величины, полученную по результатам всех участников, и формирует наибольшее согласованное подмножество результатов сличений, исключая ненадежные результаты лабораторий.

Для межлабораторных сличений опорное значение может устанавливаться эталонной лабораторией, выявляться с помощью группы экспертных лабораторий или определяться как значение, согласованное с данными всех участников межлабораторных сличений.

Алгоритм вычисления

В международных документах для обработки данных сличений рекомендована Процедура А [2] состоящих из следующих операций:

1. Определение средневзвешенного значения y рассчитываемого по формуле:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^m x_i u^2(x_i)}{\sum_{i=1}^m u^2(x_i)} \quad (1)$$

где: m – число участвующих в сличениях лабораторий; x_i – измеренное значение, предоставленное лабораторией; $u(x_i)$ – соответствующая стандартная неопределенность.

2. Определение неопределенности средневзвешенного значения $u^2(y)$ по формуле:

$$u^2(y) = \frac{1}{\sum_{i=1}^m u^2(x_i)} \quad (2)$$

3. Применение критерия χ^2 для проведения общей проверки согласованности полученных результатов. Если значение критерия, вычисленное по представленным национальными метрологическими институтами (НМИ) данным, не превосходит критического значения критерия Пирсона χ^2 для уровня доверия 0,95 и числа степеней свободы $m-1$, то данные разных НМИ могут быть признаны согласованными.

$$x^2 = \sum_1^m \frac{(x_i - x_{ref})^2}{u^2(x_i)} \chi_{0,095}^2(m-1) \quad (3)$$

4. Расчет критерия E_n , если тест по x^2 не выполняется, используют стратегию последовательного исключения ненадежных результатов. Результат исключают если:

$$E_n = \frac{|x_i - y|}{\sqrt{u^2(x_i) - u^2(y)}} > 2, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

Процесс исключения каждого несогласованного результата повторяется до тех пор, пока не будут исключены все несогласованные результаты.

Обработка данных

Основной задачей сличения является нахождение опорного значения, которое характеризует наибольшее подмножество надежных результатов измерений. Для этого мы должны произвести обработку данных.

Возьмем данные из работы [2] представлены от 11 лабораторий. Для выявления несогласованных данных рассчитаем все показатели по формулам, представленным выше. Данные для расчетов представлены в таблице.

Таблица. Данные для расчетов

Номер лаборатории и	Измеренное значение, лаборатория и	Стандартная неопределенность
1	15	9
2	15	14
3	30	10
4	18	13
5	24	9
6	-9	7
7	-9	8
8	33	9
9	12,5	8,6
10	8,8	10
11	21	5,4

После того, как были выявлены все лаборатории с ненадежными результатами составляем график неопределенностей и выбросов данный график представлен на рисунке 1.

По графику можно сделать вывод, что ненадежные результаты у 6 и 7 лабораторий, т.к. измерения, сделанные этими лабораториями, не попадают в доверительный интервал.

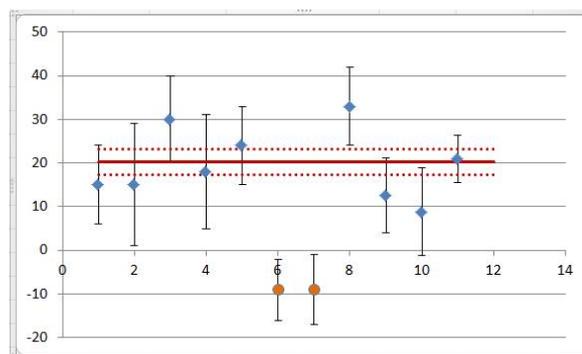


Рис. 1. График неопределенностей и выбросов

Анализ несогласованных данных

Те НМИ, результаты которых были исключены, должны провести анализ причин выпадения своих результатов [3]. В результате анализа может быть установлено:

Результат измерения является промахом, и НМИ принимает решение об исключении своего результата. В этом случае заявленные неопределенности не подтверждаются в ходе данных сличений, и для их подтверждения необходимо участие в других аналогичных сличениях.

НМИ выявляет причины занижения заявленной оценки неопределенности и предоставляет это причины пилот – лаборатории и другим участникам сличений.

Если результаты удаляются как выбросы, то они должны быть удалены только из расчетов итоговых статистик [4].

Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что процедура А является работоспособной. Она проста в использовании и наглядно показывает все несогласованные данные. К плюсам данного метода относится простота алгоритма вычисления, а к минусам трудоёмкость выполнения обработки данных.

Список использованных источников

1. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: Стандартиформ, 2013.-34 с.
2. Cox M. G. The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset. / Metrologia. – 2007. – №44. – P. 189-194.
3. COOMET R/GM/19:2008. Руководство по оцениванию данных дополнительных сличений COOMET. – 2008 – 4с.
4. ГОСТ ИСО/МЭК 17043-2013. Основные требования к проведению проверки квалификации. –М.: Стандартиформ, 2014. – 44с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ГРАФИТОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ В АТОМНОМ РЕАКТОРЕ

Колпакова В.А.

Научный руководитель: Ю.Я. Кацман
Томский политехнический университет
E-mail: vak31@tpu.ru

Введение

На сегодняшний день моделирование является одним из самых распространенных методов исследования и прогнозирования поведения систем. В работе [1] решается задача управления работой графитовых стержней в ядерном реакторе. Модель [2] реализована в среде объектно-визуального проектирования MatLab Stateflow, позволяющая моделировать логику функционирования системы с помощью машины состояний. Работа системы реализована как последовательность переходов из состояния в состояние, а переключение между ними регулируется логикой переходов.

Постановка задачи

Цель работы — исследование режимов работы устройства управления замедляющими стержнями в атомном реакторе. Рабочий диапазон температуры реактора составляет 510 — 550 °С, который поддерживается за счёт использования двух графитовых стержней с разными замедляющими характеристиками. Изменение температуры внутри устройства описывается следующими уравнениями:

- Режим без стержней — $\Delta T = 0,1 T - 50$;
- Режим работы первого стержня — $\Delta T = 0,1 T - 56$;
- Режим работы второго стержня — $\Delta T = 0,1 T - 60$.

Оба стержня не могут функционировать одновременно, после удаления стержень определенное время «отдыхает». При критическом режиме ($T > 550$ °С и оба стержня «отдыхают») реактор отключается.

Модель системы

Для модели характерны 3 непрерывных и 4 дискретных состояния. Непрерывные состояния:

- Температура реактора;
- Таймер для первого стержня;
- Таймер для второго стержня.

Дискретные состояния системы:

- Не используется ни один из стержней;
- Используется первый стержень;
- Используется второй стержень;
- Остановка реактора.

В каждом состоянии производится расчёт температуры реактора, отслеживается «время отдыха» стержня. Модель, описывающая режимы

работы графитовых стержней в атомном реакторе, представлена на рис. 1, логика переходов между состояниями реализована с помощью библиотеки Stateflow [3].

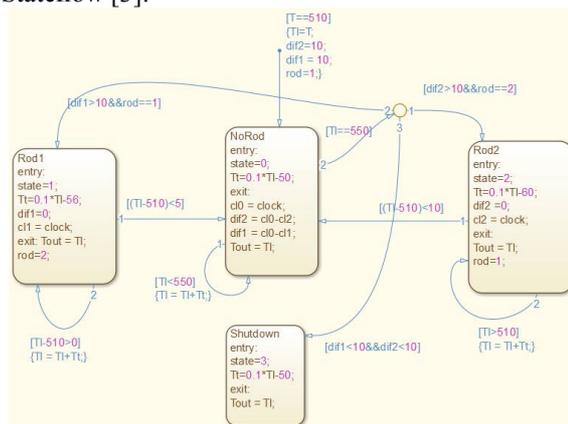


Рис. 1. Модель устройства управления

Алгоритм работы модели следующий:

Шаг 1. Инициализация переменных: T — начальная температура реактора; $dif1$, $dif2$ — «время отдыха» первого и второго стержня.

Шаг 2. «NoRod» ($state = 0$) — нулевое состояние реактора, в котором происходит его нагрев. В соответствии с уравнением определяется изменение температуры по событию «entry». По событию «exit» рассчитываются переменные $dif1$ и $dif2$. Для состояния характерны 3 перехода в другие состояния.

Шаг 2.1 Переход под номером 1. Система не переходит в другие состояния, если температура меньше 550°С. При каждом выполнении перехода температура увеличивается на величину Tt .

Шаг 2.2 Переход 2 в точку ветвления, если температура реактора $T1 = 550$.

Шаг 2.2.1 Переход 1 в «Rod2», если «время отдыха» второго стержня $dif2 > 10$.

Шаг 2.2.2 Переход 2 в «Rod1», если «время отдыха» первого стержня $dif1 > 10$.

Шаг 2.2.3 Переход 3 выполняется в состояние «Shutdown» (режим отключения реактора), если температура 550°С и «время отдыха» каждого из стержней меньше 10 минут, реактор глушится.

Шаг 3. В состоянии «Rod2» ($state = 2$), переменная $dif2$ обнуляется по событию «entry» (вход в состояние), рассчитывается температура. Система находится в состоянии пока температура реактора больше 510 (процесс реализуется переходом номер 2).

Шаг 3.1 Переход 1 выполняется в состояние «NoRod», если температура системы находится в диапазоне 510°C — 520°C.

Шаг 4. Состояние «Rod1» аналогично «Rod2» с поправкой на названия переменных.

Шаг 5. Состояние «Shutdown» (state = 3), реактор находится в заглушенном состоянии.

Модифицированная в ходе доработки система [2] претерпела следующие изменения:

1. Переключение режимов системы полностью зависит от модельного времени. В предыдущей версии модели «время отдыха» стержня было представлено в виде некой переменной, значение которой увеличивалась на фиксированную величину, при каждом переходе в какое-либо состояние.

2. Реализован переход типа «ветвление» (см. рис. 1), представленный в виде точки, от которой идут 3 перехода в различные состояния. Это обусловлено частичным дублированием условий переходов из состояния «NoRod». При равных возможностях перехода в различные состояния в Stateflow реализован механизм приоритетов [4]. Данные изменения позволили сделать систему более управляемой, структурированной и простой для восприятия.

В ходе исследования модели получены статистические характеристики и параметры: коэффициент загрузки каждого стержня, режимы работы модели, «время отдыха» каждого стержня.

Поведение системы напрямую зависит от «времени отдыха» стержней, например, если установить эту характеристику для первого стержня (50) в несколько раз больше, чем для второго (5), то модель будет функционировать следующим образом (рис. 2). MatLab Stateflow позволяет установить приоритеты выполнения для переходов между состояниями, в данной работе приоритет у первого стержня перед вторым. Более приоритетный стержень 1 работает как основной, а второй используется как резервный. Поэтому пока «отдыхает» основной стержень, второй работает несколько раз подряд.

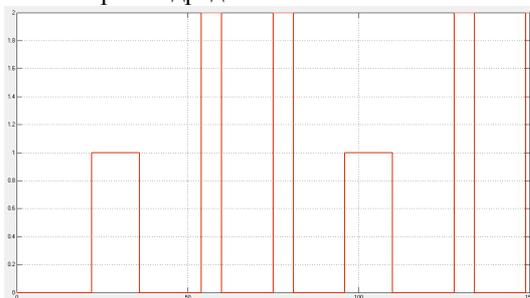


Рис. 2. Режим управления стержнями (основной + резервный)

Если сделать «время отдыха» основного стержня очень малым (5), меньшим, чем время разогрева реактора, то произойдет ситуация, изображенная на рис. 3, в использовании резервного (второго) стержня нет необходимости.

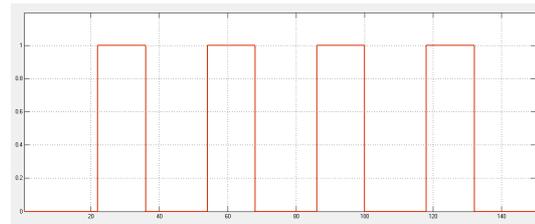


Рис. 3. Режим управления стержнями (основной)

Чтобы реализовать в системе строгое чередование первого и второго состояний, введена переменная rod, указывающая номер следующего режима (рис.4).

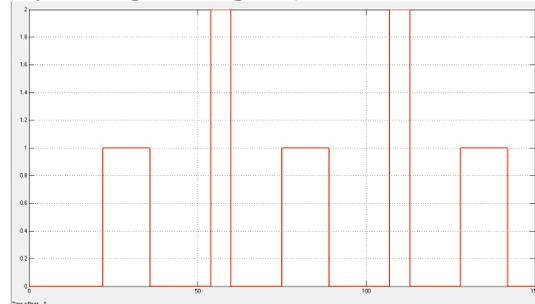


Рис. 4. Работа системы при строгом чередовании

Если исключить переменную rod, то произойдет чередование нулевого состояния и состояния с более высоким приоритетом.

Заключение

В статье дано описание модели управления замедляющими графитовыми стержнями ядерного реактора. Модель разработана в программном комплексе MatLab с использованием графической среды имитационного моделирования Simulink и инструмента численного моделирования систем Stateflow. В работе исследованы основные параметры и характеристики модели, влияющие на функционирование системы.

Список литературы

1. Морозов В. К., Рогачев Н. Г. Моделирование информационных и динамических систем. — М. Издательский центр «Академия», Москва, 2011. — 384с.
2. В.А. Колпакова. Разработка модели управления графитовыми стержнями в атомном реакторе//: Сборник научных трудов III Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине». Ч.1, Томск, Изд-во ТПУ — 2016. С. 143-146.
3. Stateflow. Model and simulate decision logic using state machines and flow. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/stateflow/>
4. J.J. Katsman, X.N. Apachidi. Algorithm Simulation of Resource Allocation of the Queuing Systems, Based on the Priorities/ International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). (2014) P.1-6.

ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛОВ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ АТАКИ И ДРЕЙФА

Хожаев И.В.

Гайворонский С.А.

Томский политехнический университет

khozhaev.i@gmail.com

Введение

В процессе математического моделирования и синтеза систем управления (СУ) движением необитаемых подводных аппаратов (НПА) необходимо решать задачу параметрической идентификации НПА. Решение данной задачи осложняется тем, что значения гидродинамических параметров НПА нестационарны и зависят от ориентации НПА относительно набегающего потока жидкости, а именно от значений углов атаки и дрейфа. На практике такая задача решается постановкой натурных или вычислительных экспериментов, на основе результатов которых с помощью регрессионного анализа строятся функции значений гидродинамических параметров от значений углов атаки и дрейфа.

В данной работе рассмотрим оценку интервалов изменения гидродинамических параметров НПА для дальнейшего синтеза робастных [1] или адаптивно-робастных [2] регуляторов СУ движением НПА. Введение интервальных параметров в модель системы позволяет упростить обработку экспериментальных данных, ограничившись только оценкой интервала его изменения.

Рассмотрим далее процедуру оценки интервалов гидродинамических параметров НПА.

Методика оценки интервалов гидродинамических показателей

В [3] описаны выражения, связывающие скорость движения НПА с силами и моментами, действующими на НПА во время движения, через гидродинамические коэффициенты НПА:

$$\begin{bmatrix} R_{x1} \\ R_{y1} \\ R_{z1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{x1} \\ c_{y1} \\ c_{z1} \end{bmatrix} \cdot \frac{\rho \cdot v^2 \cdot V^{2/3}}{2}; \quad \begin{bmatrix} M_{x1} \\ M_{y1} \\ M_{z1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{x1} \\ m_{y1} \\ m_{z1} \end{bmatrix} \cdot \frac{\rho \cdot v^2 \cdot V}{2} \quad (1)$$

где c_{x1}, c_{y1}, c_{z1} – коэффициенты гидродинамических сил, m_{x1}, m_{y1}, m_{z1} – коэффициенты гидродинамических моментов, ρ – плотность воды, V – водоизмещение НПА, v – скорость движения НПА.

Также в [3] приведены выражения, описывающие изменения гидродинамических параметров НПА с изменением его ориентации в пространстве:

$$\begin{aligned} c_x &= c_{x1} \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) - c_{y1} \cdot \sin(\alpha) + c_{z1} \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\beta); \\ c_y &= c_{y1} \cdot \cos(\alpha) + c_{z1} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) + c_{x1} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta); \\ c_z &= c_{z1} \cdot \cos(\beta) - c_{x1} \cdot \sin(\beta); \\ m_x &= m_{x1} \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) + m_{y1} \cdot \sin(\alpha) - m_{z1} \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\beta); \\ m_y &= m_{y1} \cdot \cos(\alpha) + m_{z1} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) - m_{x1} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta); \\ m_z &= m_{z1} \cdot \cos(\beta) + m_{x1} \cdot \sin(\beta) \end{aligned} \quad (2)$$

На основе (1) и (2) сформулируем алгоритм оценки интервалов гидродинамических параметров НПА:

1. Оценить диапазон изменения скорости движения НПА.
2. С помощью средств вычислительной гидродинамики смоделировать распределение давления по поверхности НПА при движении на различных скоростях.
3. С помощью формул (1) рассчитать значения гидродинамических коэффициентов при нулевых значениях углов атаки и дрейфа.
4. С помощью формул (2) построить зависимости гидродинамических коэффициентов от углов атаки и дрейфа.
5. Найти минимальные и максимальные значения построенных зависимостей, соответствующие левым и правым границам искомых интервальных параметров

Оценка коэффициента лобового сопротивления

Рассмотрим применение разработанной методики на примере оценки интервала коэффициента лобового сопротивления телеуправляемого НПА (ТНПА), модель которого изображена на рисунке 1.

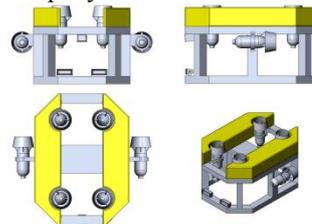


Рис. 1. Исследуемый ТНПА

Согласно разработанной методике определим диапазон скоростей: будем исследовать движение ТНПА в диапазоне скоростей $v_x = [-2; 2] \text{ м/с}$.

Выбрав несколько значений скорости внутри указанного диапазона, построим для каждого из них с помощью SolidWorks Flow simulation картину распределения давления по поверхности корпуса ТНПА (см. рис. 2).

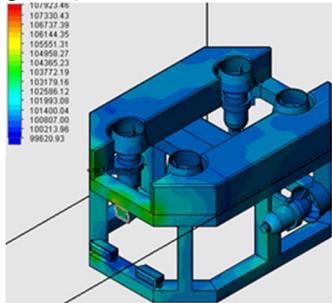


Рис. 2. Пример картины распределения давления по поверхности ТНПА

Исходя из распределения давления по корпусу ТНПА во время движения, вычислим силу лобового сопротивления R_x . График зависимости R_x от скорости движения ТНПА v_x приведен на рис. 3.

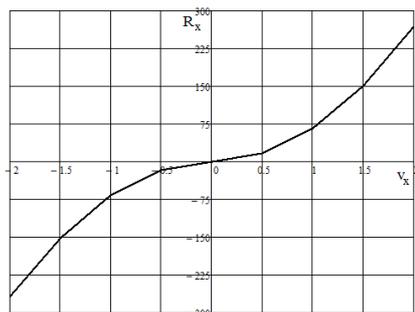


Рис. 3. Зависимость силы лобового сопротивления исследуемого ТНПА R_x от скорости движения v_x

Отметив, что модуль силы лобового сопротивления пропорционален квадрату модуля скорости движения, воспользуемся формулами (1) и рассчитаем значение коэффициента лобового сопротивления при нулевых значениях углов атаки и дрейфа: $c_{x1} = 1,775 \pm 0,005$. По аналогии рассчитаем коэффициенты подъемной и боковой сил: $c_{y1} = 3,623 \pm 0,008$; $c_{z1} = 2,55 \pm 0,08$.

Затем, воспользовавшись формулами (2) построим поверхность значений коэффициента лобового сопротивления при изменении угла атаки α и угла дрейфа β в пределах $[-\pi; \pi] \text{ рад}$ (см. рис. 4). Найдя любым доступным способом минимальное и максимальное значения c_x на данной поверхности, определим искомый интервал коэффициента лобового сопротивления $c_x = [-4,773; 4,773]$.



Рис. 4. Зависимость коэффициента лобового сопротивления c_x от углов атаки α и дрейфа β

Заключение

Разработанная методика оценки интервалов гидродинамических параметров НПА характеризуется низкой трудоемкостью по сравнению с существующими аналогами и в сочетании с существующими методами синтеза регуляторов для интервальных систем позволяет разрабатывать СУ движением НПА ([4] и [5]), способные работать в условиях интервальной параметрической неопределенности.

Список использованных источников

1. Хожаев И.В. Размещение вещественного интервального доминирующего полюса САУ с интервальными параметрами методом деления полиномов // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под редакцией Т.Е. Мамоновой. 2016. – с. 229-230.
2. И.В. Хожаев, С.А. Гайворонский, Т.А. Езангина Стабилизация колебательного переходного процесса интервальной системы на основе адаптивно-робастного размещения полюсов // III Международная научная конференция «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине». 2016. – с 1-2.
3. Основы теории движения подводных аппаратов / Е.Н. Пантов, Н.Н. Махин, Б.Б. Шереметов. – Л.: Судостроение, 1973. – 216 с.
4. I.V. Khozhaev and S.A. Gayvoronsky Synthesis of a PID-controller of a trim robust control system of an autonomous underwater vehicle // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016 – Vol. 124, Article number 012019. – p. 1-7.
5. Хожаев И.В. Синтез регулятора системы приведения дифферента необитаемого подводного аппарата к нулю в режиме зависания в условиях интервальной неопределенности параметров // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под редакцией Т.Е. Мамоновой. 2016. – с. 282-283.

О МОДЕЛИРОВАНИИ МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ТЯЖЕЛЫМИ ХВОСТАМИ

Сиренко М. А.

Тарасенко П. Ф.

Томский государственный университет

sma@mail.tsu.ru

Введение

Потребность в моделировании зависимых случайных величин с «тяжелыми хвостами» возникает при исследовании устойчивости статистических методов обработки Марковских случайных процессов к наличию аномальных наблюдений [1]. В данной работе рассматривается задача моделирования двумерного распределения с «тяжелыми хвостами» на основе распределения Коши. Можно указать несколько подходов к решению этой задачи. Первым назовем получение двух зависимых случайных величин, имеющих распределение Коши [2] из четырех нормальных случайных величин, зависимых попарно. Однако для указанной в [2] совместной плотности распределения трудно найти экономный способ моделирования и тем более способ моделирования условного распределения, который необходим для получения реализаций Марковского случайного процесса первого порядка. Второй вариант заключается в том, чтобы применить линейное преобразование к вектору независимых случайных величин с распределением Коши. На этом пути также не удастся получить экономный способ моделирования. В данной работе предлагается использовать третий подход – линейное преобразование изотропного распределения с полярным радиусом, имеющим распределение Коши, при котором алгоритм моделирования условного распределения сводится к вычислению квадратного корня от дробно-рациональной функции.

Совместное и условное распределения

Изотропное двумерное распределение с тяжелыми хвостами определим в полярных координатах с помощью равномерно распределенного полярного угла $\theta \in (2\pi)^{-1} I[\theta \in [-\pi, \pi]]$ и полярного радиуса $r \in 2g(x) I[x \in [0, +\infty)]$, где $g(x)$ плотность распределения Коши, I – индикатор события. Если θ и r независимы, то их совместная плотность имеет вид

$$f(\theta, r) = \frac{1}{\pi} g(r) I[\theta \in [-\pi, \pi]] I[r \in (0, +\infty)]$$

В декартовых координатах плотность изотропного случайного вектора ξ примет вид

$$f_{\xi}(x_1, x_2) = g\left(\sqrt{x_1^2 + x_2^2}\right) \frac{1}{\pi\sqrt{x_1^2 + x_2^2}}$$

Если $g(x)$ – стандартное распределение Коши, то

$$f_{\xi}(x_1, x_2) = \frac{1}{\pi^2(1+x_1^2+x_2^2)\sqrt{x_1^2+x_2^2}}$$

(1)

Осуществим линейное преобразование вектора ξ , усиливающее зависимость между его элементами. Рассмотрим случайный вектор $\zeta = \begin{pmatrix} a & b \\ b & a \end{pmatrix} \xi$, причем a и b должны удовлетворять условию

$$\begin{pmatrix} a & b \\ b & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b \\ b & a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix}$$

Здесь ρ может выступать в качестве меры зависимости элементов вектора ζ . Из (2) получаем, что

$$a = \sqrt{\frac{1+\sqrt{1-\rho^2}}{2}} \quad b = \sqrt{\frac{1-\sqrt{1-\rho^2}}{2}} \text{sign}\rho$$

Теперь из (1) можно получить плотность распределения вектора ζ

$$f_{\zeta}(y_1, y_2) = \frac{1}{\pi^2 \sqrt{1-\rho^2} (1+u(y_1, y_2)) \sqrt{u(y_1, y_2)}}, \quad (2)$$

$$u(y_1, y_2) = \frac{y_1^2 + y_2^2 - 2\rho y_1 y_2}{1-\rho^2}$$

где

Перейдем к задаче определения маргинальных плотностей распределения элементов вектора ζ и их условной функции распределения. Воспользуемся выражением 387 из [3] для вычисления неопределенного интеграла

$$\int f_{\zeta}(y_1, y_2) dy_2 = C + \frac{1}{\pi^2 \sqrt{1+y_1^2}} \times \text{Arth} \left(\frac{y_2 - \rho y_1}{\sqrt{1+y_1^2} \sqrt{y_1^2 + y_2^2 - 2\rho y_1 y_2}} \right). \quad (3)$$

Используя здесь бесконечные пределы, получаем одномерную плотность распределения каждого элемента вектора ζ в виде

$$f_{\zeta}(y) = \frac{1}{\pi^2 \sqrt{1+y^2}} \operatorname{Arth} \left(\frac{1}{\sqrt{1+y^2}} \right). \quad (4)$$

График этой плотности распределения изображен на рис.1. Поскольку полярный радиус r имеет тяжелый хвост, то и плотность (4) имеет тяжелые хвосты.

Заметим, что в отличие от двумерного распределения Коши, предложенного в [2], плотность распределения (4) стремится к бесконечности при $y \rightarrow 0$. Кроме того, даже при $\rho = 0$, когда (2) переходит в (1), элементы двумерного случайного вектора остаются зависимыми. Однако, используя случайный вектор с плотностью распределения (2), можно предложить эффективный алгоритм моделирования стационарного Марковского случайного процесса первого порядка с одномерными распределениями (4), которые имеют тяжелые хвосты. Покажем это.

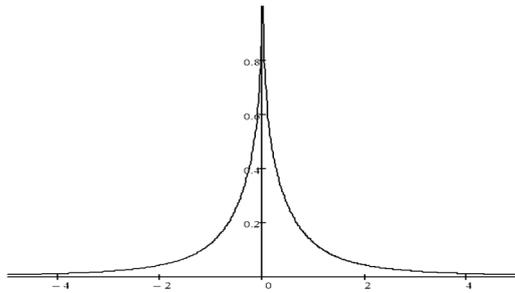


Рис. 1. График функции плотности (4)

Алгоритм моделирования

Интегрируя с помощью (3) условную плотность распределения

$$F_{\zeta}(y_2 | y_1) = \int_{-\infty}^{y_2} \frac{f_{\zeta}(y_1, x)}{f_{\zeta}(y_1)} dx,$$

получаем условную функцию распределения в виде

$$F_{\zeta}(y_2 | y_1) = \frac{1}{2} + \frac{\operatorname{Arth} \left(\frac{y_2 - \rho y_1}{\sqrt{1+y_1^2} \sqrt{y_1^2 + y_2^2 - 2\rho y_1 y_2}} \right)}{2 \operatorname{Arth} \left(\frac{1}{\sqrt{1+y_1^2}} \right)}.$$

Важно, что обратная функция распределения может быть записана аналитически:

$$F_{\zeta}^{-1}(u | y_1) = \rho y_1 + \operatorname{sign}(2u - 1) \times \sqrt{\frac{y_1^2 - (1 - \rho^2)}{(\operatorname{th} [(2u - 1) \operatorname{Arth}((1 + y_1^2)^{-1/2})])^{-2} (1 + y_1^2)^{-1} - 1}}, \quad (5)$$

что позволяет получить экономный алгоритм моделирования стационарного Марковского случайного процесса первого порядка $\{\xi_t : t = 0, 1, 2, \dots\}$. Пусть $\{\gamma_t : t = 0, 1, 2, \dots\}$ - последовательность независимых равномерно распределенных в интервале $[0, 1)$ случайных величин. Тогда

$$\xi_0 = |r|(a \cos \theta + b \sin \theta),$$

$$\xi_t = \rho \xi_{t-1} + \operatorname{sign}(2\gamma_{t+1} - 1) \sqrt{\frac{\xi_{t-1}^2 (1 - \rho^2)}{\left(\frac{c+1}{c-1}\right)^2 d^2 - 1}}, \quad t = 1, 2, \dots$$

$$\theta = 2\pi \left(\gamma_0 - \frac{1}{2} \right), \quad r = \operatorname{tg} \left(\pi \left(\gamma_1 - \frac{1}{2} \right) \right),$$

$$\text{где} \quad a = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 - \rho^2}}{2}}, \quad b = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - \rho^2}}{2}} \operatorname{sign} \rho,$$

$$c = \left(\frac{1+d}{1-d} \right)^{2\gamma_{t+1}-1}, \quad d = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{t-1}^2}}.$$

На рис.2 приведена иллюстрация результатов моделирования по предложенному алгоритму, которая показывает наличие выбросов в одной из реализаций псевдослучайной последовательности $\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_{99}$ при $\rho = 0.9$.

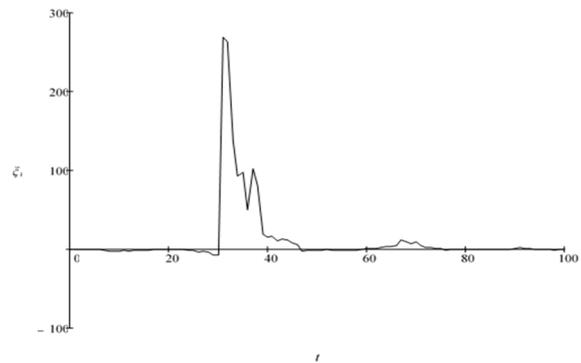


Рис. 2. График значений ξ_t при $n = 100$

Заключение

В данной работе предложен метод моделирования стационарного Марковского случайного процесса первого порядка с одномерными распределениями, которые имеют тяжелые хвосты.

Областью применения этого метода является исследование устойчивости статистических методов обработки Марковских случайных процессов к наличию аномальных наблюдений. К числу устойчивых к выбросам статистических методов относятся знаковые процедуры [1].

К достоинствам предложенного метода моделирования можно отнести небольшие вычислительные затраты.

Список использованных источников

1. Сиренко М. А., Тарасенко П. Ф. Точные и асимптотические знаковые тесты для параметров нелинейной квантильной регрессии с Марковскими шумами // Вестн. Том. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика – 2015. – № 3(32). – С. 66–74.
2. Токарева Е. Г. Двумерное распределение Коши // Обработка и управление в сложных системах / Под ред. А. Ф. Терпугова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. Вып. 5. – С. 191–194.
3. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы – М.: Наука, 1966. – 228 с.

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ФИНАНСОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Петрова Г.Г., Тузовский А.Ф.
Томский политехнический университет
ggp_pgg@mail.ru

Введение

Финансовые организации в процессе работы используют программное обеспечение и множество источников данных (электронные таблицы, документы и т.п.), различающихся по своей структуре. В связи с этим интеграция данных из источников (например, для формирования оперативного отчёта или обмена информацией между организациями) является сложным и трудоёмким процессом. При этом для сходных понятий финансовые организации могут использовать разные термины. Например, один и тот же документ, описывающий отношения между контрагентами, может называться и «договором», и «контрактом». По этой причине возникла потребность в согласовании смысловых моделей, используемых финансовыми организациями (явно или неявно) и соответствующих им терминов, а также упрощение процесса интеграции данных разнородных источников.

Предлагаемая система

Для решения проблемы согласования терминов и упрощения процесса интеграции данных нами предложено разработать информационную систему с использованием технологий Semantic Web. Архитектура предлагаемой системы показана на рисунке 1.

Главным компонентом данной системы является глобальная онтология финансовой сферы. Онтология – это описание некоторой области знаний, которое включает набор понятий и связей между ними. Глобальная онтология разработана на языке OWL [1], её основой является FIBO (Financial Industry Business Ontology). FIBO – это модульная формальная модель понятий, описываемых терминами финансовой отрасли, которые используются в официальных документах финансовых организаций [2].

В качестве методологии разработки глобальной онтологии выбран подход Rapid Ontology Development (ROD) [3]. Отличительной особенностью данного подхода является постоянная оценка онтологии на протяжении всего процесса проектирования. Разработка начинается с определения понятий, отношений и выражений. Эта задача включает повторное использование элементов базовой онтологии и создание новых элементов с учетом специфики предметной области, для которой разрабатывается новая онтология. Далее онтология связывается с существующими экземплярами (экземпляры онтологий источников данных). На последнем этапе создается функциональный компонент в

целях обеспечения эффективного использования онтологии. На каждом этапе разработки онтология оценивается, формулируются рекомендации для её усовершенствования.

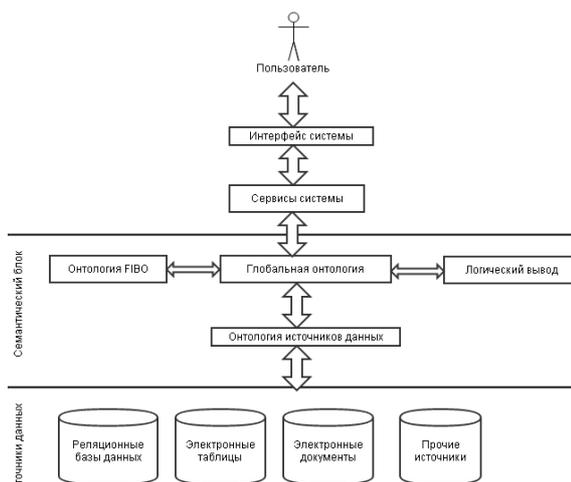


Рис. 1. Архитектура предлагаемой системы

Глобальная онтология взаимодействует с онтологиями источников данных, построенных на основе содержимого реляционных баз данных, документов на естественном языке, электронных таблиц. Онтология документов формируется путем поиска в тексте документа конструкций на естественном языке по шаблону «субъект-предикат-объект», на основе которых формируются возможные варианты триплетов онтологии. На основе структуры реляционной базы данных создаются триплеты онтологии реляционных данных. Все онтологии проходят процедуру согласования в глобальной онтологии.

Пользователи взаимодействуют с системой посредством интерфейса, с помощью которого они могут формировать запросы на составление сводных оперативных отчетов, расчёт показателей, импорт информации из электронных документов в реляционную базу данных [4].

Разработка онтологии финансовой организации

Онтология финансовой организации разработана на основе бизнес-онтологии финансовой отрасли (Financial industry business ontology, FIBO), разработанной консорциумом OMG. Понятия онтологии FIBO представлены двумя способами: формальным описанием понятий и их взаимосвязей на языке OWL, а также их описанием на естественном языке с использованием толковых словарей финансовой отрасли. Формальное описание понятий на языке

OWL выполнено с применением широко используемого в семантическом моделировании редактора онтологий Protégé [5]. Предполагается, что онтология FIBO должна стать общим языком для финансовой индустрии, поддерживающим автоматизацию бизнес-процессов. Она предназначена для использования разработчиками программного обеспечения, бизнес-аналитиками и другими участниками сферы финансов. Бизнес-термины и определения, описанные в FIBO, могут быть использованы в качестве эталонной модели, с которой финансовые организации могут связывать свои собственные (локальные) модели. Появляется возможность создавать логические модели данных, которые получают из FIBO свою формальную семантику. На основе FIBO также могут быть созданы онтологии приложений, поддерживающие прикладные программы, которые будут выполнять обработку запросов с использованием логического вывода.

В процессе разработки онтологии нами проанализирован и уточнен состав понятий (терминов), описанных в FIBO, выбраны наиболее подходящие понятия для сферы финансов России. На основе этого уточнены термины, соответствующие предметным областям, добавлены новые типы понятий, их свойства и отношения между ними с учетом особенностей российской финансовой сферы. В результате создан прототип онтологии финансовой сферы России (Russian FIBO, RFIBO).

На основе RFIBO появляется возможность создания онтологий различных отраслей сферы финансов.

После уточнения и дополнения онтологии отрасли была разработана онтология конкретной российской микрофинансовой организации - участника финансового рынка. Фрагмент онтологии представлен на рисунке 2.

Данная онтология была применена для решения задачи интеграции информации из разнородных распределенных источников данных для составления отчета «Средневзвешенные значения полной стоимости потребительских микрозаймов» для Центрального Банка РФ. Используемые организацией информационные источники: базы данных из СУБД MySQL и информационной системы IC не поддерживают разделение или определение категорий микрозаймов. Кроме того, MySQL база данных содержит только график платежей согласно договору, а IC база данных содержит график фактических поступлений средств от Заемщика, поэтому отчет по задолженностям работники организации составляли вручную. Эта задача была решена путем объединения онтологий обоих источников данных и создания на их основе новой общей онтологии.

Class description for Личность	
Display name	Личность
IRI	http://webprotege.stanford.edu/R8DUK8eW75n3zlmB0Gg0vDK
Annotations	
• rdf:type	Личность
• выдан	госОрган
• датаВыдачи	Дата
• имеетАдрес	Адрес
• имеетДатуРождения	датаРождения
• имеетИмя	имя
• имеетИНН	ИНН
• имеетНомерПаспорта	номерПаспорта
• имеетОтчество	отчество
• имеетСериюПаспорта	СерияПаспорта
• имеетФамилию	фамилия
Enter property	Enter value

Рис. 2. Фрагмент онтологии

Заключение

Использование семантического моделирования и онтологий позволяет формализовать и точно описать смысл терминов финансовой отрасли. На основе онтологии FIBO создан прототип финансовой онтологии РФ и онтология отдельной организации. Это дает возможность улучшить качество решения задач автоматизации финансовой отрасли и разрабатывать программное обеспечение, соответствующее потребностям и требованиям специалистов финансовой сферы.

Список использованных источников

1. OWL – [Электронный ресурс]: официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/owl-features/> (дата обращения 02.09.2016).
2. Object Management Group [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.omg.org> (дата обращения 10.09.2016).
3. Петрова Г.Г., Тузовский А.Ф. Онтологии в финансовой сфере. Сборник трудов V Всероссийской конференции «ЗНАНИЯ – ОНТОЛОГИИ – ТЕОРИИ», Новосибирск, 2015, т. II, с.96.
4. Петрова Г. Г. , Тузовский А. Ф. Семантические технологии в интеграции данных финансовых организаций // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых , Томск, 9-13 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 115-116.
5. Protégé [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <http://protege.stanford.edu> (дата обращения 10.09.2016).

ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Гельгинберг А.В.

Научный руководитель: Спицын В.Г.
Томский политехнический университет
E-mail: avg18@tpu.ru

Введение

Задача отслеживания местоположения человека на видеопоследовательности (трекинг) - представляет значительный интерес в области компьютерного зрения. В большинстве случаев на одном кадре присутствуют несколько движущихся объектов, поэтому при построении траектории движения следует различать каждый из них. Для этого ведется последовательный анализ каждого кадра, где необходимо идентифицировать движущийся объект, как человека.

В данной работе предлагается использовать сочетание метода оценки движения на основе оптического потока и детектирования лица для идентификации человека на видеопоследовательности.

Локализация областей движения

В качестве основы для определения движущегося объекта, как человека был выбран алгоритм Виолы-Джонса [1], использующий вейвлеты Хаара в качестве исходного набора признаков для определения лиц. Алгоритм был выбран за лучшие показатели в плане соотношения эффективности распознавания и скорости работы. Для построения трека, используются такие параметры, как изображение лица $I_{f_{i,j}}$, положение лица в кадре $R_{f_{i,j}}$, номер кадра i , номер лица в кадре j .

Положение лица в кадре $R_{f_{i,j}}$ представлено набором из двух точек $p1(x1,y1)$, $p2(x2,y2)$, описывающих координаты верхней левой и нижней правой точек прямоугольника.

Для слежения за положением лица предполагается, что объекты в следующем кадре незначительно меняют свою позицию. Найденное изображение лица принадлежит к треку Tr , если точка центр p_c прямоугольника Rf лица F_{cij} принадлежит области прямоугольника Rf лица $F_{c(i-1),j}$, найденного на предыдущем кадре и принадлежащего треку Tr (рис.1).

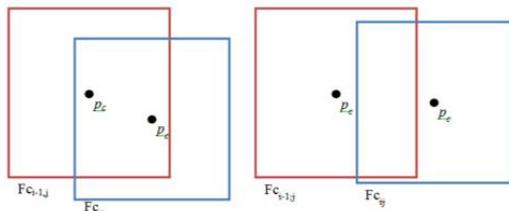


Рис.1. Фокусировка трекинга лица

Оптический поток

В основе понятия оптического потока лежит предположение о том, что при изменении положения конкретного пикселя от кадра к кадру его яркость и интенсивность не меняются, а ближайшие точки, принадлежащие одному объекту, в плоскости изображения двигаются с одинаковой скоростью [2].

Обозначим яркость пикселя $I(x,y,t)$ с координатами (x,y) в момент времени t , тогда уравнение потока в момент времени $t+\Delta t$ записывается следующим образом:

$$I(x,y,t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t), \quad (1)$$

где Δx , Δy смещение конкретного пикселя на новом кадре, Δt - изменение времени.

Линеаризация уравнение (1) путем применения разложения в ряд Тейлора первого порядка к правой части дает приближение:

$$I(x,y,t) = I(x,y,t) + \Delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial I}{\partial t}; \quad (2)$$

Поскольку за небольшой промежуток времени пиксель смещается незначительно, уравнение (2) записывается в виде:

$$\Delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial I}{\partial t} = 0; \quad (3)$$

Уравнение (3) называется уравнением оптического потока. С каждым пикселем изображения связан некоторый вектор скорости, определяющий, какое расстояние прошел пиксель в течение временного промежутка между предыдущим и текущим кадрами. На основе уравнение (3) строится вектор скорости пикселя:

$$\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}, \frac{\Delta y}{\Delta t} \right) = (u, v), \quad (4)$$

где u, v - координаты вектора скорости. Уравнение (4) содержит две неизвестные и представляет собой оптический поток.

Алгоритм Лукаса-Канаде

Алгоритм Лукаса-Канаде [3] - один из самых широко используемых дифференциальных методов, применяющихся для вычисления оптического потока. Уравнение (3) содержит две неизвестные и не может быть однозначно решено. Алгоритм Лукаса-Канаде обходит неоднозначность за счет использования информации о соседних пикселях в каждой точке. Согласно предположению, что в локальной окрестности (x,y) каждого пикселя p значение оптического потока одинаково, то получаем систему (5) из N уравнений:

$$\begin{cases} \nabla I(u, v)(p_1) = -I_t(p_1) \\ \nabla I(u, v)(p_2) = -I_t(p_2) \\ \dots \\ \nabla I(u, v)(p_N) = -I_t(p_N) \end{cases} \quad (5)$$

Запишем систему (5) в матричном виде:

$$Ad=b, \quad (6)$$

где A – матрица градиента для всех пикселей, d – вектор смещения, b – вектор изменения цвета для всех точек окрестности. Решение уравнения (5) находится с помощью метода наименьших квадратов. Плюсы метода Лукаса-Канеде в его нечувствительности к шуму и локальности, что позволяет искать поток в совершенно любой точке. Для улучшения быстродействия метода при обработке кадров можно использовать пирамидальную структуру изображений. Она представляет собой упорядоченно последовательность изображений изменяющегося разрешения, располагаемых друг за другом (рис.2). Поиск оптического потока выполняется от более мелких изображений к более крупным, в результате чего отсекаются сегменты, в которых не происходит движения.

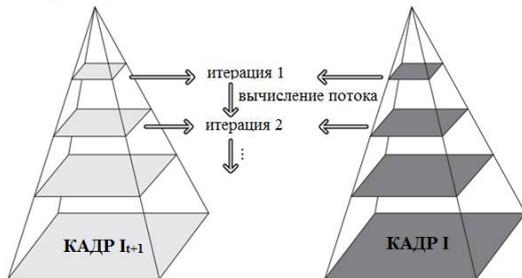


Рис.2. Пирамиды с несколькими уровнями разрешения

Алгоритм решения задачи

Приведем общий принцип работы описанных выше методов применительно для задачи отслеживания лица (рис.3):



Рис.3. Упрощенная схема работы алгоритма отслеживания лица человека

Как видно из рисунка 3 алгоритм работает с потоковым видео, которое описывается как последовательность входных кадров $I_1, I_2 \dots I_n$.

Детектор на стадии «Поиск Лица» фиксирует найденное лицо и выделяет его красным прямоугольником.

На следующей стадии алгоритм в пределах найденного многоугольника расставляет набор зелёных точек, описывающих объект слежения для вычисления оптического потока в заданной области.

На следующем кадре смещение набора точек вычисляется с помощью описанного ранее метода Лукаса-Канеде, что позволяет не потерять объект, даже при условии, что детектор на этом кадре лицо не определил. В случае обнаружения лица, внутри области детектора так же обновляется и весь набор точек, а старые убираются.

На последнем этапе визуализируется трек отслеживаемого лица (рис.4).



Рис.4. Результат работы алгоритма

Заключение

В данной работе был реализован и протестирован алгоритм трекинга лица человека с применением оптического потока. В качестве метода локализации области лица, был предложен и реализован алгоритм трекинга с использованием лицевого детектора, который отвечает за нахождение области лица и проставлению на ней набора вспомогательных точек, оптический поток которых на последующих кадрах вычисляется методом Лукаса-Канеде.

Литература

1. Viola P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features/ P. Viola, M.J. Jones//proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR 2001). -2001. – P.511-518.
2. Baker S. A Database and Evaluation Methodology for Optical Flow/S. Baker, D. Scharstein, J.P. Lewis//Computer Vision, № 92, November 30 2010. – P. 1-31.
3. Bourguet J.Y. Pyramidal Implementation of the Lucas-Kanade Feature Tracker Description of the algorithm//Intel Corporation Microprocessor Research Labs.-2004. – P. 1-9.

МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С НЕЧЕТКИМИ ФУНКЦИЯМИ АКТИВАЦИИ

Нгуен А. Т., Корилов А.М.
Томский политехнический университет
nguyenanhtu@tpu.ru

Введение

Искусственная нейронная сеть (НС) является некоторой моделью естественной НС. Каждый элемент искусственной сети (модель нейрона) является прототипом биологического нейрона, имитирующим его свойства и функционирование. Последние годы наблюдается повышение интереса к НС и их успешному применению в самых различных областях: бизнесе, медицине, науке, технике, геологии и т.д. НС вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации, управления и т.п. В настоящей работе предлагаются новые модели нечетких НС (ННС), в которых нечеткие функции принадлежности (ФП) используются в качестве функций активации (ФА) ННС.

Моделирование ФП как ФА

В качестве ФА НС используются функции типа единичного скачка, линейного порога и сигмоида [1]. На практике в НС наиболее часто применяется сигмоидальная ФА [1]. Известны также примеры применения импульсных ФА [2], при этом возможно существенное упрощение структуры НС. Объясняется этот феномен усложнением ФА. В этой связи применение в качестве ФА ННС ФП, разрабатываемых в теории нечетких систем [3, 4], является актуальной задачей.

Напомним основные понятия теории нечетких систем: *нечетким числом* $\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in \square\}$ называется нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, ФП которого $\mu_A(x): \square \rightarrow [0;1]$ удовлетворяет следующим условиям:

- непрерывность;
- нормальность: $\sup_{x \in \square} (\mu_A(x)) = 1$;
- выпуклость:

$$\mu_A(y) \geq \min\{\mu_A(x), \mu_A(z)\}, x \leq y \leq z.$$

Основанием (носителем) нечеткого числа \tilde{A} называется такое подмножество множества действительных чисел, для которого $\mu_A(x) > 0$ [3].

Аналогично *ядром* нечеткого числа \tilde{A} называется такое подмножество множества действительных чисел, для которого $\mu_A(x) = 1$.

Наиболее часто используемым типом нечетких чисел являются нечеткие треугольные числа, т. е. такие, которые можно задать тройкой чисел

$\tilde{N} = (A, B, C)$; ($A < B < C$), где (A, C) – носитель нечеткого числа, B – его высота.

ФП нечеткого числа \tilde{N} задается выражением

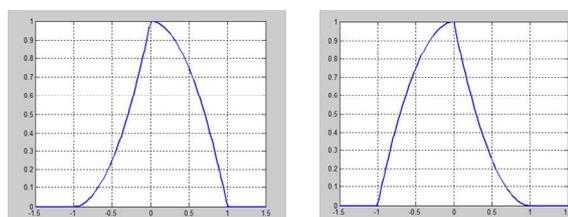
$$\mu_N(x) = \begin{cases} f_L(x), x \in [A, B] \\ f_R(x), x \in [B, C] \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где $f_L(x), f_R(x)$ – монотонные функции, соответственно, левой и правой частей ФП, причем $f_L(B) = f_R(B) = 1$.

В случае когда $f_L(x), f_R(x)$ являются полиномами второго порядка и $f_L'(x) = 0$, $f_R'(x) = 0$ в характеристических точках нечеткой величины, форму ФП, определяемой выражением (1), можно изменять. В данной работе рассмотрим функции $f_L(x)$ и $f_R(x)$ при следующих дополнительных условиях:

$$\begin{cases} f_L'(A) = 0; \\ f_R'(C) = 0. \end{cases} \quad (2); \quad \begin{cases} f_L'(B) = 0; \\ f_R'(C) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Внешний вид ФП треугольных нечетких чисел с учетом условий (2) и (3) представлен на рисунке.



вид а)

вид б)

Рис. Формы ФП с учетом дополнительных условий: а) условия (2); б) условия (3).

Исследуем возможности применения данных ФП в качестве ФА НС, на основе которых создаются модели нечетких нейронов и ННС.

Модели нечетких нейронов

ННС в [4] называется четкая НС прямого распространения сигнала, которая построена на основе многослойной архитектуры с использованием И-, ИЛИ-нейронов [4].

И-нейроном называется нейрон, в котором умножение веса w на вход x моделируется конормой $S(w, x)$, а сложение нормой $T(w, x)$. ИЛИ-нейроном называется нейрон, в котором умножение веса w на вход x моделируется нормой $T(w, x)$, а сложение весов конормой $S(w, x)$. Эти понятия обсуждаются в [4].

Приведенная выше трактовка ННС отличается от ННС предлагаемой нами, поэтому будем именовать ННС, изучаемую в [4], ННС первого типа, а ННС, предлагаемую нами с моделями

нечетких нейронов, использующих в качестве функций активации ФП, представленные на рисунке, ННС второго типа.

Пример применения ННС второго типа для определения частоты основного сигнала на фоне белого шума

Белый шум — стационарный шум, спектральные составляющие которого равномерно распределены по всему диапазону исследуемых частот. Примерами белого шума являются шум близкого водопада (отдаленный шум водопада — розовый, так как высокочастотные составляющие звука затухают в воздухе сильнее низкочастотных), или дробовой шум на клеммах большого сопротивления, или шум стабилитрона, через который протекает очень малый ток. Аналогом белого шума является также белый свет, содержащий электромагнитные волны частот всего видимого диапазона электромагнитного излучения. В данной работе предлагается использование ННС второго типа для определения частоты основного сигнала, принимаемого на фоне белого шума. При обработке результатов эксперимента использовались методы теории эксперимента [5].

В качестве модели входного сигнала ННС используем аддитивную смесь синусоидального сигнала и белого шума, т.е. следующую функцию:

$$y = a_1 \times \sin(2\pi ft) + a_2 \times r \quad (4)$$

где a_1 — амплитуда основного синусоидального сигнала, a_2 — амплитуда помехи (шума), r — равномерно распределенные случайные величины на интервале $[0,1]$, f — частота основного синусоидального сигнала.

Выбираем дискретное время t : 500 эквидистантных значений от 0 до 0.005 (с); и задаем f в интервале $[1,2]$ Гц. Таким образом, на вход ННС поступает временной ряд, представляющий собой упорядоченную последовательность значений функции (4), характер которой меняется во времени t . Задачей ННС является прогноз f — основной частоты входного сигнала ННС. Подобные задачи возникают во многих приложениях ННС.

Итак, входными значениями ННС является белый шум, который моделируется временным рядом (4), а выходными значениями ННС являются основные частоты (4).

Структуру сети, используемой в программе, можно представить в виде многослойной однонаправленной сети. Она состоит из входного слоя, одного скрытого слоя, и выходного слоя. Скрытый слой состоит из 10 нейронов с нечеткими ФА видов а) или б). В выходном слое используется линейная ФА. Разделяем все входные значения на секции: 70% для обучения и 30% для проверки. В процессе обучения использован алгоритм метода Левенберга- Марквардта.

Таблица. Результат тестирования

Основная частота (Гц)	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Результат ННС с ФА вида а)	1,03	1,37	1,51	1,60	1,73	2,01
Результат ННС с ФА вида б)	1,16	1,33	1,37	1,67	1,75	2,04
	0	9	6	6	9	2
	5	2	3	8	8	6

Заключение

Из результатов тестирования следует, что разрабатываемые нами модели нечетких нейронов и ННС второго типа вполне успешно решают задачу прогнозирования свойств временного ряда. Следовательно, ННС с нечеткими импульсными ФА могут в будущем широко применяться во многих областях науки, техники и технологий при решении задач прогнозирования, аппроксимации и т.п. Однако очевидны и недостатки использования этих моделей: длительное время обработки информации при решении задачи прогнозирования свойств временного ряда и потребность в значительных вычислительных ресурсах. Возможности современной компьютерной техники постоянно нарастают и ещё сохраняет свою силу известный эмпирический закон Мура (число элементов на одном кристалле удваивается каждые полтора года), открытый Гордоном Муром ещё в 1968 г., поэтому отмеченные выше недостатки ННС имеют временный характер. На

преодоление отмеченных недостатков ННС направлены и наши исследования.

Список использованных источников

1. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 496 с.
2. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
3. Нгуен А. Т. Компьютерное моделирование показателей нечеткой надежности / А. Т. Нгуен, А. А. Ефремов // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 57-62.
4. Ярушкина Н. Г. Нечеткие нейронные сети с генетической настройкой // Научная сессия МИФИ-2004. VI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2004»: Лекции по нейроинформатике. Часть I. – М.: Изд-во МИФИ, 2004. – С. 151- 199.
5. Корилов А.М. Эксперимент в научном исследовании // Доклады ТУСУР. – 2015. – № 2(36). – С. 148 – 154

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ.

Хачатурян Д.А., Пеккер Я.С., Фокин В.А.
Пеккер Я.С.

Томский политехнический университет
david.khachaturyan@yahoo.com

Регистрация пространственных и временных характеристик движений с их количественным представлением дает возможность оценить степень двигательных расстройств, при различных заболеваниях.

Исходными данными для вычисления оценки являются траектории движения определенных точек тела и/или центра масс.

Данные о движении точек тела регистрировались с помощью технологии захвата движений с использованием свободного программного обеспечения.

Эта технология позволяет регистрировать трехмерные координаты положения 20 стандартных точек на теле пациента: с частотой 15 отсчетов в секунду. У каждого из них в течение 10с. были измерены трехмерные координаты движения точки тела человека, соответствующие центру масс (всего 150 значений).

Из траектории движения выбранной точки тела выделяют фрагмент сигнала требуемой продолжительности T и сохраняют его в виде таблицы, каждая строка которой имеет структуру (t_i, x_i, y_i, z_i) , где t_i – момент времени

регистрации координат $(0 \leq t_i \leq T)$. В случае использования данных стабилόμεрии координата Z принимается равной нулю.

Временной интервал T разбивается на k промежутков длительностью ΔT . В каждом из промежутков рассчитывается среднее значение координаты (дальнейшие формулы приведены на примере X координаты, для Y и Z координат все вычисления аналогичны):

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{t_i \in [(j-1)\Delta T, j\Delta T]} x_i, \quad j = \overline{1, k}, \quad (1)$$

где n_j – количество измерений значений координаты в интервале $[(j-1)\Delta T, j\Delta T]$.

Полученные значения \bar{x}_j отображаются на единичный интервал $[0, 1]$:

$$\bar{x}_{j, norm} = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_{\min}}{\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}}, \quad j = \overline{1, k},$$

$$\text{где } \bar{x}_{\min} = \min_{j=1, k} \{\bar{x}_j\}, \quad \bar{x}_{\max} = \max_{j=1, k} \{\bar{x}_j\} \quad (2)$$

и рассматриваются как координаты вектора $\vec{\bar{x}}_{norm}$, используемого для количественной оценки различий в движении испытуемого.

Оценка производится по отношению к пациентам заданной референтной группы, описываемой матрицей размерности $N_0 \times k$, где N_0 – объем референтной группы, а элементы строк представлены координатами векторов $\vec{\bar{x}}_l$ пациентов $(l = \overline{1, N_0})$, которые определяются аналогичным образом.

Расчет производится по формуле, основанной на вычислении расстояния Махаланобиса:

$$I_d(\vec{x}) = \frac{1}{2k} \left[\frac{1}{N_0} \sum_{l=1}^{N_0} (\vec{x}_{norm} - \vec{x}_l)^T C^{-1} (\vec{x}_{norm} - \vec{x}_l) \right] \quad (3)$$

где $I_d(\vec{x})$ – интегральная оценка величины отклонений движения по сравнению с референтной группой, C – матрица ковариации признаков, характеризующих референтное состояние. Детальное описание алгоритма расчетов приведено в работе.

Для расчета I_d разработана компьютерная программа, входными данными для которой являются файлы, содержащие нормированные значения координат референтного и оцениваемого состояния, вычисленные по формуле (1). Желательно обеспечить минимально возможное значение внутригрупповой дисперсии, поскольку она напрямую влияет на абсолютную величину I_d .

В ряде случаев (существенная неоднородность группы и большая межиндивидуальная вариабельность) может потребоваться формирование нескольких референтных групп и, соответственно, вычисление нескольких величин I_d по отношению к каждой референтной группе. Для уменьшения влияния данного фактора на оценку состояния в предлагаемой методике использован подход, основанный на статистическом моделировании данных, результаты которого позволяют, с одной стороны, численно оценивать статистические свойства критерия, а с другой – позволяя определить $\Delta T = 2$ условия, накладываемые на

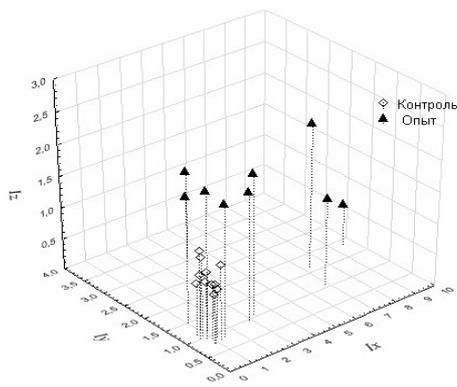
объемы первичных данных, необходимые для получения устойчивых оценок. Вычисленный показатель имеет простую интерпретацию: чем

больше I_d , тем сильнее отличаются параметры движения выбранных точек обследуемого от референтной группы.

Результаты исследования приведены в таблице. Несмотря на то, что все пациенты имели отрицательный результат по тесту Ромберга, трое из них получили показатели по mini BEST test от 11 до 15. Но, тем не менее, разница между двумя группами (здоровыми и людьми с отклонениями) оказалась статистически незначительной. Средние значения скорости и EFQ в двух группах также оказались практически одинаковыми, в то время как значения интегрального коэффициента I_d варьируется между группами. Наиболее важно, что все эти параметры не коррелируют между собой.

Приведенные ниже количественные оценки интегральной величины отклонений рассчитаны по формуле (3).

По полученным результатам видно, что интегральный коэффициент у людей с неврологическими отклонениями отличается от



коэффициента здоровых людей, это можно увидеть на рисунке 1.

Рисунок 1. 3D распределение интегрального критерия.

Так же используемый критерий Манна-Уитни, который сравнивает несколько значений и отображает, выявляет, есть ли между ними различия или нет. Если данный критерий меньше чем 0.05, то сравниваемые значения различаются. Исходя из этих данных, можно сказать, что кинект может отличать здоровых людей от больных.

Интегральный критерий основан на расстоянии между точками движения центра тяжести. Он вычисляется по формуле:

$$I_d(\bar{x}_n) = \frac{1}{2k} \left[\frac{1}{N_0} \sum_{v=1}^{N_0} (\bar{x}_u - \bar{x}_v) C^{-1} (\bar{x}_u - \bar{x}_v) \right] \quad (4)$$

Результаты

На рисунке 2. приведен пример статокинезиграммы центра масс

в плоскости XU для испытуемых Р и R. Видно, что траектории движения в значительной степени хаотичны, и сделать обоснованный вывод о неврологических нарушениях на поддержание равновесия затруднительно.

Отметим, что значения КФР ведут себя разнонаправлено, тогда как рассчитанная величина интегральной оценки изменяется закономерно и возрастает в соответствии в неврологических нарушениями.

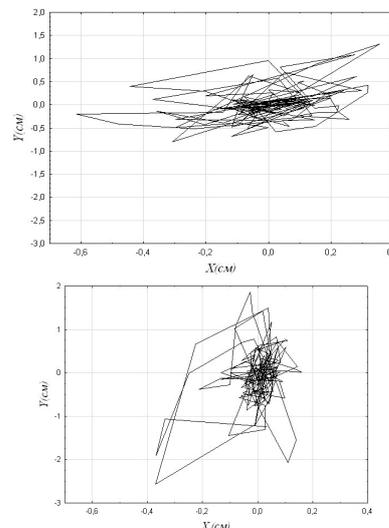


Рисунок 2. Статокинезиграмма испытуемых R и P.

Список используемой литературы

1. Хачатурян Д.А. «Оценка функциональных состояний человека по параметрам движения»
2. [Электронный ресурс]. – URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25362076> (дата обращения 10.10.2016).
3. N. Chastan, B. Debono, D. Maltete, J.Weber: Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease, Movement Disorders, V.23, 2008, pp.366–372.

МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Афанасьева Д.А., Белинская Н.С., Францина Е.В., Попова Н.В.
Ассистент кафедры ХТТ и ХК, к.т.н. Н.С. Белинская
Томский политехнический университет
vafand@mail.ru

Введение

На сегодняшний день в России наблюдается дефицит производства низкозастывающих дизельных топлив, обусловленный климатом значительной части регионов страны, а также освоением северных регионов и Арктики [1]. Таким образом, повышается потребность в дизельных топливах и, соответственно, возрастает значимость их производства. Одним из современных процессов производства дизельных топлив является процесс каталитической депарафинизации [2].

Данная работа посвящена изучению влияния изменения состава сырья процесса каталитической депарафинизации за счет вовлечения в сырье побочного продукта установки извлечения парафинов на выработку дизельной фракции с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Для исследования использовалась математическая модель процесса каталитической депарафинизации, разработанная на основе учета физико-химических закономерностей протекания процесса.

Описание программы

Платформой для системы служит объектно-ориентированная среда программирования Delphi 7 [3].

Активное окно программы представлено на рис. 1.

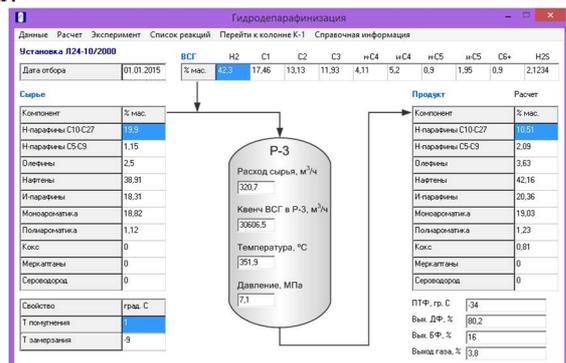


Рисунок 9. Моделирующая система процесса гидродепарафинизации

Окно компьютерной моделирующей системы содержит информацию о составе сырья, составе водородсодержащего газа (ВСГ), технологических условиях и о наименовании продуктов реакции.

Схема превращений углеводородов в процессе депарафинизации.

Для составления списка реакций процесса

гидродепарафинизации был проведен термодинамический анализ с применением квантово-химических методов, который показал, что в процессе гидродепарафинизации наиболее вероятно протекание реакций гидрокрекинга *n*-парафинов C10–C27, изомеризации *n*-парафинов C5–C9, гидрирование полиароматических углеводородов, моноароматических углеводородов, олефинов и нафтенов, образования КГС (коксогенных структур). Изменение энергии Гиббса в ходе данных реакций находится в диапазоне от –4,98 до –85,16 кДж/моль [3].

Таким образом, на основании выявленных теоретических и экспериментальных закономерностей, термодинамического анализа, с учетом агрегирования реагирующих веществ по химическим принципам составлена схема превращений углеводородов в ходе процесса гидродепарафинизации (рис. 2)

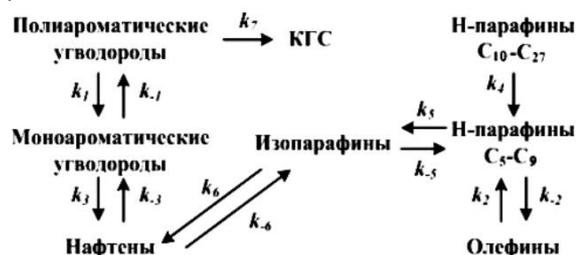


Рисунок 10. Формализованная схема превращений углеводородов в ходе процесса гидродепарафинизации: k_j – константа скорости прямой химической реакции; k_{-j} – константа скорости обратной химической реакции

Описание исследования и результатов

Исходными данными для моделирования процесса депарафинизации являются технологический режим, материальный баланс и экспериментальные данные по составу сырья с установки Л-24-10/2000 ООО «КИНЕФ» [4]. Данные представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1. Состав сырья процесса депарафинизации

Компонент	Содержание, % масс
Н-парафины C10-C27	19,9
Н-парафины C5-C9	1,15
Олефины	2,50
Нафтены	38,91
И-парафины	18,31
Моноароматика	18,82
Полиароматика	1,12

Таблица 2. Технологические параметры работы установки каталитической депарафинизации

Технологический параметр	Значение
Расход сырья, м ³ /ч	32,7
Расход фракции C ₁₈ -C ₂₁ , м ³ /ч	12,591
Расход ВСГ в реактор депарафинизации, м ³ /ч	60103
Температура в реакторе депарафинизации, °С	351,9
Температура в реакторе депарафинизации, °С	7,1

Так как работа направлена на изучение влияния изменения состава сырья установки депарафинизации, в сырье была вовлечена фракция нормальных парафинов C₁₈-C₂₁. Полученный состав изображен в таблице 3.

Таблица 3. Состав сырья после вовлечения

Компонент	% масс
Н-парафины C ₁₀ -C ₂₇	22,7
Н-парафины C ₅ -C ₉	1,11
Олефины	2,41
Нафтены	37,55
И-парафины	17,67
Моноароматика	18,16
Полиароматика	1,08

На моделирующей системе процесса каталитической депарафинизации производится расчет необходимых для исследования данных, таких как содержание продуктов, предельная температура фильтруемости (ПТФ), выход дизельной фракции, выход бензиновой фракции и выход газа в зависимости от состава сырья.

С помощью модели были получены данные как без вовлечения побочного продукта установки, так и с вовлечением, представленные в таблице 4.

Таблица 4. Результаты расчета на модели

	Без вовлечения фракции C ₁₈₊	С вовлечением фракции C ₁₈₊
Содержание н-парафинов в продукте, % мас.	10,51	11,56
ПТФ, гр.С	-34	-31
Выход ДФ, %	80,2	82,5
Выход БФ, %	16	14,1
Выход газа, %	3,8	3,4

По численным результатам исследования видно, что выход целевого продукта повысится и можно сделать вывод, что вовлечение побочного продукта является эффективным способом

получения дизельной фракции с улучшенными низкотемпературными свойствами. При этом выработка дизельной фракции при данных условиях увеличился на 6,6 %, но при этом качество продукта по показателю ПТФ будет хуже.

Поэтому, помимо основных расчетов по изменению состава сырья произведена оптимизация технологического режима по температуре. То есть был осуществлен подбор такой температуры в реакторе депарафинизации, чтобы получить продукт с такой же ПТФ как и без вовлечения побочного продукта установки извлечения парафинов. На математической модели было выявлено, что температуру в реакторе депарафинизации нужно повысить с 351,9°С до 353,9°С. При этом увеличение выработки целевого продукта с требуемой ПТФ составит 4,1%.

Заключение

Таким образом, использование математической модели процесса каталитической депарафинизации позволяет рассчитывать состав, низкотемпературные свойства и выход продукта в зависимости от состава сырья и технологических условий на промышленной установке, а также позволяет оптимизировать производство дизельной фракции на этой промышленной установке без дополнительных средств на данную оптимизацию.

На примере данной работы показано, как с помощью вовлечения в сырье малоценного продукта и оптимизации работы установки каталитической депарафинизации можно повысить ресурсоэффективность переработки нефтяного сырья в дизельное топливо.

Список использованных источников

1. Груданова А.И., Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Сергиенко С.А., Красильникова Л.А., Мисько О.М. Перспективные процессы производства дизельных топлив для холодного и арктического климата с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2013. – № 12. – С. 3-7.
2. Камешков А.В., Гайле А.А. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2015. – №29(55). – с. 49-60.
3. Фалеев С.А., Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Францина Е.В., Силко Г.Ю. // Нефтепереработка и нефтехимии. 2013. № 10. С. 14-18.
4. Belinskaya N.S., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Chuzlov V.A., Faleev S.A. // Procedia Engineering, 2015. – Vol.113. – P.68–72.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ВНЕШНИХ ГРАНИЦ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

Чжао Юньсян, Цапко И.В.
Томский политехнический университет
991546822@qq.com

Введение

Компьютерное зрение – это вид деятельности, в котором для извлечения данных из визуальной информации применяются статистические методы и используются модели, построенные с помощью физики, геометрии и теории обучения. Цель дисциплины компьютерного зрения заключается в анализе изображений, полученных с помощью датчиков и на основе этого в формировании полезных выводов при сравнении объектов и сцен реального мира. При этом предварительно необходимо построить некоторое описание или модель этих объектов на основе изображения [1].

Компьютерное зрение, одна из самых востребованных областей на данном этапе развития всеобщих цифровых компьютерных технологий.

Применения компьютерного зрения

В умении распознавать человек, все, пока оставляет компьютер далеко позади. Машина преуспела лишь в определённых задачах — например, в распознавании номеров или машинописного текста. Успешно распознавать разнородные объекты и случайные сцены (разумеется, в условиях реальной жизни, а не лаборатории) компьютеру всё ещё очень трудно.

Среди многочисленных сфер применения компьютерного зрения можно выделить самую перспективную на текущий момент – это дополненная реальность. Данная технология получает широкое применение в реализации различных мобильных приложений и позволяет накладывать виртуальные элементы на картину реального мира. Так, например, можно получить информацию о доме, направив на него камеру телефона или планшета [2].

Еще одним из наиболее важных применений является обработка изображений в медицине. Исходные изображения, полученные при помощи ангиографии, рентгенографии, томографии, ультразвуковых исследований и микроскопии обрабатываются для извлечения из них полезной информации и последующей постановки медицинского диагноза пациентам. В качестве примера подобной информации можно назвать обнаружение злокачественных образований, опухолей, изменение кровотока или размеров органов.

Широкое применение компьютерное зрение нашло и в робототехнике. Главными задачами, решаемыми в этой области, являются распознавание, обнаружение и идентификация

объектов для последующей оценки его положения относительно устройства захвата, а также для объезда препятствий при автономной навигации.

Программа определения границ объекта

Данная работа посвящена разработке программы, позволяющей определить контур изображения насекомого, полученного в результате компьютерной томографии (рисунок 1).

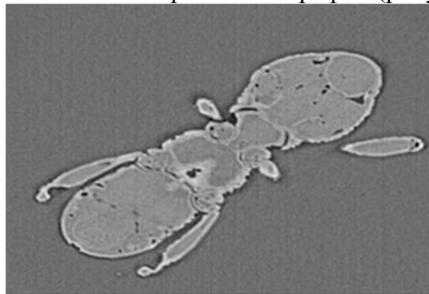


Рисунок 1. Исходное изображение

Для реализации программы на языке программирования C++ использовалась библиотека компьютерного зрения OpenCV [3].

OpenCV — это свободно распространяемая библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. Реализована на C/C++, также разрабатывается для Python, Matlab, Java, Ruby, Lua и для других языков.

При разработке программы были использованы следующие функции:

1. Обработка изображения — Свёртка.

В OpenCV операция свёртки при помощи ядра kernel реализуется функцией cvFilter2D():

```
CVAPI(void) cvFilter2D( const CvArr*  
src, CvArr* dst, const CvMat* kernel,  
CvPoint anchor CV_DEFAULT(cvPoint(-  
1,-1)));
```

где kernel — ядро свёртки (массив из одного канала из элементов типа float);

src — исходное изображение;

dst — изображение для сохранения результата.

Данная операция позволяет сгладить исходное изображение и тем самым очистить его от шумовых составляющих.

2. Пороговое преобразование изображения.

Эта операция осуществляется при помощи функции:

```
CVAPI(void) cvInRangeS( const CvArr*  
src, CvScalar lower, CvScalar upper,  
CvArr* dst );
```

где src — исходный массив;

lower — скаляр с нижней границей (включая);
upper — скаляр с верхней границей (не включая);

dst — массив для хранения результата.

Функция проверяет, что элемент массива лежит между двух скаляров:

```
dst[idx] = lower <= src[idx] < upper
```

Результат обработки изображения приведен на рисунке 2.

Нахождение контуров и операции с ними.

Контурный анализ — это один из важных и очень полезных методов описания, распознавания, хранения и поиска графических образов/объектов.

Контур — это внешние очертания (обвод) объекта/предмета.

Для поиска контуров используется функция cvFindContours():

```
CVAPI(int) cvFindContours( CvArr*  
image, CvMemStorage* storage, CvSeq**  
first_contour, int header_size  
CV_DEFAULT(sizeof(CvContour)), int  
mode CV_DEFAULT(CV_RETR_LIST), int  
method  
CV_DEFAULT(CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE),  
CvPoint offset  
CV_DEFAULT(cvPoint(0,0)))
```

где image — исходное 8-битное одноканальное изображение (ненулевые пиксели обрабатываются как 1, а нулевые — 0);

storage — хранилище памяти для хранения данных найденных контуров;

first_contour — указатель, который будет указывать на первый элемент последовательности, содержащей данные найденных контуров;

header_size — размер заголовка элемента последовательности;

mode — режим поиска, может быть представлен одной из следующих констант:

CV_RETR_EXTERNAL (0) – ищет только крайние внешние контуры;

CV_RETR_LIST (1) – ищет все контуры и размещает их списком;

CV_RETR_CCOMP (2) – ищет все контуры и размещает их в виде 2-уровневой иерархии;

CV_RETR_TREE (3) – ищет все контуры и размещает их в иерархии вложенных контуров.

Отобразить найденные контуры можно с помощью функции cvDrawContours():

```
CVAPI(void) cvDrawContours( CvArr  
*img, CvSeq* contour, CvScalar  
external_color, CvScalar hole_color,  
int max_level, int thickness  
CV_DEFAULT(1), int line_type  
CV_DEFAULT(8), CvPoint offset  
CV_DEFAULT(cvPoint(0,0)));
```

Пример работы программы изображен на рисунке 3.



Рисунок 2. Изображение после порогового преобразования

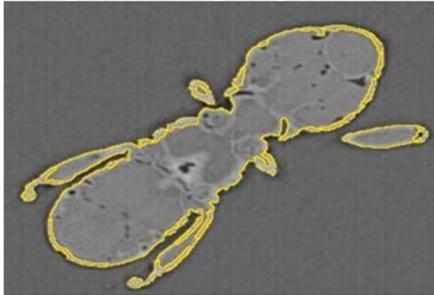


Рисунок 3. Контур изображения

Полученный контур позволяет получить такие характеристики объекта как его площадь, периметр, а также сравнить контур с шаблонными значениями.

Заключение

В результате был проведен контурный анализ изображения насекомого и получено очертание объекта.

В процессе работы, мы познакомились с библиотекой OpenCV, изучили несколько функций, таких как: сравнение контуров; детектор границ Кенни (Canny); морфологические преобразования и т.д.

Список использованных источников

1. Компьютерное зрение [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 28.09.2016).

2. Цапко И.В., Власов А.В. Выделение объектов на изображениях методом поиска границ регионов // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. № 9. С. 33-38.

3. OpenCV шаг за шагом [Электронный ресурс]. – URL: <http://robocraft.ru/page/opencv/> (дата обращения 28.09.2016).

ОДНОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Волжанина Е.С., Космачев П.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. ВТ Ю.Я. Кацман

Томский политехнический университет

Томский государственный архитектурно-строительный университет

evolzhanina@gmail.com

Введение

В настоящее время статистическая обработка результатов наблюдений – мощный инструмент для выявления закономерностей и отсеивания случайностей в различных областях исследований [1-3].

На кафедре прикладной механики и материаловедения ТГАСУ ведутся исследования по получению нанодисперсного порошка диоксида кремния в условиях плазмы дугового разряда [4].

Целью работы является статистический анализ экспериментальных данных для выявления оптимальной технологии при плазменном синтезе нанопорошка диоксида кремния.

В качестве программного обеспечения для обработки исходных данных использовался лицензионный пакет STATISTICA 10.0.

Однофакторный анализ

Первым этапом анализа данных является их тестирование на нормальность распределения. Для этого воспользуемся критериями Колмагорова–Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро–Уилка с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Результаты всех трех независимых расчетных методов нормальности показали, что исходные данные принадлежат нормальному распределению.

Выдвинем статистическое предположение H_0 – все данные принадлежат одному распределению (влияние фактора на отклик не существенно). В данном случае фактором является тип используемого сырья (кварцит, кварцевый песок, диатомит). Откликом же являются характеристики полученного нанопорошка (размер, площадь удельной поверхности, чистота наночастиц).

В случае подтверждения гипотезы H_0 однофакторный анализ будет завершен. Если же верна альтернативная гипотеза H_1 – влияние фактора значительное, то однофакторный анализ следует продолжить и перейти от качественной оценки к количественной [5]. Примем уровень значимости для всех дальнейших исследований $\alpha = 0,05$.

Для проверки гипотезы H_0 выполнены тесты Краскела–Уоллиса. Результирующий отчет теста для характеристики размер частиц приведен в таблице 1.

Анализируя суммы рангов можно сделать следующие выводы: меньшая размерность обеспечивается использованием диатомита; большая – кварцита и кварцевого песка.

Таблица 1. Результат теста Краскела–Уоллиса

Depend.: Размер частиц	Kruskal-Wallis test: H(2, N=15)=4,939383 p=,0846			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Кварцит	101	5	31,00	6,20
Кварц. песок	102	5	31,00	6,20
Диатомит	103	5	58,00	11,60

Также из полученных результатов видно, что статистика Краскела–Уоллиса $H = 4,939383$, а вероятность принятия нулевой гипотезы $p = 0,0846$. Поскольку данная вероятность больше уровня значимости α , гипотеза H_0 не отвергается.

В результате выполнения теста Краскела–Уоллиса для оставшихся характеристик вероятность p была меньше α . Исходя из этого была принята альтернативная гипотеза H_1 – влияние фактора существенно.

Проведем ранговый анализ тех же исходных данных используя медианный тест.

Результирующий отчет медианного теста для характеристики площадь удельной поверхности представлен в таблице 2.

Таблица 2. Результат медианного теста

Depend.: Площадь удельной поверхности	Median Test, Overall Median=15,0000 Chi-Square=11,66667 df=2 p=,0029			
	Квар-цит	Кварц. песок	Диато-мит	Total
<=Median: observed	4,00	5,00	0	9,00
expected	3,00	3,00	3,00	
obs.-exp.	1,00	2,00	-3,00	
>Median: observed	1,00	0	5,00	6,00
expected	2,00	2,00	2,00	
obs.-exp.	-1,00	-2,00	3,00	
Total: observed	5,00	5,00	5,00	15,00

Максимальное значение в верхней половине таблицы указывает на меньшую площадь удельной поверхности; максимальное значение в нижней половине таблицы указывает на большую площадь удельной поверхности.

Вероятность принятия гипотезы H_0 $p = 0,0029$, что меньше уровня значимости α . Следовательно, гипотеза H_0 отвергается и принимается альтернативная гипотеза H_1 – влияние вида сырья на площадь удельной поверхности существенно.

В результате выполнения медианного теста для характеристик размер и чистота наночастиц нулевая гипотеза принимается с вероятностью p

больше заданного уровня значимости. Исходя из этого гипотеза H_0 не отклоняется.

Выполним тест Манна–Уитни используя парную проверку. Результат теста Манна–Уитни для пары исходного сырья кварцит, диатомит и характеристики чистота продукта представлен в таблице 3.

Таблица 3. Результат теста Манна–Уитни

Variable	Mann-Whitney U Test Marked tests are significant at $p < 0,050$				
	Rank Sum Квар- цит	Rank Sum Диато- мит	U	Z	p- value
Чистота продукта	40,00	15,00	0	2,51	0,01

Variable	Mann-Whitney U Test Marked tests are significant at $p < 0,050$			
	Z adjuste d	p- value	Valid N Кварцит	Valid N Диато- мит
Чистота продукта	2,52	0,01	5	5

Из полученных результатов видно, что вероятность принятия гипотезы H_0 $p = 0,01$. При данном значении p принимается гипотеза H_1 .

Результаты теста Манна–Уитни подтвердили результаты теста Краскела–Уоллиса. Тип исходного сырья не влияет на размер частиц, и при этом влияет на площадь удельной поверхности и чистоту получаемого продукта.

Выполним однофакторный дисперсионный анализ для технологий, где верна гипотеза H_1 . Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результат дисперсионного анализа

Variable	Analysis of Variance Marked effects are significant at $p < 0,05000$			
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error
Площадь удельной поверхности	1351,60	2	675,80	58,40
Чистота продукта	2,84	2	1,42	0,39

Variable	Analysis of Variance Marked effects are significant at $p < 0,05000$			
	df Error	MS Error	F	p
Площадь удельной поверхности	12	4,87	138,86	0
Чистота продукта	12	0,03	43,43	0

В обоих случаях вероятность принятия нулевой гипотезы p равна 0. Следовательно, гипотеза H_0 отвергается в пользу альтернативной гипотезы H_1 – влияние фактора существенно.

Для определения значимо различных откликов выполним тест Шеффе. Результат теста Шеффе для характеристики площадь удельной поверхности и представлен в таблице 5.

Таблица 5. Результат теста Шеффе

Вид сырья	Scheffe Test; Marked differences are significant at $p < 0,050$		
	{1} M=14,00	{2} M=12,60	{3} M=33,40
Кварцит		0,62	0
Кварц. песок	0,62		0
Диатомит	0	0	

В результате проверки гипотезы H_0 о незначительном различии средних, в случае отклика площадь удельной поверхности и отклика чистота продукта только в паре кварцит, кварцевый песок вероятность принятия нулевой гипотезы больше уровня значимости. Исходя из этого, нулевую гипотезу можно отклонить и принять альтернативную – различия значительны.

Заключение

Проведено исследование зависимости размера, площади удельной поверхности и чистоты получаемых наночастиц при использовании различных типов исходного сырья.

В результате выполненных расчетов были сделаны выводы о значительном влиянии типа исходного сырья на площадь удельной поверхности и чистоту получаемых наночастиц. Влияние типа исходного сырья на размер получаемых наночастиц не обнаружено.

Список литературы

1. Katsman Y.Y., Leputsin A.V., Piyukhin B.V., Leputsina E.V., Zenkova Z.N. The stochastic model of the impact of context factors to educational results of Tomsk school graduates // 2016 IEEE EDUCON: Proceedings, Abu Dhabi, UAE, 10-13 April 2016. – P. 767-771.
2. Акаева А.И. Однофакторный дисперсионный анализ при исследовании цен на рыбную продукцию. // Школа университетской науки: парадигма развития. – 2012. – Т. 2. – № 6. – С.275-277.
3. Корбут А.И. Анализ зависимости силы шума автотранспорта от времени суток. // Естественные науки в современном мире. – 2012. – №1. – С.14-17.
4. Космачев П.В., Скрипникова Н.К. Синтез нанодисперсного порошка диоксида кремния в плазменном реакторе при атмосферном давлении. // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 26-29 апреля 2016 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 148-150.
5. Кацман Ю.Я. Статистический анализ индивидуальных заданий по теории вероятностей. // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 5. – С. 84-90.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ОСЕВОМ НАСОСЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Денисов М.В., Тельшев Д.В., Селищев С.В.

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»
denisov@bms.zone

Введение

Сердечная недостаточность является одной из основных причин смертности, как в России, так и за рубежом. Ежегодно в мире диагностируется около одного миллиона новых случаев сердечной недостаточности [1] и возможным решением данной проблемы является трансплантация сердца. Поскольку увеличение донорских сердец не представляется возможным в краткосрочной перспективе, широкое распространение, в последнее десятилетие, получили системы вспомогательного кровообращения (СВК), призванные заместить механическую функцию сердца по перекачиванию крови [2, 3]. Выживаемость пациентов с использованием СВК достигла 70% в течение первых двух лет после имплантации [4]. Основным компонентом СВК является миниатюрный, имплантируемый в грудную клетку пациента, насос, который забирает кровь из левого желудочка и выбрасывает ее в аорту, создавая при этом необходимое давление в кровеносной системе. Насосы, перекачивающие кровь, требуют тщательного исследования протекающих в них процессах. В связи с чем для исследования течения жидкости в насосах вспомогательного кровообращения наиболее рационально использование методов численного моделирования, так как они позволяют получить хорошие результаты без изготовления многочисленных дорогостоящих экспериментальных образцов и проведения натурных испытаний. Применение методов численного моделирования нашло широкое применение не только в различных областях промышленности, но и в исследовательских работах научного сообщества. Одним из передовых комплексов вычислительной гидродинамики является ANSYS Inc. (Southpointe 2600 ANSYS Drive Canonburg, PA 15317), обладающий широчайшими возможностями моделирования течения различных сред. Целью работы являлась выработка подхода к постановке задачи моделирования течения жидкости в осевом насосе вспомогательного кровообращения "Спутник" [5], а также получение расходно-напорной характеристики.

Материалы и методы

Для постановки задачи необходимо определить принципиальную расчетную схему, соответствующую конструкции исследуемого насоса. На рисунке 1 представлены элементы,

расположенные в проточной области. Насос состоит из четырех основных элементов: неподвижные проточная трубка, спрямляющий аппарат, диффузор и вращающийся импеллер.

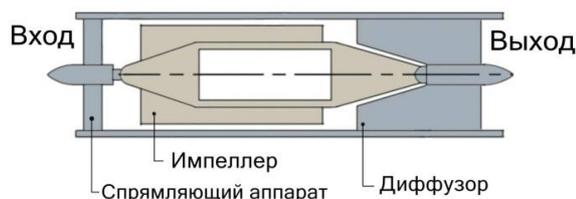


Рисунок 1 – Расчетная схема насоса

Подготовка расчетной области осуществлялась в специализированном генераторе сеток MESHING ANSYS V16.2 на основе трехмерных твердотельных моделей, построенных при помощи программного обеспечения Solid Works Premium 2010 SP5.0 рисунок 2.

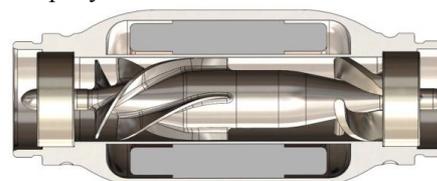


Рисунок 2 – Трехмерная твердотельная модель насоса АВК-Н "Спутник"

Для получения хорошей сходимости решения в итеративном процессе расчета и как следствие этого точных значений расчетных параметров необходимо использовать сетки, отвечающие требованиям по плотности ячеек и локализации необходимых сгущений. В связи с чем, для получения сетки, удовлетворяющей заданным условия сходимости, которые определялись как 0,3 % от каждого расчетного параметра, было сгенерировано несколько вариантов сеток с различными параметрами ячеек. На этих сетках проводились тестовые расчеты, по результатам которых оценивались точность и сходимость решения. В итоге была получена неструктурированная сетка с общим количеством ячеек порядка 3 млн., образованная семейством гексаэдров с характерным размером от 0,01 до 1 мм по объему расчетной области с учетом локальных сгущений, где величина размера ячеек находится в диапазоне от 0,00005 до 0,00015 мм, а в пристеночных зонах до 0,000001 мм. Моделирование течения жидкости в осевом насосе осуществлялось методом конечных объемов при использовании академического пакета FLUENT 16.2 ANSYS Inc. [6]. Расчет проходил на решателе,

основанном на распределении поля давления, а именно PRESSURE-BASED, так как в насосе предполагается дозвуковое течение несжимаемой жидкости. Тип расчета выбран как стационарный. Стационарный тип расчета является осредненным по физическим параметрам жидкости во времени. Для оценки расходно-напорных характеристик насоса, а также для общего понимания картины течения, такой подход является наиболее оптимальным. В качестве материала расчетной среды использовалась несжимаемая жидкость с плотностью 1000 кг/м^3 и вязкостью $0,0001003 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Для учета вращения сеточной зоны, в которой расположен импеллер, применялся метод вращающихся рамок (MFR). Внутри подвижной сеточной зоны физические параметры жидкости вычислялись относительно подвижной системе координат, которая вращается с той же скоростью, что и подвижная зона. В стационарной сеточной зоне вычисления велись относительно неподвижной системы координат. Расчет велся с учетом второго порядка дискретизации значений параметров. Конвергенцию решения оценивали по величинам давления на входе и массового расхода на выходе, в среднем устойчивая сходимость решения наблюдалась в течение 700 итерации расчетного процесса, что занимало порядка 24 часов на одну точку. В качестве граничных условий принимались статическое давление на выходном сечении насоса и массовый расход на входе. Турбулентность на границах расчетной области, т.е. на входе и выходе принималась при использовании турбулентности интенсивности в 5% и коэффициента турбулентной вязкости равного 10 с учетом использования модели турбулентности k-omega.

Результаты и выводы

В результате проведения численного моделирования были получены поля распределения давления и скорости по расчетной области, а также получены расходно-напорные характеристики в диапазоне объемного расхода от 0 до 8 л/мин для скоростей вращения от 5000 до 9000 об/мин. На рис. 3 представлен график расходно-напорных характеристик, на котором сравниваются результаты численного моделирования и натурных испытаний изготовленного макета "Спутник".

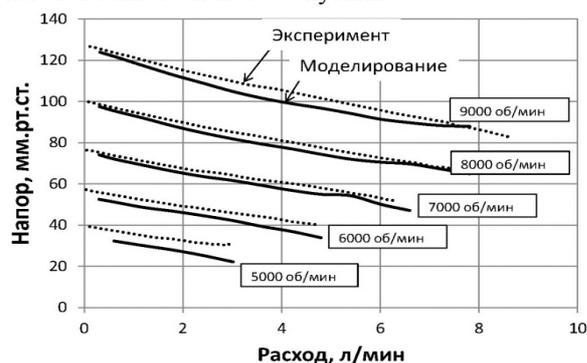


Рис. 3 – Расходно-напорные характеристики численного моделирования и натурального эксперимента.

Погрешность оценивалась по коэффициенту детерминации R^2 , который лежит в диапазоне от 0,88 до 0,92 для кривых, соответствующих диапазону скорости вращения 7000-9000 об/мин. Исходя из этого видно, что численное моделирование течения жидкости в осевом насосе вспомогательного кровообращения позволяет с высокой точностью оценить гидродинамические процессы в СВК, не прибегая к экспериментальным исследованиям.

Список использованных источников

1. Giridharan G.A et al. Miniaturization of Mechanical Circulatory Support Systems // Artificial Organs. 2012. Vol. 36, № 8. PP. 731–758.
2. Петухов Д.С., Селищев С.В., Телышев Д.В. Развитие аппаратов вспомогательного кровообращения левого желудочка сердца как наиболее эффективный способ лечения острой сердечной недостаточности // Медицинская техника. 2014. № 6, PP. 37-39.
3. Dembitsky W, Adamson R. Opportunities and challenges for LVAD therapy now and in the future. In: Kyo, S, ed. Ventricular assist devices in advanced-stage heart failure. Springer Japan 2014; 1-22.
4. Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. N Engl J Med. 2001;345(20):1435-1443
5. Sergej Selishchev, Dmitry Telyshev. Ventricular assist device Sputnik: description, technical features and characteristics. Trends in Biomaterials and Artificial Organs, 2015, Vol 29, No 3, Page 207-210
6. ANSYS, Inc. ANSYS Fluent Theory Guide, Release 16.2, 2015. Available at: https://support.ansys.com/portal/site/AnsysCustomerPortal/template.fss?file=/prod_docu/16.2/ANSYS%20Fluent%20Theory%20Gui

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОЙ АВТОРЕГРЕССИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Иващенко А.О.

Научный руководитель: Емельянова Т. В.

Томский государственный университет

annaivashchenko06@gmail.com

Введение

При исследовании моделей временных рядов, как правило, используют авторегрессионные модели различных порядков. Основной задачей при этом является идентификация параметров модели перед ее использованием. Рассматривается задача оценивания параметров модели устойчивой авторегрессии первого порядка (AR(1)), а также исследование качества полученных оценок. В практических задачах имеется ограниченное число шагов наблюдений, а измеряемый параметр часто является случайным процессом. В связи с этим успешно применяются последовательные подходы к оцениванию случайных процессов, использующих правило остановки. В работе предлагаются следующие процедуры оценивания: последовательное оценивание и усеченное последовательное оценивание.

Целью исследования является сравнение последовательной и усеченной последовательной процедур оценивания параметров модели устойчивой авторегрессии первого порядка (AR(1)).

Описание алгоритма

Рассматривается задача оценивания параметров процесса x_t , заданного стохастическим разностным уравнением

$$X_i = \lambda X_{i-1} + \sigma \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где $X_0 = 0, \varepsilon_i$ – независимые одинаково распределенные случайные величины.

$E\varepsilon_i = 0, \text{Var}\varepsilon_i = \sigma^2 < +\infty$.

Чаще всего для оценивания параметров модели AR(1) применяют метод наименьших квадратов (МНК) [1]. Можно рассмотреть процедуру оценивания по методу наименьших квадратов, в которой число наблюдений не фиксируется заранее. Процесс наблюдений останавливается в некоторый случайный момент времени, называемый моментом остановки [3]

$$t_A = \inf\{n \geq m_A: n \geq A^{\frac{1}{2}} \hat{\sigma}_n\}, \quad (2)$$

где $\hat{\sigma}_n = n^{-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{\lambda}_n X_{i-1})^2$ – оценка дисперсии по выборочным данным и m_A – заранее заданный объем выборки. Таким образом, последовательной оценкой параметра модели

авторегрессии первого порядка является оценка по МНК [4]

$$\hat{\lambda}_{t_A} = \sum_{i=1}^{t_A} \frac{X_i X_{i-1}}{X_{i-1}^2} \quad (3)$$

При решении практических задач может оказаться, что при заданном объеме выборки момент остановки не достигается. В этом случае используется усеченная последовательная процедура оценивания.

В общей процедуре оценивания определяются весовые функции [2]

$$w(n) = \begin{cases} 0, & 1 \leq n \leq m, \\ \chi[\sigma_m^2 > (\log m)^{-1}], & m < n \leq N \end{cases} \quad (4)$$

Длительность процедуры определяется правилом

$$\tau_N = \left\{ \inf \left\{ k \in [1, N]: \sum_{n=m+1}^k x_{n-1}^2 \geq H_N \right\} \right\},$$

$$\sum_{n=m+1}^N x_{n-1}^2 \geq H_N;$$

$$N, \sum_{n=m+1}^N x_{n-1}^2 < H_N, \quad (5)$$

где $H_N = h\sigma_m^2 N$ – пороговое значение.

Весовая функция имеет вид

$$\beta_n = \begin{cases} 1, & 1 \leq n < \tau_N, \\ 1, & n = \tau_N, \sum_{n=m+1}^N x_{n-1}^2 < H_N, \\ \alpha_N, & n = \tau_N, \sum_{n=m+1}^N x_{n-1}^2 \geq H_N, \end{cases}$$

где $\alpha_N = (H_N - \sum_{n=m+1}^{\tau_N-1} x_{n-1}^2) / x_{\tau_N-1}^2$.

Тогда усеченная последовательная оценка модели (1) имеет вид

$$\tilde{\lambda}_N = \frac{1}{H_N} \sum_{n=m+1}^{\tau_N} \beta_n x_n x_{n-1} \chi[\sum_{n=m+1}^N x_{n-1}^2 \geq H_N, \sigma_m^2 > (\log m)^{-1}] \quad (6)$$

Свойство усеченной последовательной оценки сформулировано в теореме [2].

Теорема: Пусть модель (1) устойчива, тогда усеченная последовательная оценка (6) удовлетворяет следующему неравенству

$$E_{\mu}(\tilde{\lambda}_N - \lambda)^2 \leq \frac{1}{Nh} + \varepsilon_N. \quad (7)$$

Проведено численное моделирование, в ходе которого установлено, что обе процедуры позволяют получить оценки с заданной среднеквадратической точностью. Моделирование проведено для случая гауссовских ошибок (ошибок из стандартного нормального распределения). Для определенности значение параметра λ приняли равным 0.1. $X_0 = 0$, $A = 400, 1000, 4000, m_A = 5$.

Результаты численного моделирования

Приведем результаты численного моделирования для последовательной процедуры оценивания.

На рисунке 1, иллюстрирующем изменение среднеквадратического отклонения в зависимости от цены наблюдений, можно заметить, что с увеличением цены наблюдений точность оценивания становится выше. Таким образом, повышается эффективность оценок.

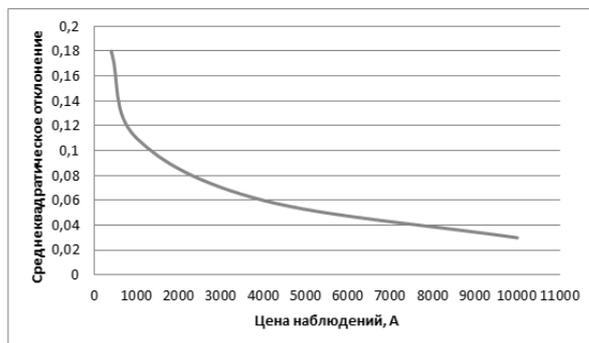


Рис. 1. Изменение среднеквадратического отклонения. Последовательное оценивание.

Приведем результаты численного моделирования для усеченной процедуры оценивания.

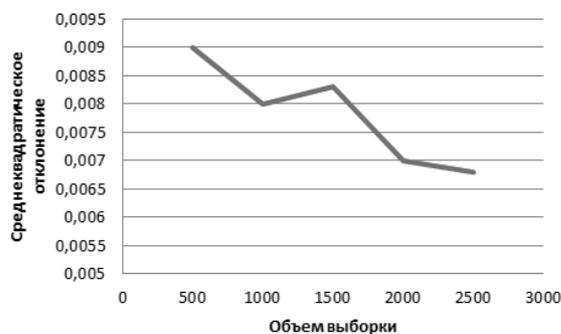


Рис. 2. Изменение среднеквадратического отклонения. Усеченное последовательное оценивание.

В случае усеченного последовательного оценивания замечаем аналогичный результат. Уменьшение среднеквадратического отклонения при увеличении объема выборки является подтверждением того предположения, что усеченная последовательная процедура оценивания также является эффективной.

Заключение

Результаты численного моделирования демонстрируют, что использование последовательной процедуры оценивания наряду с использованием усеченной последовательной процедуры оценивания, позволяет получить оценки с заданной среднеквадратической точностью. Это говорит об эффективности полученных оценок. Обе процедуры оценивания позволяют получить оценки с гарантированным качеством в среднеквадратическом смысле за конечное время.

Список использованных источников

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов: пер. с англ. / Т. Андерсон; под ред. Ю. К. Беляева – М.: Изд. Мир, 1976. – 755 с.
2. В.А. Васильев, Т.В. Догадова Гарантированное оценивание параметров стохастической линейной регрессии по выборке фиксированного размера, Вестник Томского государственного университета. – 2014. - №1(26). – с.39-52.
3. Sriram T. Sequential Estimation for Time Series Models / T.N.Sriram, R.Iaci // Sequential Analysis: Design Methods and Applications. – 2014. – V. 33. - P. 136-157.
4. Sriram T. Sequential Estimation of the autoregressive parameter in a first order autoregressive process / T.N.Sriram// Sequential Analysis: Design Methods and Applications. – 1988. – V. 7(1). – P. 53-74.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА СОВМЕСТНОГО ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шестаков В. В.

Научный руководитель: Степанов Д. Ю., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
e-mail: valeriy.shestakov@inbox.ru

Введение

Примером дискретных наблюдений, заданных большими объемами, являются разрезы и кубы данных 2D и 3D метода общей глубинной точки (МОГТ). Они проходят многочисленные этапы цифровой обработки, длительность которых, в зависимости от параметров наблюдений и сложности алгоритмов, варьируется от нескольких часов до нескольких дней. Сократить данные сроки можно путем оптимизации и распараллеливания процесса обработки.

В данной работе, осуществляется оценка эффективности распараллеливания алгоритма совместного геостатистического моделирования. В качестве критерия эффективности используется коэффициент ускорения, представляющий собой отношение времени работы реализаций последовательного и параллельного алгоритмов.

Алгоритм совместного геостатистического моделирования

Назначение исследуемого алгоритма – прогноз петрофизических свойств геологической среды (пористость, проницаемость, водонасыщенность и т. д.) методом совместной интерпретации данных наземной сейсморазведки и геофизических исследований скважин.

В основе алгоритма лежит уравнение Крайгинга, в соответствии с которым прогнозное значение петрофизического параметра, в заданной точке пространства может быть представлено в виде взвешенной суммы его известных значений [1]:

$$\hat{F}(x_0, y_0, t_0) = \sum_{i=1}^N w_i(x_0, y_0, t_0) f_i(t_0) \quad (1)$$

где $w_i(x_0, y_0, t_0)$ – весовой коэффициент i -й скважины; $f_i(t)$ – известные значения петрофизического параметра; $\hat{F}(x_0, y_0, t_0)$ – прогнозное значение петрофизического параметра; N – количество скважин.

Метод поиска численных значений весовых функций в выражении (1) сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида:

$$C(t_0) \cdot W^0(x_0, y_0, t_0) = C^0(x_0, y_0, t_0) \quad (2)$$

где $C(t_0)$ – матрица значений ковариограмм сейсмического атрибута в точках скважин; $C^0(t_0)$ – матрица значений ковариограмм сейсмического атрибута в точке прогноза. При фиксированных

x_0, y_0 решение СЛАУ последовательно ищется для каждого t , принадлежащего $[t_0, t_{max}]$. Общая схема алгоритма совместного геостатистического моделирования приведена на рисунке 1.

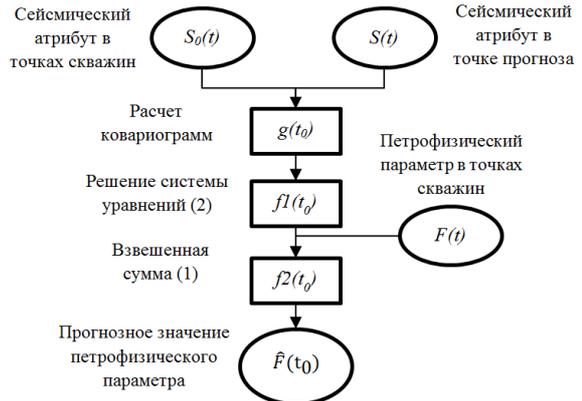


Рисунок 11. Общая схема последовательного алгоритма

Параллельный алгоритм совместного геостатистического моделирования

Идея параллельного алгоритма заключается в том, что при фиксированных x_0, y_0 , каждому отдельному потоку в соответствие ставится момент времени $t \in [t_0, t_{max}]$, для которого по аналогии с рисунком 1 осуществляется оценка петрофизического параметра.

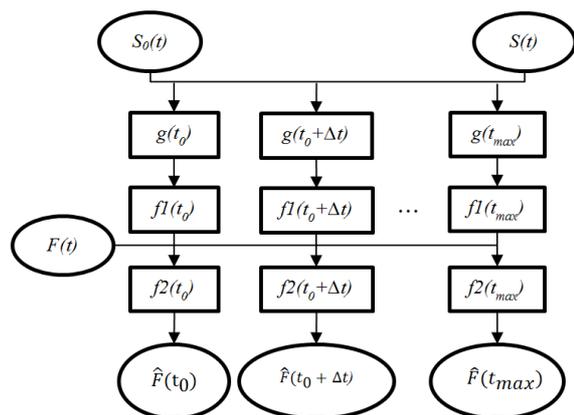


Рисунок 12. Общая схема параллельного алгоритма

Оценка эффективности параллельного алгоритма

Доля последовательных операций в разработанной программной реализации составляет примерно 15%. В неё входят операции

считывания и подготовки первичных данных, а также запись результата. Остальные 85% приходятся на параллельный алгоритм, схема которого изображена на рисунке 2. Согласно второму закону Амдала [2] предположительное минимальное время работы параллельного алгоритма можно рассчитать в виде:

$$T_p = \alpha T_1 + \frac{(1-\alpha)T_1}{p} \quad (3)$$

где T_1 – время работы последовательной реализации; α – доля последовательных операций в параллельном алгоритме; p – количество параллельных процессов.

При обработке данных наземной сейсморазведки, с общим объемом 1.6 Гб, и данных шести скважин (размерность СЛАУ - 7), время работы последовательного алгоритма составляет 8.75 минуты. Предполагая, что параллельная реализация будет запущена на восьми-ядерном процессоре, в соответствии с формулой (3) минимальное время работы составит:

$$T_p = 0.15 \cdot 8.75 + \frac{(1-0.15) \cdot 8.75}{8} = 2.24 [\text{мин}]$$

Максимальное ускорение распараллеливания соответственно равно:

$$S = \frac{8.75}{2.24} = 3.90$$

Влияние размера СЛАУ на загрузку центрального процессора и время работы алгоритма

На практике время работы распараллеленного алгоритма составило 3.25 минуты, а загрузка центрального процессора – 79%. Очевидно, что данные показатели будут варьироваться в зависимости от размера СЛАУ. Из рисунка 3 видно, что загрузка ЦП уменьшается при решении систем с малым числом уравнений.

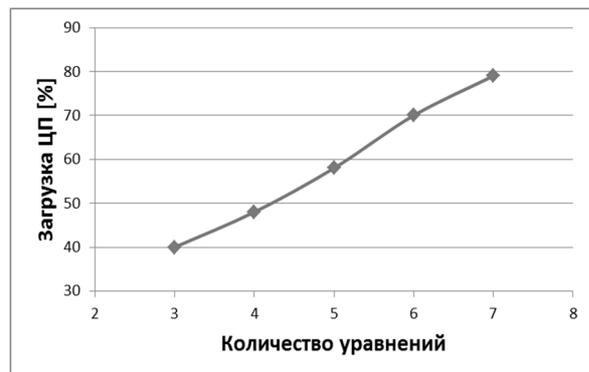


Рисунок 13. Зависимость загрузки ЦП от количества уравнений в системе

Из рисунка 4 можно судить, что с увеличением размера системы, коэффициент ускорения стремится к своему максимальному значению. Так, в случае системы с двенадцатью уравнениями, средняя загрузка ЦП равна 89%, время работы

последовательного алгоритма - 29.33 минуты, время работы параллельного алгоритма – 9.02 минуты, а коэффициент ускорения равен 3.25, что сопоставимо с теоретически максимальным ускорением, равным 3.90.

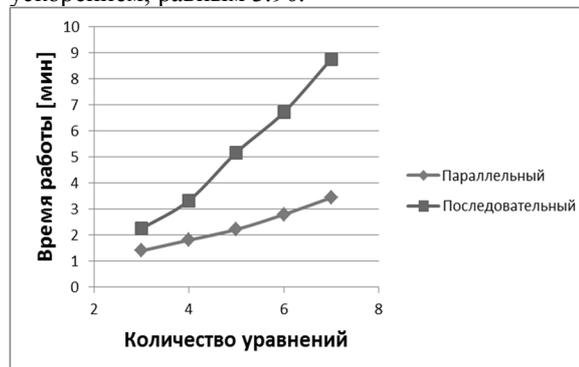


Рисунок 14. Зависимость времени работы алгоритма от количества уравнений

Заключение

Разработанный параллельный алгоритм оценки петрофизических параметров максимально эффективен при размерности СЛАУ более 10 (коэффициент ускорения в данном случае составляет 3.25 и более). В случае минимально допустимого размера СЛАУ, равного трем уравнениям, эффективность использования ресурсов ЦП резко падает (до 41%), однако, не смотря на это, эффект от распараллеливания положительный - коэффициент ускорения равен 1.61.

Литература

- Шестаков В.В., Степанов Д.Ю., Сысолятина Г.А. Построение трехмерных моделей параметров геологических сред // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной конференции, Томск, 23-26 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 87-91
- Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / Издательство Нижегородского государственного государственного университета - Нижний Новгород, 2003 г., 184 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО И ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ

Чернета Д.С.

Научный руководитель к.т.н.: Кацман Ю.Я.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики

e-mail: dimano1993@rambler.ru

Введение

Оценка равнозначности контрольно-измерительных материалов, используемых для оценивания знаний студентов, является актуальной задачей как для новых дисциплин, так и для тех, обучение по которым производится в течение ряда лет. Контрольно-измерительные материалы как правило представлены в нескольких вариантах, из-за чего возникает проблема их равнозначной сложности, что может усложнить оценку знаний студентов и ее объективность [1].

Обычно при анализе качества контролируемых материалов большое внимание уделяется обеспечению параллельности вариантов задания [2]. При этом, если применение современной теории тестов – Item Response Theory (IRT) [3] для оценки латентных факторов требует обеспечить для одного теста минимальную выборку от 200 до 1000 наблюдений, то классическая статистическая теория позволяет получить оценки параметров, ограничиваясь значительно меньшим количеством опытов.

Целью работы является изучение, анализ и исследование результатов экзамена по дискретной математике, используя кластерный и дисперсионный анализ.

Постановка задачи

По результатам проведенного экзамена можно было получить 40 баллов за выполнение 6 заданий. За первые 2 задание максимальный балл составляет 6 баллов, за оставшиеся 4 задания максимальный балл составляет 7 баллов. Всего экзамен был пройден 71 раз. Следовательно первоначальный объём выборки составляет $6 \cdot 71 = 426$ значений.

Проведение анализа

Для того, чтобы можно было сравнивать результаты, баллы были переведены в процентный вид, в результате чего за каждое задание стало начисляться от 0 до 100%.

Далее, из всех вариантов заданий были найдены одинаковые задания, которые находились в разных вариантах. Затем было найдено количество баллов, которые получили студенты за каждое задание. Для дальнейшего анализа были оставлены только те задания, на которые имелось не менее 4х ответов. После этого шага объём выборки составил 281 значение.

Предполагалось, что сложности вариантов равнозначны, в этом случае оценки студентов будут адекватны их знаниям, а не уровню сложности билетов. Для этого для каждого

варианта задания были рассчитаны точечные и интервальные оценки, что с учетом случайных факторов предполагало приблизительное равенство средних баллов и дисперсий для каждого варианта. Реальные оценки для каждого варианта представлены на рис. 1 в виде диаграмм рассеяния.

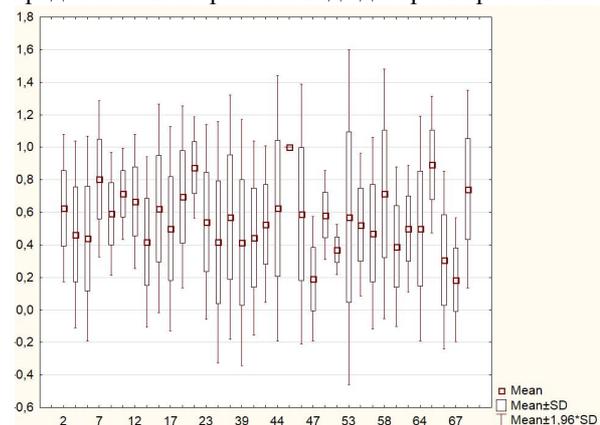


Рис. 1. Диаграммы рассеяния для различных вариантов заданий

Результаты наглядно свидетельствуют о неодинаковой сложности разных вариантов.

Далее было решено разделить задания на 3 кластера, при помощи метода к-средних, чтобы определить каждое задание по уровню сложности, как лёгкой, средней, либо высокой сложности. Для этого было найдено среднее арифметическое каждого вопроса и далее была произведена кластеризация.

После чего было выяснено, что кластер 1 состоит из вопросов средней сложности, в него попали вопросы: 2, 3, 8, 12, 14, 17, 23, 38, 43, 44, 46, 50, 53, 55, 56, 60, 64 вопросы.

Кластер 2 состоит из вопросов лёгкой сложности, в него попали вопросы: 7, 9, 18, 22, 45, 58, 65, 87 вопросы.

Кластер 3 состоит из вопросов высокой сложности, в него попали вопросы: 4, 13, 24, 39, 40, 47, 52, 59, 66, 67.

Далее было необходимо проверить 3 кластера на неоднородность, то есть принадлежат ли они к одному и тому же распределению или к разным. Для этого сформулируем нулевую гипотезу H_0 - исходные выборки однородны, соответственно гипотеза H_1 – выборки не однородны.

Для определения, принадлежат ли баллы из трёх кластеров одному и тому же распределению (Табл. 1) был использован ранговый критерий Краскела-Уоллиса.

Таблица 1. Результаты критерия Краскела-Уоллиса.

Depend.: Ball	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Ball (Voprosi bolshe 4 NEW) Independent (grouping) variable: Cluster Kruskal-Wallis test: H (2, N=278)=52.37230 p=,0000			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1	1	147	21091.00	143.4762
2	2	50	9945.00	198.9000
3	3	81	7745.00	95.6173

Нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.0000$. Поскольку заданный уровень значимости много больше $\alpha = 0.05$, то нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы H_1 – влияние фактора существенное, следовательно, баллы из трёх кластеров не принадлежат одному и тому же распределению.

Далее будем использовать критерий Манна – Уитни (Табл. 2, Табл. 3, Табл. 4).

Таблица 2. Результаты критерия Манна – Уитни для 1 и 2 кластеров.

Variable	Mann-Whitney U Test (Voprosi bolshe 4 NEW) By variable Cluster. Marked tests are significant at $p < .05000$				
	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value
Ball	12962	6541	2084	-4.567	0.000005
Variable	Valid N Group 1	Valid N Group 2	p-value		Z adjusted
Ball	147	50	0.000004		4.60304

Таблица 3. Результаты критерия Манна – Уитни для 1 и 3 кластеров.

Variable	Mann-Whitney U Test (Voprosi bolshe 4 NEW) By variable Cluster. Marked tests are significant at $p < .05000$				
	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value
Ball	19007	7099	3778	4.563	0.000005
Variable	Valid N Group 1	Valid N Group 2	p-value		Z adjusted
Ball	147	81	0.000004		4.5872

Таблица 4. Результаты критерия Манна – Уитни для 2 и 3 кластеров.

Variable	Mann-Whitney U Test (Voprosi bolshe 4 NEW) By variable Cluster. Marked tests are significant at $p < .05000$				
	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value
Ball	4679	3967	646	6.531	0.000000
Variable	Valid N Group 1	Valid N Group 2	p-value		Z adjusted
Ball	50	81	0.000000		4.5817

Во всех трёх тестах значение p -value < 0.05 , значит баллы из трёх кластеров не принадлежат одному распределению и верна гипотеза H_1 .

Так как предварительный ранговый однофакторный анализ подтвердил гипотезу о значимом влиянии фактора, попробуем оценить это влияние количественно в рамках дисперсионного анализа (Табл. 5).

Таблица 5. Результаты дисперсионного анализа

Variable	Analysis of Variance (Voprosi bolshe 4 NEW) Marked effects are significant at $p < .05000$			
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error
Ball	5.1478	2	2.5739	22.9265
Variable	df Error	MS Error	F	P
Ball	275	0.0833	30.874	0.000000

Статистика Фишера $F=30.87406$ незначимо отличается от единицы с вероятностью $p=0.000000$, что значительно меньше уровня значимости. Следовательно, нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы – влияние фактора существенно.

Выводы

В ходе выполнения работы из исходных данных, а именно из экзаменационных баллов студентов по дискретной математике, была получена информация для исследований, а именно таблица баллов студентов за каждый вопрос.

Далее, при использовании кластерного анализа, вопросы были разделены на 3 кластера, по уровню сложности, и к ним были применены критерии Краскела-Уоллиса, Манна – Уитни и однофакторный дисперсионный анализ которые показали, что 3 кластера неоднородны и принадлежат различным распределениям.

Заключение

Одним из главных параметров вариантов экзамена является их равнозначность. В проделанной работе показано, что даже для заданных, используемых в течение нескольких лет, задача обеспечения равнозначности вариантов является актуальной. Используемые в работе статистические методы позволяют решить эту задачу, что показано на примере контрольных заданий по дискретной математике.

Список использованных источников

1. Кацман Ю.Я. Статистический анализ индивидуальных заданий по теории вероятностей. // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 5. – С. 84-90.
2. Suen H.K., Lei P.W. Classical versus Generalizability theory of measurement. Available at: <http://suen.educ.psu.edu/~hsuen/pubs/Gtheory.pdf> (дата обращения 10.10.2016).
3. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Copenhagen: Danish Institute for Educational Research, 1960. 216 p.

ПРИМЕНЕНИЕ RESOURCE DESCRIPTION FRAMEWORK ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА В УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БАЗАХ ЗНАНИЙ

Кайда А.Ю., Цой В.Г., Черний А.В.
Томский политехнический университет
ayk13@tpu.ru

Введение

В эпоху бурного развития информационных технологий всё больше уделяется внимания «интеллектуальным» технологиям. Не исключением является и RDF (Resource Description Framework) в частности семантический поиск с использованием RDF.

Описание алгоритма

RDF (Resource Description Framework) – это модель описания связанных данных, которая позволяет технологии Семантического веба интерпретировать информацию, представленную в вебе. Модель RDF основана на идее, которая заключается в следующем: всё, что существует в мире (будь то физический предмет или абстрактное понятие), имеет определенные свойства, а любое свойство имеет конкретные значения. Следовательно, любая сущность может быть описана с помощью элементарных выражений, которые называют эти свойства и их значения. Основу модели RDF представляет трехчастное утверждение, или триплет вида: Субъект – Предикат (свойство) – Объект (значение свойства). Например, утверждение «Томский Политехнический Университет основан в 1896 году» в RDF-терминологии можно представить следующим образом: субъект – «Томский Политехнический Университет», предикат – «основан», объект – «в 1896 году». Такое выражение принято представлять в виде графа, в котором субъект и объект – это узлы, а предикат изображается дугой или иной соединительной линией, направленной от субъекта к объекту [1].

Строение триплета представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Поиск фрагмента сцены в видеофайле

Иными словами, все, что хранится в RDF, вся информация, является набором триплетов. При этом информацию нужно интерпретировать только при ее формализации приложением в RDF и чтением агентом на другом конце. Однако стоит заметить, что создание предикатов предусматривает осторожность при работе с моделью – использование только общепризнанных словарей, а также установление связей между сущностями, которые представляют собой один и тот же объект.

В отношении одного и того же субъекта могут быть составлены и другие выражения, определяющие другие его свойства. Например, утверждение Технический вуз «Томский Политехнический Университет», основанный в 1896 году в городе Томске, включает в себя девять институтов можно представить в виде набора триплетов:

- вуз – имеет статус – Технический,
- вуз – имеет название – Томский Политехнический Университет,
- вуз – основан в году – в 1896 году,
- вуз – основан в городе – в городе Томске,
- вуз – включает в себя – девять институтов.

Кроме того, объекты (или значения свойств) могут являться субъектами других выражений, образуя значительно более сложные схемы. Множество RDF-утверждений образует ориентированный граф, в котором вершинами являются субъекты и объекты, а рёбра помечены предикатами [2].

Пример такого ориентированного графа представлен на рисунке 2.

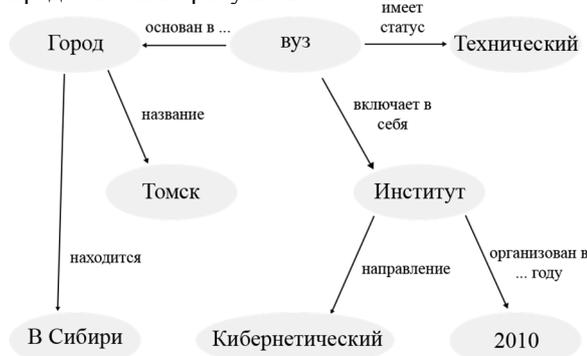


Рис. 2. Ориентированный граф, образованный множеством RDF-утверждений

Выражения в RDF должны быть составлены таким образом, чтобы они могли обрабатываться машинами. Для этого необходимы две вещи: система доступных машинной обработке уникальных идентификаторов для обозначения субъекта, предиката и объекта; доступный машинной обработке язык для представления выражений и обмена ими между машинами.

Стоит отметить, что данные могут быть независимыми от модели любого конкретного приложения, в котором они используются, т.е. набор фактов существует сам по себе. Можно осуществлять операции добавления, удаления,

делать запросы, интерпретировать, но они остаются логически независимыми.

Синтаксис RDF

Для публикации RDF-графов в вебе, их необходимо представить в последовательной, понятной для машин и пригодной для обмена данными форме. Для этого могут использоваться форматы, различающихся конкретным способом записи описания ресурса:

- RDF/XML – выражение графа RDF в виде документа XML;
- RDFa – запись внутри атрибутов произвольного HTML- или XHTML-документа;
- N3 (Notation 3) – краткий способ записи моделей RDF, компактнее и удобнее для чтения, чем XML-запись RDF.

Форматы RDF/XML и RDFa являются стандартом Консорциума W3C.

Семантический поиск

Семантический поиск – это метод информационного поиска, в котором релевантность документа запросу определяется семантически, а не синтаксически. Используя RDF-модель, прежде, чем рассмотреть задачи, с которыми легко справляется семантический поиск, рассмотрим самые сложные задачи. Существуют задачи, требующие продолжительного вычисления. Эти задачи не имеют ничего общего с пониманием семантики слова. На ранней стадии существования «Семантического Веба» считалось, что с его помощью возможно решить даже сверхсложные задачи, но это не так. Есть пределы того, что можно вычислить, и есть класс задач с огромным числом возможных решений, и на данный момент нет такой возможности решить эти задачи только представив информацию в RDF [3].

Но существуют такие задачи, с которыми Semantic Web справляется великолепно. Они решаются при помощи тематической базы данных. Нужно учесть, что семантические технологии помогают нам отыскать тематическую информацию, рассредоточенную по всей сети – следовательно нет ничего удивительного в том, что семантические поисковые системы превзойдут тематические запросы.

Рассмотрим пример-сравнение семантического поиска и поиска через знакомые всем поисковые системы. Мы можем ввести запрос «Список студентов Томского Политехнического Университета» и получить что угодно, но только не то, что требовалось в запросе в порядке релевантности. Во-первых, коренным отличием являются ссылки. Стандарт Semantic Web использует URI – универсальный идентификатор ресурса, в то время как поисковики указывают на

URL – местоположение ресурса. При этом URI может указывать и на URL. Поисковики ищут вхождения слов из запроса в тексте документов и возвращают документы, а не факты.

Но если система понимает, что нам нужны объекты «студент» субъекта «Томский Политехнический Университет», а формальные описания этих объектов будут доступны для индексирования в модели RDF (например, в форме записи RDFa на странице, чтобы поисковая машина могла их проиндексировать), будет получен набор искомых объектов.

С другой стороны, вполне обоснованно можно обратиться к привычному методу поиска, сделать несколько уточняющих запросов и найти всё, что нужно, что ставит под вопрос концепцию семантического поиска и RDF среди скептиков. Однако в ряде случаев предлагаемый вариант поиска, несомненно, гораздо эффективнее, удобнее и проще – избежать поиска среди множества документов с помощью построения сложных запросов [4].

Также у RDF-модели данных есть одно несомненное преимущество: при осуществлении семантического поиска, благодаря представлению данных в виде триплетов с набором некоторых свойств, можно получить выявленные «неявно» результаты поиска за счет образования новых связей между триплетами, заданных вручную [5].

Если говорить о том, как RDF обеспечивает семантический поиск, RDF-модель обеспечивает формальные описания. Там, где присутствует формальное описание, поисковый агент может искать факты и знания.

Список использованных источников

1. Tim Berners-Lee et al. Tabulator: Exploring and analyzing linked data on the semantic web. In Proceedings of the 3rd International Semantic Web User Interaction Workshop, 2006. [Электронный ресурс]. – URL: <http://swui.semanticweb.org/swui06/papers/Berners-Lee/Berners-Lee.pdf>.
2. Powers S. Practical RDF – O'Reilly Media, 2003. – 352 p.
3. Semantic Web Standarts. RDF – Resource Description Framework. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.w3.org/RDF/> (дата обращения 20.09.2016).
4. Hitzler P., Krötzch M., Rudolph S., Foundations of Semantic Web Technologies – FL.: Chapman & Hall/CRC, 2009. – 455 p.
5. SPARQL Query Language for RDF. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ

Фаерман В.А., Черемнов А.Г.
Томский Политехнический Университет
fcsevladfaerman@gmail.com

Непрерывное увеличение объёмов обрабатываемой информации и разработка новых методов обработки сигналов, отличающихся повышенными требованиями к вычислительным ресурсам компьютеров, приводят к развитию технологий вычислений и способствуют появлению подходов к эффективному использованию аппаратных ресурсов компьютера.

Основным вычислительным ресурсом современных персональных компьютеров являются центральные процессоры, производительность которых в первую очередь определяется их тактовой частотой [1]. В связи с этим, до недавнего времени, в качестве основного пути повышения быстродействия достигалось именно за счёт увеличения тактовой частоты. В тоже время, повышение частоты приводило к повышению энергопотребления и тепловыделения в вычислительном устройстве. Последнее, в свою очередь, устранялось путём уменьшения технологического процесса микросхем. Однако, в настоящее время в связи с принципиальными ограничениями дальнейшая миниатюризация не представляется возможной, поэтому всё большее значение приобретает увеличение быстродействия за счёт увеличения количества вычислительных ядер [2].

Вычисление функций когерентности сопровождается обработкой больших массивов данных, порядка 4 миллионов отсчётов, что накладывает дополнительные требования к вычислительной части при её использовании в режиме, близком к режиму реального времени. Предъявляются повышенные требования к времени выполнения программного обеспечения. В цифровой обработке сигналов функция когерентности (аналог взаимокорреляционной функции в частотной области) традиционно используется для выделения частотной полосы стационарного сигнала путём отображения степени линейной взаимосвязи между сигналами на различных частотах [2].

Функция когерентности определяется как частное взаимного спектра сигналов и корень из произведения их энергетических спектров:

$$\gamma(f_k) = \frac{|E(P_{AB}(f_k))|}{\sqrt{E(P_{AA}(f_k)) \cdot E(P_{BB}(f_k))}},$$

где $E(\cdot)$ - оператор усреднения, $P_{AA}(k)$ и $P_{BB}(k)$ - энергетические спектры сигналов s_A и s_B , $P_{AB}(k)$ - Энергетические спектры сигналов могут быть вычислены по следующим формулам:

$$P_{AA}(f_k) = F_D^*(s_A(i)) \cdot F_D(s_A(i)) = |F_D(s_A(i))|^2,$$

$$P_{BB}(f_k) = F_D^*(s_B(i)) \cdot F_D(s_B(i)) = |F_D(s_B(i))|^2$$

$$P_{AB}(f_k) = \sqrt{P_{AA}(k) \cdot P_{BB}(k)},$$

где F_D - прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ), F_D^* - комплексно-сопряжённое представление результатов прямого ДПФ.

В литературе [3] встречаются различные подходы к вычислению функции когерентности, отличающиеся способом усреднения значения в знаменателе. Наиболее распространённым в настоящее время является метод усреднения по Бартлетту [4], который можно привести к виду

$$\gamma^2(f_k) = \frac{\left| \sum_{q=0}^{Q-1} P_{AB_q}(f_k) \right|^2}{\sum_{q=0}^{Q-1} P_{AA_q}(f_k) \cdot \sum_{q=0}^{Q-1} P_{BB_q}(f_k)}.$$

С программной точки зрения алгоритм представим в виде основного цикла, который запускается с заданным количеством исполнений (по количеству окон, рассчитанному ранее). На каждой итерации цикла происходит отбор данных для образования окна нужной ширины. С окном производятся специальные манипуляции, такие как расчёт спектров в зависимости от рассчитываемых когерентных функций. Далее данные окна умножаются на соответствующие значения оконной функции. Путём накопления производится расчёт нужных усреднённых спектров, с целью оптимизации работы с памятью.

Использование функций когерентности требует выполнения значительного количества операций вычисления ДПФ. С целью повышения производительности вычислений в качестве алгоритма вычисления ДПФ выбран алгоритм вычисления быстрого преобразования Фурье (БПФ) Кули-Тьюки [4] с прореживанием по частоте с фиксированным основанием 2. Выбор этого алгоритма объясняется простотой его реализации, наглядностью и высокой степенью внутреннего параллелизма [5,6].

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты оценки быстродействия вычислений на Intel Core i7-4720 HQ.

Таблица 1. **Время выполнения программы для Intel Core i5-4120U**

Ширина окна	Размер выборки	T_s , с. Послед.	T_p , с. Паралл.
32768	524288	0,80457928	0,28703061
	1048576	1,51614394	0,53027460
	2097152	2,78362333	1,14019359
	4194304	5,12695822	2,24324965
65536	524288	0,75473047	0,29546225
	1048576	1,61795367	0,54134352
	2097152	2,72291506	1,16609220
	4194304	4,36228267	2,31716907
131072	524288	0,85269453	0,31004782
	1048576	1,73769563	0,60892330
	2097152	3,34658725	1,15567652
	4194304	6,54859115	2,37563113

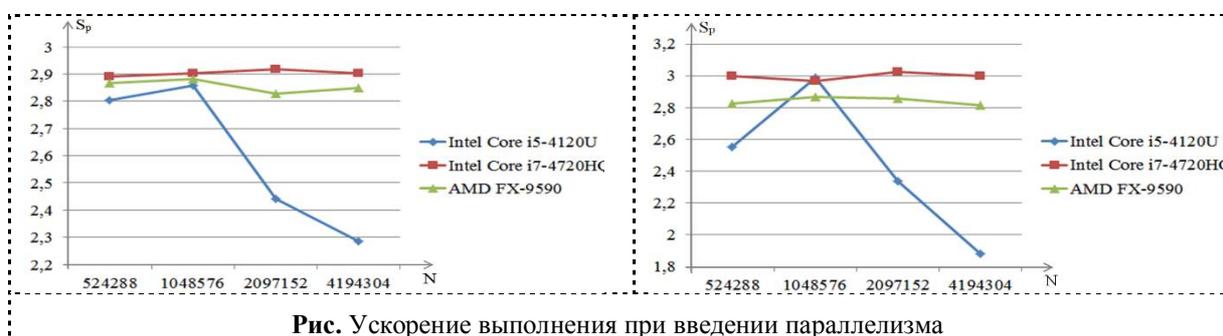


Рис. Ускорение выполнения при введении параллелизма

Зависимости параметра ускорения [7,8] от размера выборки при различных значениях ширины окна показаны на рисунке.

Значение ускорения при изменении размера исходной выборки меняется не значительно, что свидетельствует о хорошей масштабируемости программного решения.

Наиболее приемлемым, с точки зрения возможности реализации без резкого увеличения стоимости вычислительных средств, способом повышения эффективности использования аппаратных ресурсов при вычислении функции когерентности является введение параллелизма. В данном случае в роли вычислительной платформы выступает ПК с современным многоядерным ЦПУ.

Разработанное в ходе выполнения работы программное обеспечение прошло процедуру государственной регистрации в Российской Федерации и будет применено в составе программно-аппаратного комплекса для поиска утечек в трубопроводах корреляционным способом [9].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 16-37-00049 мол_а.

Литература

1. Люфт М. Диагностика агрегатов: быстро и легко – Blake G, Dreslinski R G and Mudge T 2009 A survey of multicore processors: a review of their common attributes *IEEE Signal Proc. Mag.* **26(6)** 26-37

2. Herlihy M 2007 The multicore revolution challenges for theory *Lect. Notes Comput. Sc.* **4855** 1-8

3. Shukla S K, Murthy C N S and Chande P K 2015 A survey of approaches used in parallel architectures and multi-core processors, for performance improvement *Advances in Intelligent Systems and Computing.* **1089** 537-545

4. Kim H and Bond R 2009 Multicore software technologies: a survey *IEEE Signal Proc. Mag.* **26(6)** 1-8

5. Carter C G 1987 Coherence and time-delay estimation *Proc. of IEEE* **75(2)** 236-255

6. Ionel R, Ionel S and Ignea A 2010 *Proc. of Int. Joint Conf. on Computational Cybernetics and Technical Informatics (Timisoara)* (IEEE: USA) 5491234

7. Avramchuk V S, Luneva E E and Cheremnov A G 2014 *Proc. of Int. Conf. on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems* (IEEE: USA) 6986858

8. Gupta A and Kumar V 1993 The Scalability of FFT on Parallel Computers *IEEE Parall. Distr.* **4(8)** 922-932

9. Аврамчук В. С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – №. 5. – С. 113–116.9

OPTIMAL INFORMATION SECURITY INVESTMENT IN MODERN SOCIAL NETWORKING

Kinash N., Berestneva O., Tikhomirov A., Trufanov A., Rossodivita A.
Irkutsk National Research Technical University
trufan@istu.edu

Introduction

In the current study, the modern social network compositions (SNC) include social networks (S – networks) per se, systems of information sharing (communication components, C- networks), and tool platforms providing the processes of sharing (P-networks). Generally each component of these socio-cyber systems has non-trivial characteristics to be in focus of many explorers. Following the concept of combined stem network [1], we suppose that actors from each of P-, C- and S- ensembles, integrated in triples - "bouquets". Just for this study there is no necessity to consider more than one layer case for the P, C and S networks. Thus such actors as a computer device, information resource, and individual comprise a bouquet of social network composition. Then, in graph G_q of q components of social network composition

$$G_q = (V_q, E_q),$$

where V_q – a set of nodes (vertices), E_q – a set of links (edges), and a set of V_q - includes all participants of information sharing processes in the component

$$q = \{S, I, P\}.$$

Formal models [2,3] have considered economic aspects of information security and have revealed features and importance of optimal investment into information security. Topological measures to mitigate system risks have been stated in [4]. Nevertheless, researchers have been faced so far by a number of the intricate problems in information security of social networking compositions.

Model of social networking security

Probabilistic nature of the processes that bring damages allows to define risk, R - the main security measure - as:

$$R = P \times \text{Damage},$$

where P - probability of the successful attack, Damage - damage caused by impact of an attack. As a classic attack on network structure is focused on removal of nodes which is result of coordinated threat, one has:

$$\mathcal{R} = P_{IN} \times P_{VN} \times (1 - P_{CN}) \times L_N$$

here P_{IN} , P_{VN} , $1 - P_{CN}$ corresponding probabilities of threat, vulnerability and overcoming of counter-measures, L_N – cost of topological damage, caused by attack on node set $N_a \in V$. In the proposed model, similar to [4], the attacks are revealed through the detailed description of triplets – threats, vulnerabilities and counter-measures for separate nodes. Within the research net

work structural losses L , are estimated by calculations of a portion g of the nodes which have been disconnected with giant cluster after successful attacks which were carried out against targets – nodes:

$$L = 1 - g$$

In case of emerging threats, with topological features close to real, the model gives means to investigate network system risks in more complex environment, if compare to traditional one. So, if follow [2], the probability of a successful attack will be connected with the investment in line with power and exponential expressions:

$$\mathcal{P}_{vi} = f^l(F_i) = 1 / (\mu F_i + 1)$$

$$\mathcal{P}_{vi} = f^u(F_i) = v^{(\mu F_i + 1)}$$

where v – is initial vulnerability, $P_{vi0} = v$ for $F_i = 0$, and μ - a coefficient which sets efficiency of financial means. In the study it was suggested that probability of a successful attack on node depends only on P_{vi} , which decreases exponentially with increasing of protection barrier "thickness" d . This thickness is connected with the value of expenses: $d_i \sim F_i$. In this case:

$$\mathcal{P}_{vi} = f^{dl}(F_i) = \exp(-\mu \times F_i)$$

Security level of a separate element of a network is defined by the value:

$$SL_i = (1 - P_i) = 1 - \exp(-\mu \times F_i)$$

$$F = \sum_n F_i$$

n - is power of a set V .

It seems reasonable to determine axiomatic parameter – security level of a network structure- by probability that any of elements won't be successfully attacked. If the probability to choose an attacked element i is $1/n$ then:

$$SL = 1 - \sum_n \mathcal{P}_i = 1 - [\sum_n \exp(-\mu \times F_i) / n]$$

A specialized generator of network in the Python programming language has been created for analyzing the network structure exposed to risks.

Results

In this paper we study some networks of P-, C- and S- character in the field of coordinated the most dangerous threats for complex networks [5] to understand their information security investment sensitivity. For this research we have concentrated our choice on the following real networks (see Table. 1): m is number of links, $\langle k \rangle$ - average connectivity of nodes, γ – degree in a power distribution of node connectivity. For the modeling research two protective strategies are considered

Table 1. Social networks (S), Communication networks (C), and networks of computer platform (P)

Type	Code	Name	n	m	$\langle k \rangle$	γ	Reference
P	CA	CAIDA	26,475	53,381	4.032	~ 2	[6]
P	AS	Route views	6,474	13,895	4.292	~ 2	[6]
C	HA	Haggle	274	28,244	206.1	1.5	[7]
S	FB	Facebook	63,731	817,035	25.64	~ 3	[8]
S	AP	Astro Physics	18,772	198,110	21.10	~ 3	[6]
S	JZ	Jazz musicians	198	2,742	27.70	5.3	[9]

Strategy 1. All the financing amount of counter-measures is uniformly distributed on nodes, i.e., in simple words, all nodes are protected equally:

$$F_i = F1_i = Const1 = 1/n$$

Strategy 2. In suggestion that the strategy of security governs distribution of financial resources between nodes, we have investigated reaction of the networks to threats for a case when investment into protection of nodes is proportional to their connectivities. The total volume of investment into protection is the same, as for Strategy 1:

$$F2_i(k_i) = Const2 \times k_i / \mu$$

$$\sum_{i=1}^{|P|} F1_i = \sum_{i=1}^{|P|} F2_i(k_i) = \varphi$$

It was supposed, as before, that the offensive party carries out the intentional successive choice of targets- nodes with maximum connectivity. P-components of social network compositions- computer networks CAIDA and Route views – both have properties of scale-free networks with power degree ~ 2 , and low value of average connectivity ~ 4 . We find that removal more than 1 % of nodes causes essential damage to these unprotected network structures. Dependences of loss L in real P- C-and S- networks countering to destruction of 10% nodes are presented in Figure 1a. Values of the necessary financial volumes of protection measures which are uniformly distributed among nodes (in $1/\mu$ units) to provide necessary network security level SL are manifested as well.

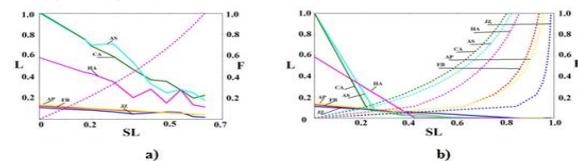


Figure 1. Loss of failures in network security (L, continuous line) and expenses on providing of protection counter-measures (F, dashed line) at different network security level (SL) according to Strategy 1 (a) and Strategy 2 (b) for the set of networks (Table 1)

Results of calculations confirm that intentional (coordinated) threats of SNC disintegration are especially dangerous concerning a computer component (CAIDA and Route views networks). Loss as functions of security level for social networks FB friendships, AP network and JZ has similar behavior. Communication network Haggle demonstrates its intermediate character. Estimations of topological loss and protection costs for the networks with 10% of nodes - targets due to distribution of protection investment proportional to node

degree (Strategy 2) are given on Figure 1b. The results indicate that the strategy with protection of nodes in proportional dependence on connectivity (i.e. $F_i \sim k_i$) is more effective, than the strategy with uniform distribution of investment. And it is clear as counter-measures reduce probability of inactivation of the nodes representing the main targets for the classical strategy of coordinated threats.

Conclusion

We show that among social networking components computer networks manifest their greatest sensitivities to the most dangerous –coordinated threats of disintegration. Also it is found that network security level with optimal investment does not exceed $0.4 \sim 1/e$ for both strategies of network protection.

References

1. Barabási A-L, Albert R., Jeong H. Mean-field theory for scale-free random networks. // Physica A. – 1999. – no. 272. – P. 173–187.
2. Gordon L., Loeb M. The Economics of Information Security Investment. // ACM Transactions on Information and System Security. – 2002. – no. 4. – P. 438–457.
3. Huang D., Behara R., Goo J. Optimal Information Security Investment in a Healthcare Information Exchange: An Economic Analysis. // Decision Support Systems. – 2014. – no. 61. – P. 1–11.
4. Helbing D. Globally networked risks and how to respond. // Nature. – 2013. – no. 497. – P. 51–59.
5. Plum M.M., Gertman D.I. Novel threat-risk index using probabilistic risk assessment and human reliability analysis // Report No. INEEL/EXT-03-01117, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. – 2004. – P. 39.
6. Leskovec J., Kleinberg J., Faloutsos C. Graph Evolution: Densification and Shrinking Diameters // ACM Trans. Knowledge Discovery from Data. – 2007. – no. 1. – P. 1–40.
7. Chaintreau A., Hui P., Crowcroft J. Impact of human mobility on opportunistic forwarding algorithms // IEEE Trans. on Mobile Computing. – 2007. – no. 6. – P. 606–620.
8. Viswanath B., Mislove A. On the evolution of user interaction in facebook // WOSN'09 Proc. Workshop on Online Social Networks. – 2009. – P. 6.
9. Gleiser P., Danon L. Community Structure in Jazz // Advances in Complex Systems. – 2003. – no. 4. – P. 565–573.

СЕКЦИЯ 3
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

РЕАЛИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫМ МАТРИЧНЫМ ДИСПЛЕЕМ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Марукян В.М., Пушкарев М.И.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
vano15.94@mail.ru

Введение

Бурное развитие новых технологий делает их неотъемлемым элементом разнообразных сфер деятельности современного общества, начиная с начального образования и заканчивая изучением и решением комплексных проблем в различных областях науки.

Так, например, предложенный в 1960-х годах первый светодиод, излучавший только красное свечение, на сегодняшний день имеет обширную цветовую гамму и применяется в сверхъярких прожекторах, автомобильных фарах, гибких самоклеящихся лентах и бытовых и промышленных лампах.

Одним из распространенных устройств, реализованных на светодиодах, является светодиодное табло, которые быстро вошли в повседневную жизнь человека. В первую очередь, благодаря коммерческому использованию. Также, светодиодные табло нашли применение во многих других отраслях жизнедеятельности людей:

- промышленные предприятия (оповещение рабочего персонала);
- учреждения здравоохранения: демонстрация информации и предупреждений от МЧС, состава и загрязненности воздуха, величины радиационного фона, различной информации об учреждении (часы приема врачей, стоимость услуг, новости), информации от администрации района;
- школы: демонстрация информации и предупреждений от МЧС, состава и загрязненности воздуха, величины радиационного фона, различной информации об учреждении (школьные новости, изменения в расписании занятий, информация для родителей);
- производственные фирмы;
- транспортная отрасль: визуализация расписания транспорта.

В отличие от других технологий, светодиодные дисплеи обладают следующими преимуществами: высокая яркость; возможность сборки дисплея больших размеров; произвольное соотношение высоты/ширины; возможность уличного круглогодичного использования; высокая ремонтопригодность (поломка части дисплея не ведёт к его неработоспособности в целом); отсутствие ультрафиолетового излучения; отсутствие токсичных материалов в конструкции.

Однако им также присущи и некоторые недостатки, к которым можно отнести: большой размер зерна у дисплея; низкое разрешение дисплея; большой вес; сложность самостоятельной сборки; высокая стоимость[1].

Светодиодные табло являются современными инструментами оповещения населения и визуализации информации, которые могут быть использованы в различных областях и сферах жизнедеятельности человека.

Светодиодные экраны получают всё большее распространение, а именно, чаще наблюдается их использование в целях рекламы на улицах крупных городов или в качестве информационных экранов и дорожных знаков. В частности, светодиодные дисплеи можно использовать для трансляций спортивных соревнований, концертов и парадов, что особенно актуально для тематических заведений. В действительности, светодиодные табло сочетают в себе все основные преимущества существующих визуальных технологий.

Реализация светодиодного табло

На основании проведенного обзора существующих аналогов светодиодных матричных дисплеев был выявлен ряд недостатков:(высокая цена; сложности при эксплуатации). В связи с этим, появилась необходимость проектирования и реализации управления светодиодным матричным дисплеем посредством контроллера Arduino Uno и написание для него оригинального ПО. Разработанное ПО должно обеспечивать реализацию следующих функций:

1. взаимодействие пользователя с компьютером;
2. выдача управляющих сигналов с компьютера на светодиодное табло и их обработка.

Для решения первой и, частично, второй задачи необходимо разработать интерфейс взаимодействия пользователя с компьютером. Данный интерфейс должен обладать следующими функциями:

- ввод текста;
- выбор шрифта;
- регулирование скорости движения текста.

Для проектирования светодиодного матричного табло необходимы следующие составные элементы:

- контроллер Arduino Uno;
- светодиодный матричный дисплей;
- соединительные провода Male-Male(8 шт.);
- источник питания 5В;
- соединительный шлейф;
- USB кабель.

Схема подключения светодиодного матричного табло представлена на рисунке 1.

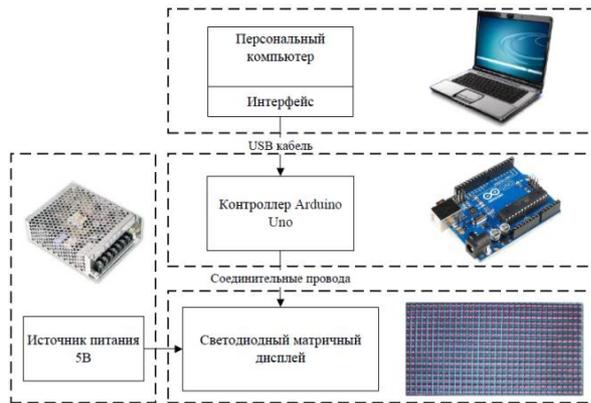


Рис. 1. Схема подключения светодиода матричного табло

Управление светодиодным табло

Для функционирования светодиода матричного табло необходимо подключить контроллер Arduino Uno к светодиодному дисплею. Затем, необходимо загрузить в контроллер разработанное ПО. После разработки и загрузки в контроллер ПО, необходимо подключить к дисплею источник питания. Для передачи текста используется интерфейс, разработанный на языке Microsoft Visual C#. Пользователь персонального компьютера передает данные через интерфейс, которые принимаются контроллером и, после обработки, передаются в светодиодный дисплей.

Питание на светодиодное табло может подаваться как с контроллера Arduino Uno, так и с источника питания. Однако при подаче питания от источника питания светодиодное табло светится наиболее ярко, а информация выводится наиболее качественно. В данной схеме на рисунке 1 питание осуществляется источником питания Mean Well T-40C с выходным напряжением 5 В.

После успешного подключения необходимо загрузить в светодиодный дисплей программу (скетч) с контроллера. Для написания программы управления светодиодным дисплеем использованы следующие библиотеки: <SPI.h>, <DMD.h>, <TimerOne.h>. Также, в программе использованы разработанные библиотеки шрифтов: Arial_Black_16.h, SystemRus5x7.h.

Для наиболее упрощенного ввода информации в табло был разработан пользовательский графический интерфейс (GUI), взаимодействующий с пользователем и контроллером. Информация вводится пользователем и передается в контроллер Arduino Uno. Связь между пользователем и контроллером осуществляется через USB кабель. В программе данная связь осуществляется через набор функций «Serial». Данный набор служит для связи устройства Arduino с компьютером или другими устройствами, поддерживающими последовательный интерфейс обмена данными[2]. Внешний вид разработанного пользовательского графического интерфейса представлен на рис. 2.

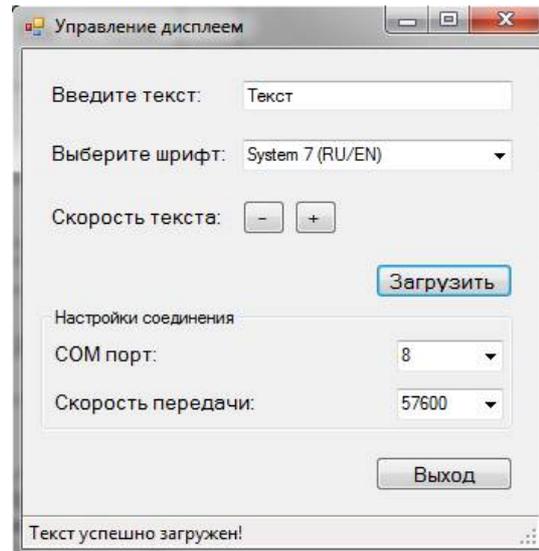


Рис.2. Внешний вид пользовательского графического интерфейса

Данный интерфейс обеспечивает:

- передачу введенного текста в формате UTF8 в контроллер;
- выбор шрифта текста;
- настройки соединения (COM порт и скорость передачи);
- вывод событий в строку состояния.

Пользовательский интерфейс реализован на языке C# и служит для упрощенного ввода информации на табло пользователем.

Заключение

Разработанное программное обеспечение отлажено, загружено в контроллер и корректно функционирует наряду с разработанным пользовательским графическим интерфейсом. Значимость данной разработки заключается в том, что спроектированное светодиодное табло является законченным продуктом и может решать широкий спектр задач в области визуализации информации.

Список использованных источников

1. Светодиод, история развития, интересные факты, перспективы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://svetlix.ru/articles/about_led, свободный (Дата обращения: 11.10.2016 г.).
2. Arduino Uno. [Электронный ресурс] / Arduino Uno | Аппаратная платформа – режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>, свободный (Дата обращения: 15.10.2016 г.).

СПОСОБ АППРОКСИМАЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ РЕГУЛЯТОРОВ САУ

Берчук Д.Ю., Тхан В.З.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
dungvietthan@gmail.com

Введение

В технологических производствах часто встречаются процессы, имеющие транспортное запаздывание. В большинстве случаев они наблюдаются при регулировании температуры. Так, например, выходная величина, характеризующая процесс нагрева гранул полимерного материала в шнеке экструдера при производстве пластиковой нити, имеет транспортное запаздывание в несколько минут.

Объекты с запаздыванием являются наиболее сложными в настройке, так как оказывают существенное влияние на устойчивость и качество процесса управления системой. При синтезе объектов управления часто возникает проблема формирования звена запаздывания в передаточной функции объекта, а для того чтобы оценивать показатели синтеза нужна аппроксимация звена запаздывания в дробно рациональной форме. Для решения этой задачи большинство используют метод на основе разложения в ряд Паде или ряд Тейлора.

Цель этой статьи - рассмотреть способ аппроксимации на основе вещественного интерполяционного метода.

Постановка задачи

При наличии звена чистого запаздывания в объекте управления сложно оценить показатели управления системы, так как в передаточной функции замкнутой системы будет звено запаздывания в числителе и/или в знаменателе.

Для устранения этого недостатка часто требуется решение дополнительных задач, например, замена звена запаздывания на ряд Паде, Тейлора и другие. Это замена является не точной, и может приводить к большим погрешностям в результате синтеза. Важно задачей является нахождение других способов, которые смогут обеспечить меньшую погрешность.

В статье предложен вещественный интерполяционный метод, который обеспечивает точное решение при замене звена запаздывания и упрощает уравнение синтеза, что в конечном итоге приводит к меньшим вычислениям.

Выбор метода и решение

В данной статье предложен метод аппроксимации на основе вещественного интерполяционного метода.

Метод ВИМ базируется на вещественном интегральном преобразовании

$$F(\delta) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t} dt, \delta \in [C, \infty), C \geq 0, \quad (1)$$

которое ставит в соответствие оригиналу $f(t)$ изображение $F(\delta)$ в виде функции вещественной переменной δ . Формулу прямого преобразования (1) можно рассматривать как частный случай прямого преобразования Лапласа при замене комплексной переменной $p = \delta + j\omega$ на вещественную δ . Еще один шаг, направленный на развитие инструментария метода, - переход от непрерывных функций $F(\delta)$ к их дискретным аналогам с целью применения средств вычислительной техники и численных методов. Для этих целей в ВИМ введены численные характеристики $\{F(\delta_i)\}_n$. Их получают как совокупность значений функции $F(\delta)$ в узлах $\delta_i = 1, 2, \dots, n$.

Расчетный пример

Задан объект управления с передаточной функцией, учитывающей звено запаздывания в виде:

$$W_o(p) = \frac{39.2}{1467p + 1} \cdot e^{-6000t}$$

В результате использования метода ВИМ и на основе разложения ряд Паде были получены передаточные функции звена запаздывания в дробно рациональном виде:

- на основе метода ВИМ [3]:

$$e^{-6000p} \approx \frac{-1778p + 1}{7.644 \cdot 10^6 p^2 + 4214p + 1},$$

- на основе разложения в ряд Паде [4]:

$$e^{-6000p} \approx \frac{3 \cdot 10^6 p^2 - 3000p + 1}{3 \cdot 10^6 p^2 + 3000p + 1}.$$

Для оценки качества результатов аппроксимации перейдем к задаче синтеза одного контура управления. Будем полагать, что известны желаемые показатели синтеза контура и необходимо определить параметры регулятора, обеспечивающие в синтезированной САУ следующие показатели:

- перерегулирование $\sigma_3 = 5\%$;

- время регулирования $t_p^{\text{эс}}$ минимальное.

Идея задачи синтеза заключается в составлении и решении уравнения синтеза [3]

$$W_{\text{эс}}(p) = \frac{W_p(p) \cdot W_o(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_o(p) \cdot k_{\text{эс}}} \quad (2)$$

Уравнение сформировано на основе равенства желаемой передаточной функции контура управления $W_{ж}(p)$ и модели синтезируемого контура, представленной в правой части (2). В реальных ситуациях нет возможности добиться точного равенства левой и правой части выражения (2), поэтому приходится искать приближительное решение [3].

На основе вещественного интерполяционного метода найдем решение по уравнению синтеза в простом виде

$$W_c(p) \approx W_p(p) \cdot W_o(p) \quad (3)$$

На основе метода Коновалова-Оурка была получена передаточная функция замкнутого контура в виде:

$$W_{ж}^3(p) = \frac{1.45 \cdot 10^6 p + 210}{8.56 \cdot 10^7 p^2 + 13837p + 1}$$

При коэффициенте обратной связи $k_{oc} = 0.001$ получена передаточная функция разомкнутого контура в виде:

$$W_{ж}^p(p) = \frac{1.45 \cdot 10^6 p + 210}{8.56 \cdot 10^7 p^2 + 12387p + 0.79}$$

Уравнение синтеза можно записать в простом виде [3]:

$$W_{\text{синтез}}^p(p) \approx W_p(p) \cdot W_{нч}(p)$$

На основе методики, которая описана в [3] была получена синтезируемая передаточная функция, и графики переходных процессов. Для оценки полученных результатов были построены графики переходных процессов желаемой и синтезируемой функции замкнутого контура на основе аппроксимации по ВИМ и по Паде. Графики представлены на рисунке 2

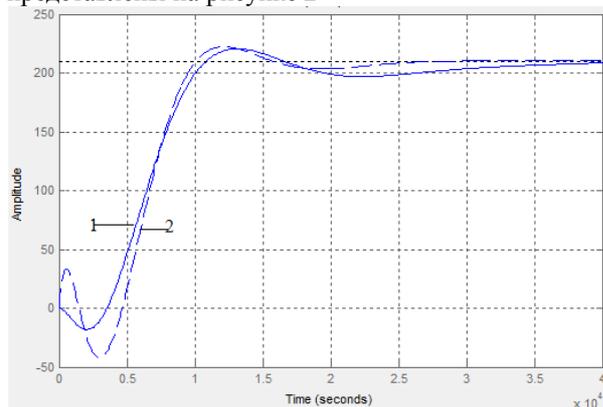


Рисунок 2. Графики переходных процессов желаемой (1) по ВИМ и синтезируемой (2) по Паде замкнутого контура

На графике видно, что требуемые показатели были достигнуты.

Заключение

При сравнении двух методов аппроксимации, явное преимущество в точности достигается использованием ВИМ. Также метод ВИМ проще алгоритмируется для использования в ЭВМ. Таким образом, использование метода рекомендуется для решения задач синтеза, где в структурную схему системы управления входит звено с чистым запаздыванием.

Список литературы

1. Раувендааль Крис Экструзия полимеров: пер. с англ. / К. Раувендааль; П. Дж. Грэмман; Б. А. Дэвис; Т. А. Освальд, - СПб.: Профессия, 2006, - 768 с.; ил., - Hanser, - Библиогр.: с, 751-754, - Алфавитно-предметный указатель: с, 755-762., - ISBN 5-93913-102-6.
2. Пупков К.А., Егупов Н.Д., Методы классической и современной теории автоматического управления, Синтез регуляторов систем автоматического управления, Том 3.
3. Goncharov V.I., Aleksandrov I.A., Rudnitsky V.A., Liepinsh A.V. Real Interpolation Method for Automatic Control Problem Solution. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014.
4. О.Л. Ибряева, новый алгоритм вычисления аппроксимаций Паде и его реализация в Matlab // Вестник ЮУрГУ, Серия: «Математическое моделирование и программирование». - №37 (254), вып. 10, 2011- С. 99-107.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО СТЕНДА ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Газизов А.Т., Селивёрстов П.А.
Научный руководитель: Тутов И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
paulseliverstov@gmail.com

Введение

Регуляторы используются в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса [1]. Данные параметры влияют на скорость выхода системы на установившийся режим, а также на перерегулирование. Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор является наиболее распространенным регулятором. К причинам такой популярности относятся простота построения и промышленного использования; невысокая стоимость; высокая эффективность в решении практических задач [2]. Однако, универсальный метод настройки ПИД-регуляторов отсутствует. Моделирование зачастую не учитывает особенности реальных режимов работы. Таким образом, для студентов профильных специальностей является важным изучение и приобретение навыков работы с ПИД-регуляторами на реальной элементной базе до столкновения с такими задачами на производстве. В связи с этим предлагается разработка учебного стенда для изучения ПИД-регулятора. Первый опытный образец будет проектироваться на дискретных элементах.

Также необходимым свойством данного стенда является возможность регулирования значений пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора в режиме реального времени. Таким образом, стенд состоит из следующих частей: объекта управления (ОУ), охваченного обратной связью, источника задающего воздействия и ПИД-регулятора (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема разрабатываемой системы.

Синтез передаточной функции ОУ

Начнем с синтеза передаточной функции (ПФ) ОУ. Основное требование – близость к реальным ОУ, используемым в промышленности. Как правило, большинство промышленных ОУ с достаточной точностью описываются ПФ второго порядка [3]. Однако сложности вызывает реальная настройка регуляторов, управляющих ОУ, ПФ которых является выше второго порядка, что не редко встречается на практике. Исходя из этого

выбрано устойчивое звено 3-го порядка. ПФ ОУ стенда имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1}, \quad (1)$$

где s – комплексная переменная, a_3 , a_2 , a_1 – коэффициенты, характеризующие переходный процесс. Переходный процесс ОУ для демонстрации его последующего регулирования должен характеризоваться высокой колебательностью (перерегулирование $\sigma=50-80\%$). Выбранное время переходного процесса $t_{пп} = 40$ мс. Значения коэффициентов в уравнении (1) выбираются по алгоритму [4], который обеспечит соответствие требуемым значениям $t_{пп}$ и σ . Для этого коэффициенты a_2 и a_1 принимаются равными:

$$a_2 = T^2; \quad a_1 = 2\delta T, \quad (2)$$

где δ – декремент затухания, T – постоянная времени. Так как переходный процесс является колебательным при $\delta < 0,5$, берется несколько значений: $\delta_1=0,1$; $\delta_2=0,2$; $\delta_3=0,3$, откуда, по равенству находятся $T_i = (\delta_i t_{пп})/3$ и для каждого случая определяются коэффициенты a_1 и a_2 по (2). Коэффициент a_3 будет подбираться по условию $a_3 < a_2 a_1$, которое для практических целей, используется для выявления устойчивых систем [2]. Найдем a_3 по формуле: $a_3 = a_2 a_1 / 10$.

Теперь для значений δ приведем три ПФ с коэффициентами, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты ПФ

ПФ\Параметр	δ	a_3	a_2	a_1
W_1	0,1	$4,74 \cdot 10^{-11}$	$1,78 \cdot 10^{-6}$	$2,67 \cdot 10^{-4}$
W_2	0,2	$7,58 \cdot 10^{-10}$	$7,11 \cdot 10^{-6}$	$1,067 \cdot 10^{-3}$
W_3	0,3	$3,84 \cdot 10^{-9}$	$16 \cdot 10^{-6}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$

Следующим этапом получим переходные характеристики для всех полученных ПФ в пакете MATLAB&Simulink (рис. 2). Из рис. 2 видно, что время переходного процесса $t_{пп} \approx 40$ мс, и перерегулирование не превышает 80%. Выбирается ПФ, имеющая наибольшую степень колебательности, как было оговорено ранее.

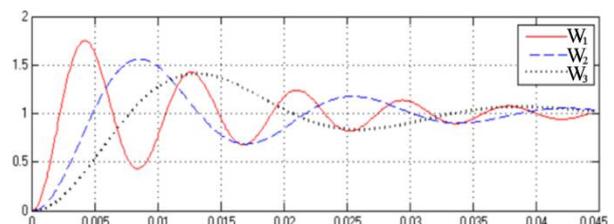


Рис. 2. Переходные характеристики ПФ при $\delta=0.1$ (—); $\delta=0.2$ (- -); $\delta=0.3$ (···).

Выбранная ПФ имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{4.74 \cdot 10^{-11} s^3 + 1.78 \cdot 10^{-6} s^2 + 2.67 \cdot 10^{-7} s + 1} \quad (3)$$

Синтез схемы объекта управления

Для реализации ПФ (3) на дискретных элементах и операционных усилителях разложим выражение (3) на сомножители первого и второго порядков:

$$W(s) = \frac{1}{2.676 \cdot 10^{-5} s + 1} \cdot \frac{1}{1.771 \cdot 10^{-6} s^2 + 2.399 \cdot 10^{-4} s + 1} = W_1(s) \cdot W_2(s) \quad (4)$$

ПФ каждого сомножителя можно воплотить в отдельности каскадами первого и второго порядков соответственно. Каскад первого порядка является апериодическим звеном первого порядка на операционном усилителе.

Параметры элементов получаются в соответствии со следующей формулой:

$$W_1(s) = \frac{1}{R_1 C_1 s + 1} \equiv \frac{1}{2.676 \cdot 10^{-5} s + 1}$$

Задаем $C_1 = 1$ нФ и вычисляем значение $R_1 = 2,7 \cdot 10^{-5} / C_1 = 27$ кОм.

Каскад второго порядка – это фильтр Баттерворта с топологией Саллена-Кея [5].

Параметры элементов получаются в соответствии со следующей формулой:

$$W_2(s) = \frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3 s^2 + C_3 (R_2 + R_3) s + 1} \equiv \frac{1}{1.771 \cdot 10^{-6} s^2 + 2.399 \cdot 10^{-4} s + 1}$$

Задаем $R_2 = R_3 = 250$ кОм, находим значения конденсаторов $C_2 = 0.48$ нФ, $C_3 = 60$ нФ. Суммируя все выше сказанное, получаем принципиальную схему ОУ (рис. 3). Параметры элементов при реальной сборке стенда сводятся к номиналам из стандартных рядов значений компонентов, выпускаемых промышленностью серийно.

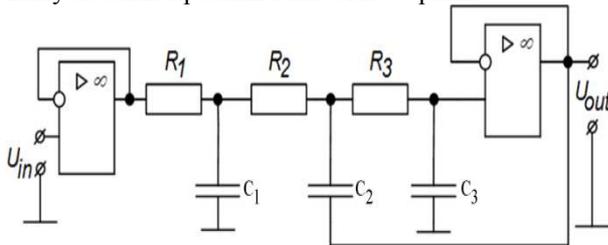


Рис. 3. Принципиальная схема ОУ.

Синтез схемы ПИД-регулятора

Так как основное свойство стенда заключается в возможности наблюдать изменение переходной характеристики ОУ в зависимости от значений всех составляющих ПИД-регулятора, необходимо синтезировать ПИД-регулятор на отдельных звеньях, соответствующих трем составляющим, выходные сигналы которых просуммируем. Каждое звено должно иметь в себе элемент, который будет давать возможность изменения соответствующей составляющей ПИД-регулятора. Предложенная схема ПИД-регулятора представлена на рис. 4. Все звенья ПИД-регулятора в отдельности, также как и усиливающий сумматор

собраны на операционных усилителях. Настройку параметров ПИД-регулятора в режиме реального времени будем производить по средством переменных сопротивлений соответствующих звеньев.

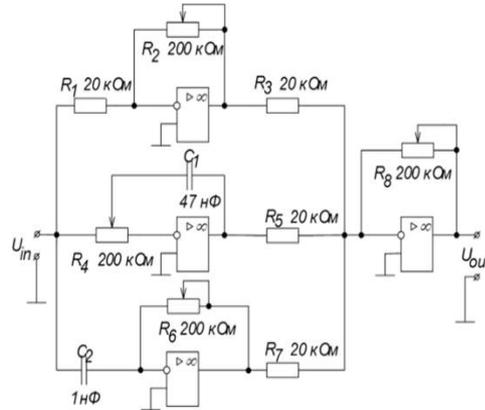


Рис. 4. Принципиальная схема ПИД-регулятора.

Заключение

В данной работе предложено создание стенда настройки ПИД-регулятора, приведены необходимые аргументы в пользу создания подобного рода стенда. Приведена общая блок-схема стенда. Предоставлены требования к ПФ ОУ, а также процесс получения желаемой ПФ. Приведены этапы разработки таких составных частей стенда, как ОУ и ПИД-регулятор. Результаты тестирования схемы ОУ, а также всей системы с ПИД-регулятором, показывают, что система является работоспособной [6]. Таким образом, работа с предложенным стендом образцами профильных специальностей значительно улучшить навыки реальной настройки ПИД – регулятора.

Литература

1. Малышенко А.М. Математические основы теории систем. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. – 334 с.
2. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия– Телеком, 2013 – 608 с.
3. Пякиля Б.И. Идентификация математической модели робототехнической системы // Математические структуры и моделирование. 2014. № 4 (32). С. 100-104.
4. Экспресс-анализ САР по ее передаточной функции // Сайт о моделировании систем и явлений URL: http://model.exponenta.ru/bt/bt_00111.html (дата обращения: 15.10.2016).
5. Основы теории цепей: Учебник для вузов / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Нетушил, С. В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
6. А.Т. Газизов, И.А. Тугов. Разработка электронного стенда изучения ПИД- регулятора. НИ ТПУ, Новосибирск, Россия. Автоматика и программная инженерия. 2016. № 2 (16). С. 14–19.

МЕТОД СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

Протопопов А.А., Стерехова В.С., Шеломенцев Е.Е.
Томский политехнический университет
aar80@tpu.ru

Введение

В настоящее время антропоморфные роботы малых размеров, такие как NAO и DARwIn-OP [1], широко используются для образовательных и научных целей. Однако уровень системных ресурсов данных роботов ограничен их размерами и ценой, и производительность данных роботов недостаточна для оценки динамической устойчивости системы, необходимой для достижения сбалансированной ходьбы.

Поэтому в данной статье предлагается возможный метод реализации походки робота на основе связанных осцилляторов [2], который позволяет найти зависимость между параметрами осциллятора и динамикой системы без расчетов точки ZMP [3] в реальном времени.

Связанные осцилляторы

Предложенный метод представляет собой сочетание двух видов групп осцилляторов. Две группы осцилляторов движения представляют траектории движения каждой стопы робота, а группа осцилляторов баланса отвечает за траекторию центра масс. Все группы осцилляторов содержат по 6 осцилляторов - по два на каждую ось (Рис. 1).

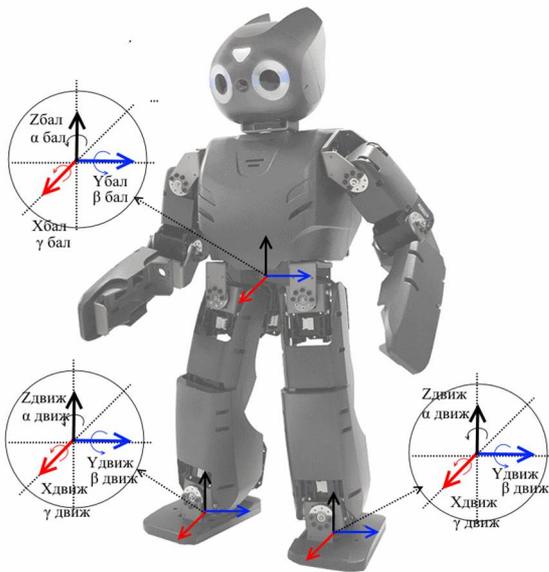


Рис. 1. Связанные осцилляторы

Общая траектория движения робота $OSC_{общ}$ может быть выражена в виде суперпозиции осциллятора баланса $OSC_{бал}$ и осцилляторов движения $OSC_{движ}$ (1).

Определим параметры осциллятора: амплитуду ρ , угловую скорость ω , фазовый сдвиг δ , смещение μ и γ - коэффициент двухопорной фазы. Тогда можно выразить осциллятор баланса как (2) и осциллятор движения как (3).

$$OSC_{общ} = OSC_{движ} + OSC_{бал} \quad (1)$$

$$OSC_{бал} = \rho_{бал} \sin(\omega_{бал} t + \delta_{бал}) + \mu_{бал} \quad (2)$$

$$OSC_{движ} = p_{движ} \left[0, \frac{rT}{4} \right] p_{движ} \sin\left(\omega_{движ} t + \delta_{движ}\right) \left[\frac{rT}{4}, \frac{T}{2} - \frac{rT}{4} \right] - p_{движ} \sin\left\{\omega_{движ} \left(t - \frac{rT}{2}\right) + \delta_{движ}\right\} \left[\frac{T}{2} - \frac{rT}{4}, \frac{T}{2} + \frac{rT}{4} \right] p_{движ} \left[\frac{T}{2} + \frac{rT}{4}, T - \frac{rT}{4} \right] p_{движ} \left[T - \frac{rT}{4}, T \right] \quad (3)$$

$\omega = \frac{2n\pi}{T}$, где n представляет собой положительное целое число и зависит от оси осциллятора, δ также может быть определена с учетом симметричности характеристик кинематики и походки. $\rho_{бал}$ и $\rho_{движ}$ являются важными параметрами для движения и баланса.

На рисунке 2 показана работа каждого осциллятора при ходьбе вперед, когда значение параметров: $T=1.2$, $\gamma=0.25$, $p_{движ_X} = 30$, $p_{движ_Z} = 30$, $p_{бал_X} = 10$, $p_{движ_Y} = 20$, $p_{движ_Z} = 3$. Все остальные параметры принимаются равными нулю.

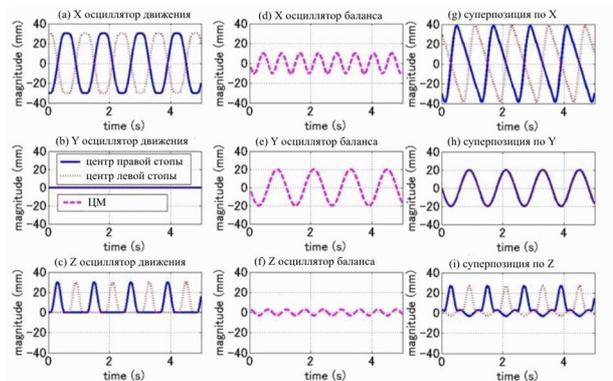


Рис. 2. Суперпозиция осцилляторов

На рисунке 3 изображены траектории центра масс и стоп робота. Также из рисунка 3 следует, что $p_{\text{движ}_X}$, $p_{\text{движ}_Z}$, $p_{\text{бал}_X}$, $p_{\text{бал}_Y}$, $p_{\text{бал}_Z}$ совпадают с длиной шага, высотой подъема стопы, величиной бокового перемещения и величиной вертикального перемещения.

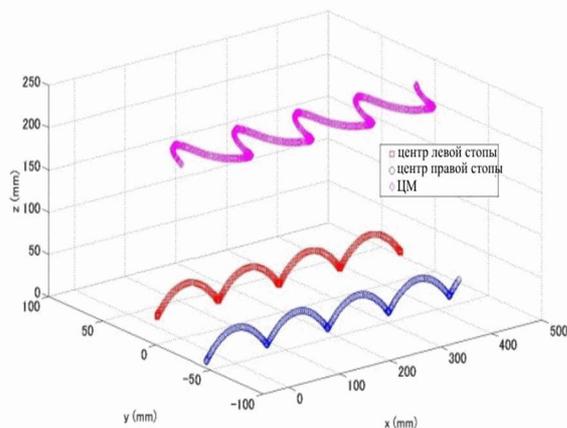


Рис. 3. Траектория движения стоп и ЦМ

Шаблон циклической походки может быть получен путем выбора соответствующих параметров осциллятора. Например, если задан коэффициент γ , то можно найти соотношение $p_{\text{движ}_X}$ и $p_{\text{бал}_X}$, которое позволит организовать движение центра масс с почти постоянной скоростью (Рис. 4). В ходе симуляции было установлено, что это значение равно 0.35 и оно не зависит ни от каких других параметров кроме γ .

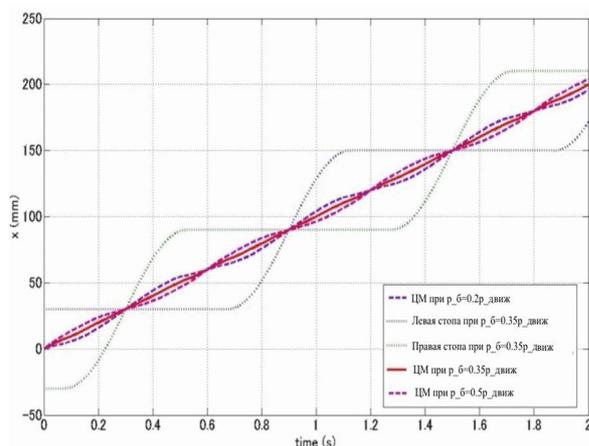


Рис. 4. Траектория движения стоп и ЦМ

От сгенерированной траектории по предложенной модели можно вычислить углы поворотов движителей робота путем решения обратной задачи кинематики.

Тестирование и результаты

Данный метод связанных осцилляторов был протестирован на открытой платформе антропоморфного робота DARwIn-OP. При

тестировании был использован 3-осный гироскоп и датчики углов поворотов движителей.

Были проведены эксперименты по устойчивой ходьбе с различными параметрами осциллятора. В течении этих экспериментов данные об углах суставов сохранялись, и затем передавались в симулятор для анализа.

Также в ходе экспериментов была выявлена необходимость в контроле баланса робота для стабилизации его походки и реакции на внешние возмущения.

Заключение

В данной работе был предложен метод связанных осцилляторов с помощью которого можно определить связь между параметрами осциллятора и динамикой системы для генерации походки антропоморфного робота.

Предложенный метод был протестирован на платформе DARwIn-OP в режиме симуляции и показал, что вычислительные мощности платформы позволяют генерировать траектории перемещения конечностей робота в реальном времени. Кроме того, тесты выявили необходимость контроля устойчивости робота во время ходьбы.

В дальнейшем планируется работа над контролем устойчивости и стабилизацией походки робота.

Список использованных источников

1. I. Na, Y. Tamura, H. Asama, "Development of Open Humanoid Platform DARwIn-OP", International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration, 2011.
2. J. Morimoto, G. Endo, J. Nakanishi, and G. Cheng, "A Biologically Inspired Biped Locomotion Strategy for Humanoid Robots: Modulation of Sinusoidal Patterns by a Coupled Oscillator Model," IEEE Transactions on Robotics, vol. 24, no. 1, pp. 185–191, 2008.
3. M. Vukobratovic and J. Stepanenko, "On the Stability of Anthropomorphic Systems", Mathematical Biosciences, Vol.15, Oct., p.1-37, 1972

КОНЦЕПТ ЧАСОВ С ФЕРРОМАГНИТНОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Демченко А.А.

Научный руководитель Тутов И.А., ассистент кафедры ИКСУ

Томский политехнический университет

e-mail: aaa55@tpu.ru

Введение

В данной статье представлен концепт часов, в которых в качестве средства индикации используется ферромагнитная жидкость. Часы в наше время не утратили актуальности. Темп жизни современного общества требует контроля времени, фиксации его затрат и ресурсного отношения. Для этой задачи не подходит, в современности, имеющийся у каждого, мобильный телефон – его не удобно для этого доставать из кармана или сумки. Поэтому удобней было бы использовать настольные часы. Кроме того, настольные часы считаются необходимой частью любого интерьера с точки зрения психологии – наблюдение за сменой секунд на табло помогает сконцентрироваться и перевести дух.

Ферромагнитная жидкость

Ферромагнитная жидкость — жидкость, сильно поляризующаяся в присутствии магнитного поля. Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные системы, состоящие из ферромагнитных или ферримагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой обычно выступает органический растворитель или вода. Для обеспечения устойчивости такой жидкости ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом, образующим защитную оболочку вокруг частиц и препятствующем их слипанию из-за магнитных сил.

Разработка конструкции часов

За основу конструкции была взята схема часов на микроконтроллере ATmega16 с семисегментной индикацией, представленная на рисунке 1. Схема имеет ряд достоинств:

- Простота;
- Используется распространённый микроконтроллер, по которому есть техническая документация на русском;
- Данную схему можно легко преобразовать в схему с ферромагнитной индикацией.

Для того, чтобы эта схема могла работать с ферромагнитной индикацией, необходимо заменить каждый семисегментный индикатор на группу из семи электромагнитов, расположенных в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2. Конструкция электромагнита представлена на рисунке 3.

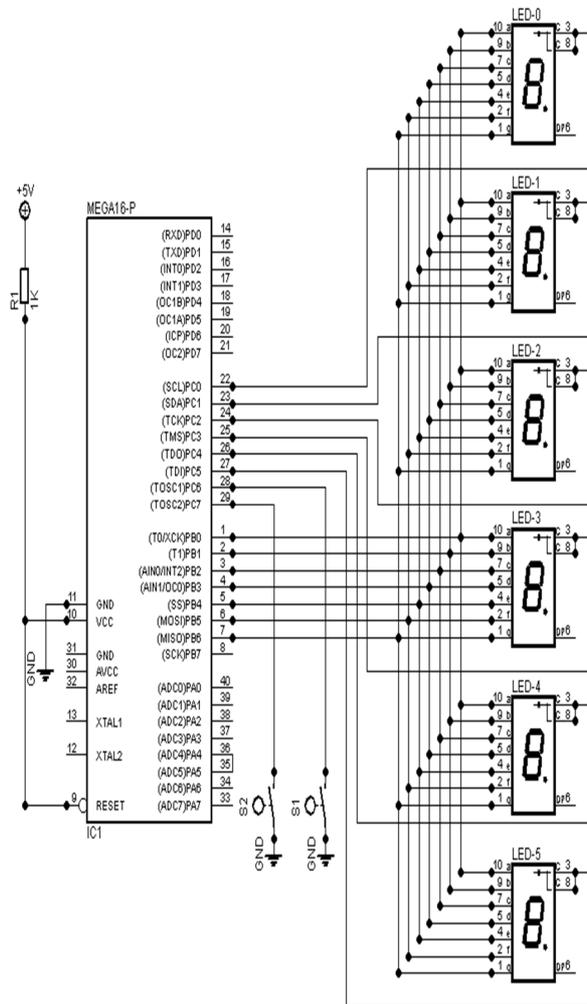


Рис. 6 схема часов

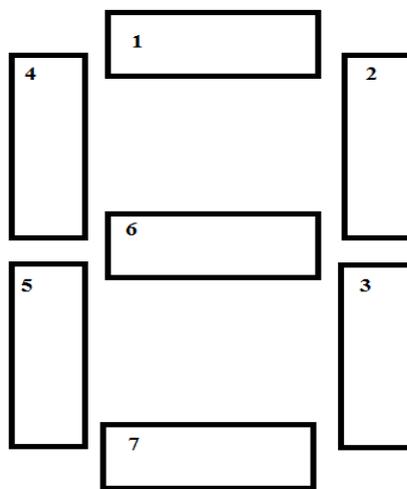
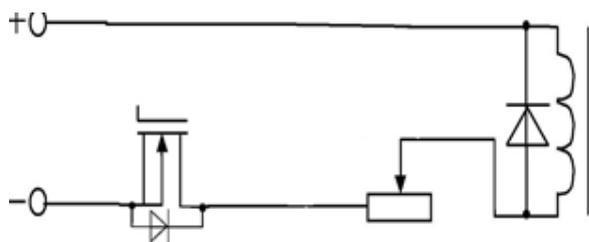


Рис. 2 схема расположения электромагнитов



ресурс] /
<http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>

URL:

Рис. 3 Электромагнит

Электромагнит питается от напряжения в 12 вольт и создает собственное магнитное поле.

Между электронной частью часов и частью с индикацией находится герметичная перегородка, которая защищает электрическую часть от попадания влаги. В качестве ферромагнитной жидкости планируется взять тоннер для принтера, смешанный с машинным маслом, а в качестве среды – глицерин, так как у масла и глицерина примерно одинаковые плотности и можно будет добиться, чтобы капли ферромагнитной жидкости плавали в толще глицерина, а не на поверхности. На рисунке 4 представлен внешний вид будущих часов, смоделированный с помощью 3D-графики.



Рисунок 4. Часы

Заключение

В ходе проектировки этих часов я познакомилась с ферромагнитной жидкостью, нашла комбинацию компонентов, из которой получается не растворимая в воде ферромагнитная жидкость.

Часы – крайне необходимая вещь, ведь они не только показывают время, но и оказывают расслабляющее действие на психику. А за тем, как из маленьких капелек складываются цифры, можно наблюдать вечно.

Список использованной литературы

1. «Краткий справочник физико-химических величин» под редакцией К.П. Мищенко и А.А. Равделя, Л.: Химия, 1974 г. – 200 стр
2. Магнитная жидкость. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.xn--d1abjlola3ae5h.xn--p1ai/>
3. Часы на микроконтроллере ATMEGA16. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.radio-magic.ru/microcontrollers/106-mkclock>
4. Техническая документация на микроконтроллер ATmega16. [Электронный

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ СТЕНДА С АКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАСКРЫТИЯ В ЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Зарницын А. Ю.

Томский политехнический университет

д.т.н. Малышенко А. М.

ayz10@tpu.ru

Введение

Развитие космической отрасли неизбежно влечет за собой создание новых технологий по производству спутниковых систем. Наряду с этим актуальным становится вопрос о предварительных испытаниях спутникового оборудования до вывода его на орбиту.

С целью проведения адекватных испытаний в земных условиях применяют стенды обезвешивания.

Описание объекта

По своему функциональному исполнению стенды обезвешивания подразделяются на активные, пассивные и комбинированные.

В пассивной системе обезвешивания компенсация усилия осуществляется благодаря противодействию грузов и сил упругости пружин встроенные в систему через совокупность блоков.

В активной системе, компенсация усилия осуществляется благодаря должному создаваемому моменту встроенных электроприводов.

В комбинированных системах сочетаются методы обезвешивания предыдущих двух систем.

Вне зависимости от типа системы помимо вертикальных перемещений необходимо отслеживать горизонтальную составляющую перемещения обезвешиваемого объекта. С этой целью применяют следящие системы стендов обезвешивания.

Пример активной системы обезвешивания представлен на рисунке 1.

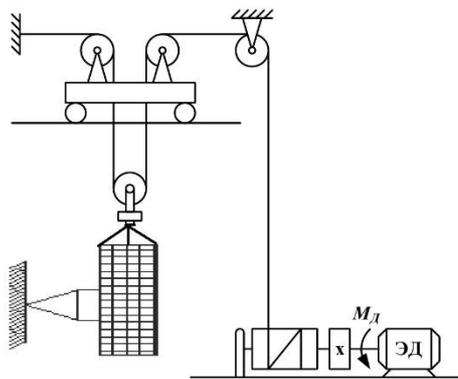


Рис. 1. Пример активной системы обезвешивания

Разработка и проектирование стенда требует под собой создание математической модели для дальнейшего синтеза регулятора и моделирование динамики процесса. На рисунке 2 представлена кинематическая схема следящей системы на базе которой выводится вся математическая модель.

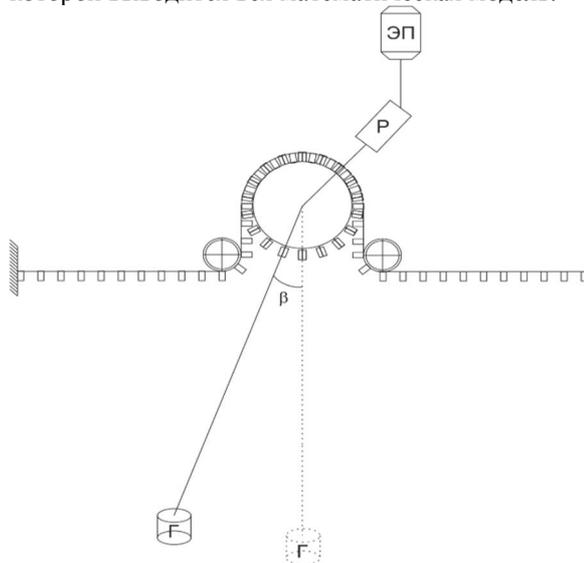


Рис. 2. Кинематическая схема следящей системы

На рисунке 2 ЭП – электропривод, Р – редуктор, Г – обезвешиваемый груз, β – угол отклонения троса от вертикали.

Имитационное моделирование

Вывод математической модели базируется на применении второго закона Ньютона.

При построении математической модели были приняты следующие допущения:

- Волновым движением деформации в упругих звеньях можно пренебречь, так как время переходного процесса во много раз больше времени распространения волны упругой деформации;

- Деформация упругих звеньев линейна и подчиняется закону Гука, т. е. не выходит за пределы упругости;

- Дискретные массы не подвержены деформации, т. е. принимаются абсолютно жесткими;

- Силы или моменты, действующие в расчетной системе, приложены в месте сосредоточенных масс.

Как в следящей системе так и в системе обезвешивания в качестве электропривода

применяется синхронный привод с постоянными магнитами, который используется совместно с программируемым серво усилителем. Это один из наиболее распространённых на сегодняшний день вид электроприводов благодаря малым габаритам и его свойству выдерживать моментные характеристики на всём регулируемом диапазоне скоростей

Применительно к следящей системы контур привода настроен на регулирование по скорости.

После вывода математической модели проведем синтез регулятора применив ППП Matlab приложение Simulink.

График переходного процесса изменения угла отклонения троса от вертикали представлен на рисунке 3.

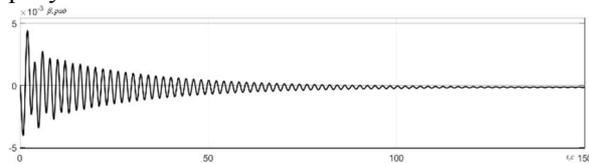


Рис. 3. График переходного угла отклонения троса от вертикали

Исследуем динамику переходного процесса при разных коэффициентах регулятора и сведем данные в таблицу.

Таблица 1. Показатели работы алгоритма при различном n чередовании кадров

	1	2	3
Э1	$2.5 \cdot 10^{-3}$	60	32
Э2	0.2510^3	55	26
Э3	$0.1 \cdot 10^{-3}$	65	30

В таблице 1: столбец 1 – Установившееся значение, рад; столбец 2 – Время переходного процесса, с; столбец 3 – Число колебаний; Э1, Э2, Э3 – эксперимент № 1, 2, 3 – соответственно.

Проанализировав графики переходных процессов можно сделать вывод, что система обладает большой колебательностью. Так как основной вклад в колебательность системы вносит интегральная составляющая регулятора, то было принято решение синтезировать регулятор с переменной И- составляющей значение которой формируется по нечеткому закону. На рисунке 4 представлена структурная схема такой системы.

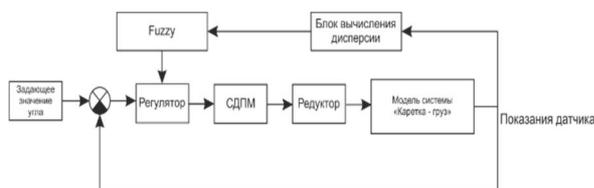


Рис. 4. Структурная схема системы с настройкой параметров по нечеткому алгоритму

Решение изменять интегральную составляющую в зависимости от «дисперсии» по нечеткому закону основано на недостаточности данных о точном законе изменения, поэтому была разработана база нечетких правил регламентирующих уменьшение И- составляющей с увлечением дисперсии.

График переходного процесса представлен на рисунке 5.

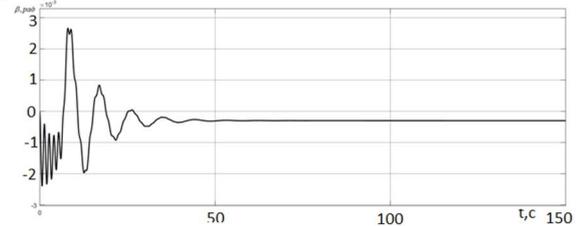


Рис. 5. График переходного процесса угла отклонения от вертикали при нечетком изменении И- составляющей

Как видно качество переходного процесса существенно улучшилось

Заключение

В результате проведения экспериментов по исследованию динамики можно сделать следующие выводы

1. С учетом всех упругостей в системе процессы происходящие в ней носят колебательный характер, что существенно усложняет процедуру синтеза регулятора.

2. С целью уменьшения колебательного эффекта и улучшения качества переходного процесса был синтезирован ПИ – регулятор с переменной И- составляющей изменяющийся по нечеткому закону в зависимости от «дисперсии» выходного сигнала. Однако стоит отметить, что это не единственный способ синтеза регулятора исходя из анализа работ наибольшую популярность в системах такого рода набирает частотный синтез.

Список использованных источников

1. Кравченко О.А., Богданов Д.Ю., Барыльник Д.В.. Математическая модель электромеханической многокоординатной силокомпенсирующей системы- Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика», 2014 – 8с
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика – М.: Мир, 1992. – 184с.
3. С. Г. Герман – Галкин Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. Учебное пособие – СПб.: Корона принт, 2001-320 с.
4. Крылов А. В., Чурилин С. А.. Моделирование разветвления многосвязных замкнутых космических конструкций // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2012, с. 80–91

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВАЛА

Касымов К.Ш.

Научный руководитель: доцент к.т.н. кафедры ИКСУ Громаков Е.И.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
ksk24@tpu.ru

Введение

На таких технологических установках, как мостовые краны, конвейеры, станки и другие. существует необходимость в согласованном вращении двигателей, позволяющем снижать динамические нагрузки из за разницы в скоростях передвижения опор крана. Решение этой проблемы позволяет увеличить долговечность механизмов передвижения кранов. Эту проблему можно решить несколькими способами: с помощью частотного регулирования и обратной связи от электропривода или при использовании электрической связи. Целью данной работы является анализ и моделирование работы схемы двух асинхронных моторов крановой конструкции, объединенных электрической связью.

Теоретическая часть

Такую связь называют электрическим валом. К преимуществу этого варианта согласованной работы асинхронных двигателей с фазным ротором можно отнести простоту электрической схемы. Как показала многолетняя эксплуатация, такая схема обеспечивает высокую надежность их работы

Существуют три основных вида схем электрического вала:

- Дистанционный электрический вал;
- Уравнительный электрический вал;
- Электрический вал с общим резисторами.

Наибольшее распространение имеют схемы согласованного вращения, состоящие из двух и более одинаковых машин, роторы которых включены на общее внешнее сопротивление R . Данная схема показана на рисунке 1.

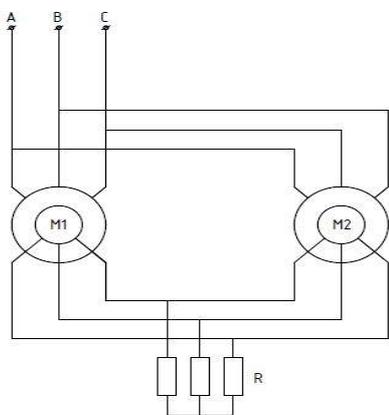


Рис. 1. Схема электрического вала

Цепи ротора двигателей соединены встречно и параллельно. Сопротивления включены во все три фазы. Помимо токов, протекающих в обмотках

роторов, в цепи роторов обеих машин течет уравнительный ток. Наличие этого тока обуславливает появление синхронизирующего момента, вследствие чего машины вращаются синхронно. Моменты, развиваемые первой и второй машинами, определяются суммой двух составляющих, где первая асинхронная, а вторая синхронизирующая [1]. Если нагрузка на валах машин окажутся разными, то уравнительный момент будет разгружать машину с большей нагрузкой и подгружать менее нагруженную машину. При этом нагрузки обеих машин окажутся равными, а угловые скорости одинаковыми.

В проведенных исследованиях использовались двигатели трех номинальных мощностей: 0.37, 37.3, 200 кВт, параметры которых были определены для схемы замещения по данным каталога.

Представленные ниже результаты относятся к двигателю мощности 0.37 кВт, типа RA71A2. Его параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры двигателя

Тип двигателя	P_n , кВт	n_n , об/мин	η , %	$\cos\phi$
RA71A2	0,37	2800	71	0,81
I_n , А	$\frac{I_{пуск}}{I_n}$	$\frac{M_{пуск}}{M_n}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	J , кг · м ²
1,5	5	2,3	2,4	0,0004

На рисунке 2а приведена осциллограмма изменения скорости двигателей для схемы, когда оба двигателя включаются одновременно без какой либо электрической связи, если по прошествии 4 сек на второй двигатель подать нагрузку.

Из этой осциллограммы следует, что при установившемся режиме вращения, при подаче нагрузки на второй двигатель его скорость падает и двигатели начинают вращаться не согласованно. Чтобы устранить это, свяжем оба двигателя электрическим валом. На рисунке 3 показана Matlab-модель такой схемы совместной работы двигателей. Переходный процесс обоих двигателей оказался одинаковым и показан на рисунке 2б.

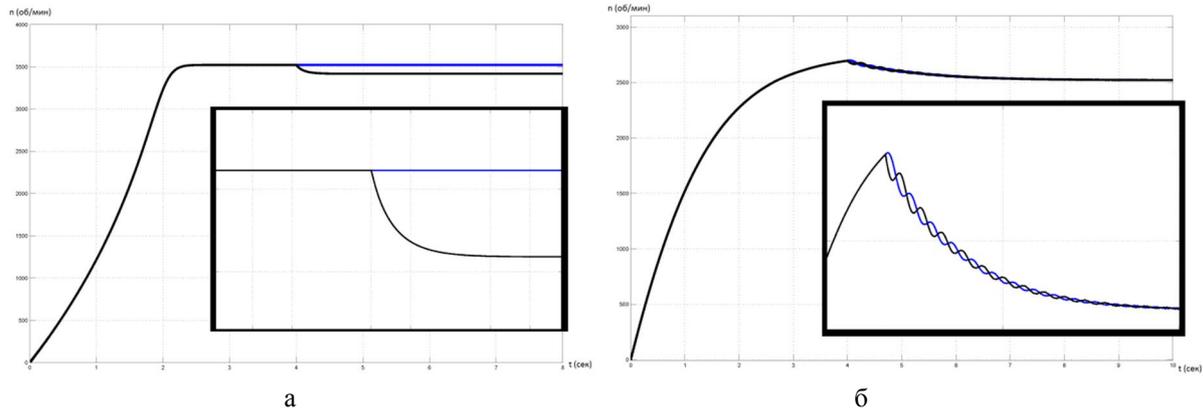


Рис. 2. а) Осциллограмма скорости вращения двух не согласованных двигателей, б) Осциллограмма скорости вращения в система электрического вала

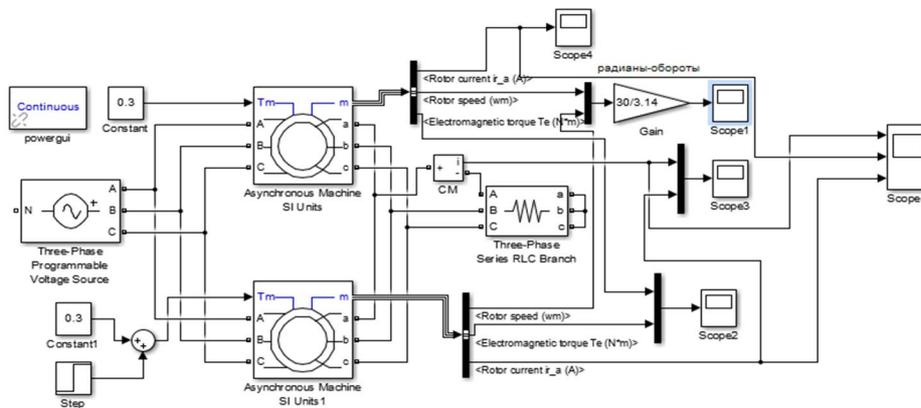


Рис. 3. Схема модели электрического вала

Из полученной осциллограммы на рисунке 2б можно сделать вывод, что система синхронизации двигателей на основе электрического вала работает. После подачи нагрузки на второй двигатель первый так же снижает скорость. В течение короткого промежутка времени их скорости колеблются, после чего амплитуда колебаний становится незначительной.

Электрический вал так же применим для двигателей большей мощности. Но так как сопротивление обмотки для таких двигателей составляет незначительную величину (порядка 1 Ом и менее, чем мощнее двигатель, тем больше ток протекает в нем), то дополнительный резистор должен иметь сопротивление, меньшее чем их обмотки. С учетом того, что по резистору должен протекать большой уравнивающий ток, то становится проблемным применение этой схемы не только из за потерь энергии на уравнительном сопротивлении, но и из-за кабеля, объединяющего совместную работу двигателей, разнесенных на расстояние более десяти метров. Это делает применение данной схемы не целесообразной.

Заключение

По данным полученным при моделирование системы электрического вала можно сделать вывод, схема электрический вал применима для

двигателей малой мощности где уравнивающий ток не достигает значительной величины.

Список используемой литературы

1. Садовский, И. М. Согласованное вращение асинхронных двигателей, “Электрический вал”. - М.: Государственное энергетическое изд-во, 1948. – 135с.
2. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных машин. - М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
3. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. - М.: Машиностроение, 1979. – 558 с.
4. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003 – 230 с.
5. Теличко Л. Я Анализ причин возникновения сил перекоса мостового крана. / Теличко Л. Я., Дорофеев А.А. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №7 С.57-60.
6. Терёхин В.Б., Дементьев Ю.Н. Компьютерное моделирование системы электропривода постоянного и переменного тока в Simulink. - Т.: Изд-во ТПУ, 2015. – 307 с.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ НА КОНТРОЛЛЕРЕ SIEMENS LOGO!

Синьсинь Пэй, Скороспешкин М. В.
Томский политехнический университет
smax@tpu.ru

Введение

Автоматизация технологических процессов в различных отраслях народного хозяйства является одним из основных направлений повышения эффективности и производительности общественного труда. В решении этой проблемы наряду с созданием высокоэффективного технологического оборудования ключевая роль принадлежит АСУ ТП, обеспечивающим автоматическое и автоматизированное управление отдельными объектами, технологическими процессами и производствами.

Контроллер LOGO! Siemens - это универсальный недорогостоящий логический модуль для локальной автоматизации. Поэтому в рамках данной работы было разработано программное обеспечение для управления уровнем воды в двух емкостях для контроллера LOGO! Siemens.

Лабораторный комплекс

В лаборатории АСУ ТП кафедры Автоматики и компьютерных систем существует лабораторный комплекс на базе контроллера SIEMENS LOGO! с базисным модулем LOGO! 230RC и модулем расширения DM16 230R. Структурная схема комплекса представлена на рисунке 1.

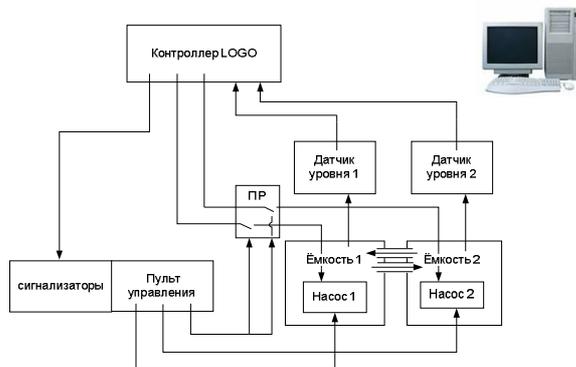


Рис. 1 - Структурная схема лабораторного комплекса

В состав комплекса входят: контроллер SIEMENS LOGO! датчики уровней РОС 301, 2 насоса, 2 ёмкости, пульт управления и обзора. Данный лабораторный комплекс, позволяет управлять уровнями воды в емкостях.

Датчиками уровня являются 2 датчика уровня РОС 301, внешний вид которых представлен на рисунке 2. РОС 301 (датчик – реле) предназначен для использования в системах контроля и управления и обеспечивает выдачу трех

дискретных сигналов в цепи сигнализации и управления при отклонении уровня в резервуарах за регламентные границы.



Рис.2 – Датчик уровня РОС 301

В состав комплекса так же входят 2 емкости и 2 насоса, предназначенные для перекачки воды из одной емкости в другую и обратно. Внешний вид емкостей с установленными в них насосами и датчиками уровня представлен на рисунке 3.



Рис.3 – Емкости

Пульт управления и обзора включает в себя 3 лампочки (сигнализаторы), 2 кнопки и переключатель режимов. Внешний вид пульта представлен на рисунке 4.



Рис.4 – Пульт управления и обзора

Лампочки связаны с дискретными выходами Q1, Q2, Q3 базисного модуля контроллера и выступают в качестве элементов сигнализации работы лабораторного комплекса. Переключатель режимов предназначен для переключения режимов (ручного и автоматического) работы комплекса. Кнопки активны только при ручном режиме. Левая кнопка предназначена для запуска первого насоса, а правая для запуска второго насоса. В автоматическом режиме насосами управляет контроллер.

Программное обеспечение

Программное обеспечение было создано в программной среде LOGO! Soft Comfort. Оно включает в себя 2 программы на языках FBD и LAD. Программы работают по следующему алгоритму: Если уровень воды в любой емкости

достигает высшего (третьего) уровня, то насос перекачивает воду из этой емкости в другую емкость до тех пор, пока уровень воды не упадет до нижнего (первого) уровня. При этом на пульте управления и обзора отображается текущее состояние уровней воды в каждой емкости. Левая лампа отображает состояние левой емкости, средняя лампа – правой емкости, а правая лампа является сигнализацией аварии. При достижении нижнего (первого) уровня лампа соответствующей емкости мигает с периодом 2\2 (2 секунды горит, 2 секунды не горит). При достижении среднего (второго) и верхнего (третьего) уровня лампа соответствующей емкости мигает с периодом соответственно 1\1 (1 секунду горит, 1 секунду не горит) и 0.5\0.5 (0.5 секунды горит, 0.5 секунды не горит). Если уровень воды в обеих емкостях достигает верхнего уровня, то включается аварийная лампа «Отказ», которая мигает с периодом 0.5\0.5, при этом отключаются насосы.

Программы на языках FBD и LAD представлены соответственно на рисунках 5 и 6.

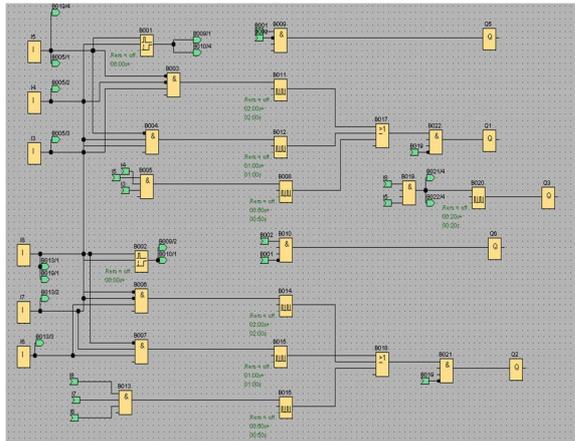


Рис. 5 - Программа на языке FBD

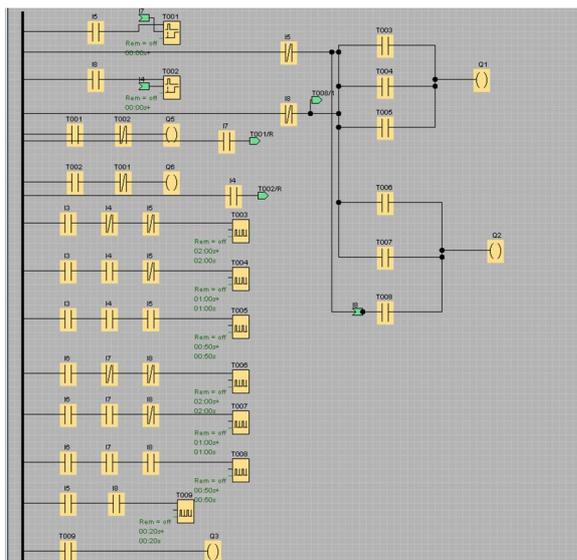


Рис. 6 – Программа на языке LAD

При создании программ были использованы следующие функциональные блоки и типы контактов и реле:



----Входы



----Выходы



----Генератор асинхронных импульсов



----Задержка включения с запоминанием



----Логическое И



----Логическое ИЛИ



----Замыкающий (нормально разомкнутый)

контакт



----Размыкающий (нормально замкнутый)

контакт



----Катушка реле

На языке LAD блок задержки включения не имеет выходного сигнала, поэтому необходимо добавить блок, который будет соединять блок задержки включения с другими блоками, как это показано на рисунке выше. На языке LAD не существуют блоков логических операций, поэтому они реализуются как контакты последовательно для логического И и параллельно для логического ИЛИ.

Заключение

В результате работы было создано программное обеспечение для управления уровнем воды в двух емкостях по определенному алгоритму на лабораторном комплексе, на базе контроллера SIEMENS LOGO! Реализованное программное обеспечение может быть использовано в учебном процессе, при изучении промышленных микропроцессорных контроллеров SIEMENS LOGO!.

Список использованных источников

1. Программируемые контроллеры SIMATIC S7 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://automation-drives.ru/as/products/simatic_s7/
2. Логические модули LOGO! [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.promspecrele.ru/documents/logo.html>
3. Датчики-реле уровня POC 301 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rizur.ru/uploads/data/file/ros>

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА БАЗЕ AVR

Кабанов А.А.

Щелканов А.И.

Омский государственный технический университет
stiff5master@gmail.com

Введение

Лабораторные работы являются неотъемлемой частью учебного процесса студентов, как и лекционные занятия. Но в отличие от лекционных занятий на лабораторных работах студент получает практические навыки работы с данным видом и типом оборудования. В частности, работа с микроконтроллером, учащийся не сможет получить знания только из лекций ему необходимо самостоятельно собрать схему, построить алгоритм, написать код программы и произвести отладку и все это возможно на лабораторных занятиях. По разным причинам бывает, что студенты изучают не то что хотели бы, выполняют задания не те, которые хотели бы, и не имеют возможности предложить и реализовать свои проекты в полной мере.

Описание проекта

Комплекс лабораторных работ был разработан на базе микроконтроллера AVR в конструктиве проекта Arduino. Проект Arduino был разработан в 2005 году как отладочная плата для выполнения несложных студенческих исследовательских работ. Стоимость самой популярной отладочной платы Arduino UNO (рис.1) не превышает 30\$, а также имеется огромное множество плат (Arduino UNO, Arduino NANO, Arduino MEGA, Arduino MINI и др.) и шилдов (плат расширения) [1]. Плата Arduino UNO имеет микроконтроллер Atmega 328p, 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов, работает на тактовой частоте 16МГц, имеет 32Кб флеш-памяти [2]. Данные характеристики вполне достаточны для выполнения студенческих лабораторных работ и творческих исследовательских проектов, и как следствие получение и закрепления знаний в области микроконтроллеров, электроники, программирования и др. Программируется данный микроконтроллер на языке высокого уровня C в специальной среде программирования Arduino IDE [3]. Данная среда является удобной для пользователя, бесплатной (ее можно скачать на официальном сайте Arduino). Для выполнения данных лабораторных работ необходимо иметь стартовые наборы электронных компонентов в количестве минимум 10 штук. В набор должны входить сами Arduino UNO, USB- кабели к ним, макетные платы, соединительные провода, светодиоды, сегментные индикаторы, пьезоизлучатели, кнопки и многое другое. Комплектация набора зависит от самих

лабораторных работ и исследовательских проектов, связанных с ними [4].

Реализация проекта

Комплекс лабораторных работ состоит из ряда заданий, которые студентам необходимо выполнить строго согласно методическим указаниям. Далее в каждом задании предлагается самостоятельно изменить или модифицировать алгоритм работы программы и самостоятельно решить данную задачу. А также в дополнение, для закрепления знаний имеется домашнее задание, которое построено на базе данной лабораторной работы в комплексе с предыдущими. Ниже представлены лабораторные работы из данного комплекса.



Рис. 1. Плата Arduino UNO

- Лабораторная работа №1
Работа с цифровыми выходами
- Лабораторная работа №2
Управление сегментным индикатором
- Лабораторная работа №3
Использование широтно-импульсной модуляции
- Лабораторная работа №4
Управление пьезоизлучателем
- Лабораторная работа №5
Работа с COM-портом
- Лабораторная работа №6
Работа с цифровыми входами.
Использование кнопок
- Лабораторная работа №7
Применение АЦП

Данный комплекс лабораторных работ рассчитан на 1 семестр, по 2 лабораторные работы за 4 часа, но также есть возможность его модификации и расширения для более углубленного изучения предмета [5].

Для преевоначального проектирования схем и реализации проектов используется специализированная программная среда Fritzing, преимущества именно этой среды в том, что она имеет удобный пользовательский интерфейс, находится в открытом доступе (бесплатна), есть возможность наглядно видеть не только принципиальную схему проекта, но и его физическую реализацию на макетной плате. Таким образом студент фактически собирает проект на макетной плате как виртуальный прибор и не имеет возможности создать аварийную ситуацию (замыкание, пожар и т.д.). Иллюстрация программы Fritzing представлена на рисунке 2.

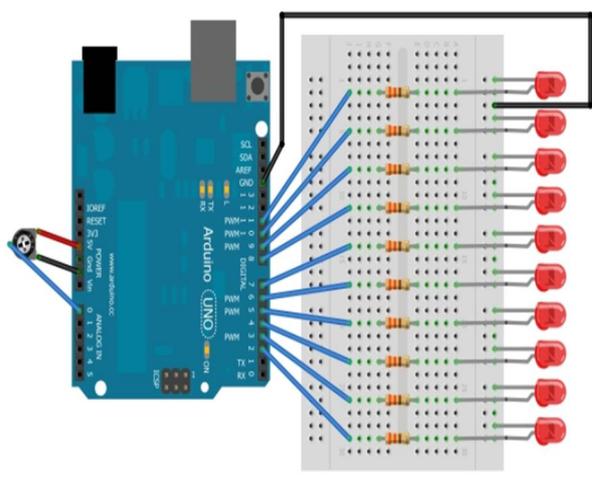


Рис.2. Иллюстрация проекта, выполненного в программе Fritzing.

После того как учащийся собрал схему в программной среде Fritzing и преподаватель ее проверил, он собирает схему на макетной плате так же согласно методическим указаниям и с соблюдением все правил техники безопасности. Преподаватель проверяет схему и разрешает подключать отладочную плату Arduino UNO к компьютеру для загрузки программного кода из среды программирования Arduino IDE. При правильно выполненном задании итоговый результат будет таким же, как и описан в методических указаниях [6], [7].

Заключение

Данный комплекс лабораторных работ является актуальным, в связи с стремительным ростом популярности проекта Arduino, а студентам интересно заниматься современными, быстро развивающимися проектами, которые «идут в ногу со временем». Также данный комплекс имеет

возможность расширения, модификации, и изменения в зависимости от потребностей учащихся и преподавателей. Также на базе проекта Arduino можно выполнять студенческую научно-исследовательскую работу, курсовой проект, выпускную квалификационную работу и еще огромное количество различных проектов от простого переключения реле до построения роботов.

Список использованных источников

1. Д. Блум Изучаем Arduino инструменты и методы технического волшебства, 2015г., 336с
2. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс] –URL: <https://www.arduino.cc/> (дата обращения 11.10.16).
3. Брайан У. Керниган, Деннис М. Ритчи Язык программирования C, 2016г., 304с
4. Петин В. Проекты с использованием контроллера Arduino, 2014г., 400с.
5. Кабанов А.А. Автоматизированная система «умная теплица»// РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ - ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ: Сб. науч. Тр.- Томск., 2015. - С.275-278
6. Макконнелл С. Совершенный код/ С. Макконнелл, - Русская Редакция 2010г., 896с.
7. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! Том1 / А.В. Фрунзе, -2002г., 336с

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОГО ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКРАННЫХ ФОРМ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Бояринова А.С.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

e-mail: pafnytikASB@yandex.ru

Введение

Деятельность нефтегазовых компаний в России является одним из основных источников формирования бюджета страны и поддержания курса национальной валюты. С каждым годом запасы нефтяных и газовых залежей исчерпываются, а также существенно усложняются условия их добычи [1]. В результате аварий на предприятиях объемы конечного продукта дополнительно уменьшаются. Поэтому в последнее время становятся актуальны вопросы реализации более эффективной переработки нефти и газа, поскольку именно эти природные ресурсы являются основными в энергетическом обеспечении и других производственных отраслях России. Разработка автоматизированных систем управления для предприятий нефтегазовой отрасли и их совершенствование призваны снизить потери материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, посредством выявления предаварийных и аварийных ситуаций в оперативном режиме.

Николай Ротмистров, исполнительный директор департамента нефти и газа компании Siemens в России, в своем интервью для газеты «Коммерсант», отмечает, что человеческий фактор, в конечном счете, является причиной 70-80% техногенных аварий [2]. Одним из основных источников таких аварийных ситуаций на производстве являются ошибки персонала.

К причинам возникновения ошибок из-за человеческого фактора в первую очередь относятся психофизиологические характеристики оператора, такие как состояние его здоровья, усталость, наличия внешних возбудителей, уровень образования и квалификация специалиста, комфортность условий работы [3]. Прогнозирование появления ошибок, связанных с физическим, психическим и эмоциональным состоянием человека является достаточно сложной задачей, а при наличии стрессовых условий, дефиците времени, сложных и множественных ошибках она практически не поддается анализу. Однако существует ряд причин, по которым оператор может допустить ошибку, связанных с технической составляющей систем человек-машина.

Применения автоматизированных средств управления на производстве подразумевает использование программного обеспечения для визуализации технологического процесса, что

приводит к появлению новых типов ошибок из-за неэффективно разработанного человеко-машинного интерфейса (ЧМИ). К причинам аварий из-за неоптимального ЧМИ, например, можно отнести слишком высокий уровень нагрузки на оператора – избыток объема информации в пределах одной мнемосхемы или слишком большое количество механических действий, необходимых оператору для предотвращения аварийной ситуации.

Поэтому при разработке человеко-машинного интерфейса важно определить оптимальный уровень нагрузки, при котором число ошибок будет минимальным.

Целью разработки имитационного ЧМИ является анализ взаимодействия с ним оператора с последующим определением принципов создания оптимального ЧМИ для объектов нефтегазовой отрасли.

Описание разработанного имитационного ЧМИ

Объектом для разработки ЧМИ был выбран резервуарный парк, являющийся одной из частей приемо-сдаточного пункта (ПСП). Парк состоит из шести стальных резервуаров объемом 10000 м³ с понтоном и трех узлов запорной арматуры (шиберные задвижки). Управление задвижками осуществляется как автоматически средствами ПЛК – в соответствии с разработанным алгоритмом технологических защит и блокировок резервуара в зависимости от уровня жидкости в нем, так и при помощи человеко-машинного интерфейса – нажатием оператора соответствующей задвижки на мнемосхеме.

Для системы было разработано два типа экранных форм. Первый тип – общая технологическая схема, отображающая резервуарный парк полностью. Второй тип – диалоговое окно для каждого из шести резервуаров. Переход к диалоговому окну осуществляется из общей технологической схемы парка при нажатии на соответствующий резервуар. Такое решение при разработке мнемосхем обеспечивает их иерархичность, которая позволяет избежать перегруженности экранной формы информацией.

Общая технологическая схема, представленная на рисунке 1, предназначена для отображения информации о состоянии резервуара без ее конкретизации. Например, при выходе одного из контролируемых параметров резервуара за

установленные пределы, резервуар будет подсвечен на схеме красным цветом, который сигнализирует оператору о каких-либо неисправностях. Также общая технологическая схема позволяет управлять запорной арматурой и содержит информацию о загазованности в обваловании резервуарного парка.

Пример диалогового окна для резервуара представлен на рисунке 2. В диалоговом окне отображена информация о состоянии параметров технологического процесса с датчиков, которыми оборудован резервуар. Осуществляется измерение и контроль давления, температуры, уровня жидкости, перепада давления и массы жидкости в резервуаре. Каждый из данных сигналов оператор при необходимости может маскировать. Предусмотрена возможность управления устройствами размыва донных отложений – нажатием на соответствующее устройство осуществляется его запуск или отключение, при этом на мнемосхеме отражается состояние устройства.

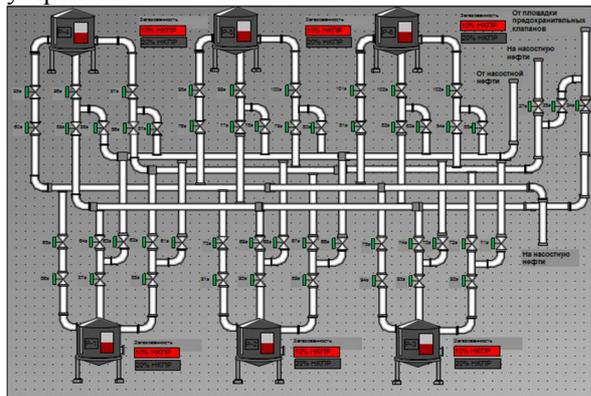


Рис.1 – Общая технологическая схема резервуарного парка

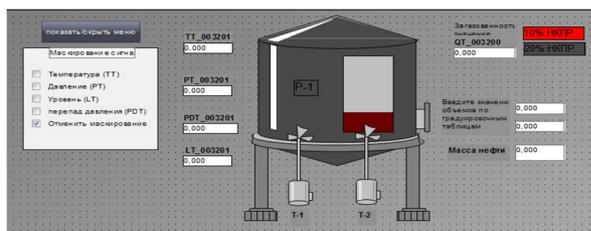


Рис. 2 – Диалоговое окно для резервуара

Для реализации тестирования разработанного ЧМИ используется режим симуляции виртуального контроллера, который связан со SCADA-системой через MPI интерфейс.

После запуска симулятора на виртуальные входы контроллера необходимо генерировать аналоговые и дискретные сигналы, имитирующие реальную работу системы. Изменения сигналов, поступающих с виртуального контроллера в SCADA-систему, отображаются на мнемосхемах в соответствии с разработанной программой обработки данных с контроллера и преобразования их в визуальную информацию для оператора на экранной форме.

Предполагаемый сценарий тестирования группы людей будет состоять из трех основных этапов. На первом этапе используется разработанный ЧМИ без изменений.

Программа испытаний состоит из следующих пунктов:

1. Имитация аварийной ситуации по одному из параметров технологического процесса
2. Измерение времени реакции оператора на аварийную ситуацию, измерение времени, затраченного на устранение аварийной ситуации
3. Имитация предаварийной ситуации по одному из параметров
4. Измерение времени реакции на предаварийную ситуацию, анализ действий, предпринятых для устранения предаварийной ситуации
5. Обработка полученных статистических данных и анализ результатов тестирования

На втором этапе предполагается переработка созданного ЧМИ – изменение расположения объектов, информационных элементов и элементов управления на экранной форме, проведение испытаний в соответствии с программой испытаний.

На третьем этапе будет изменена цветовая палитра мнемосхем, что необходимо для проведения исследований в области влияния цветовой гаммы на восприятие визуальной информации человеком.

Заключение

Разработанный имитационный ЧМИ необходим для проведения тестирования и определения зависимости времени реакции оператора на аварийные и предаварийные ситуации от расположения информационных, управляющих и технологических элементов на мнемосхеме, ее цветовой палитры и иерархии. По результатам полученной статистики будут определены основные принципы создания оптимального ЧМИ.

Список использованных источников

1. Статьи о нефти и газе// Особенности нефтегазовой отрасли// нефтегаз-2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/osobennosti-neftegazovoj-otrasli/> (дата обращения 10.10.2016).
2. Человеческий фактор в конечном счете является причиной 70-80% техногенных аварий// приложения// газета «Коммерсант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/1182578> (дата обращения 12.10.2016).
3. Роль человеческого фактора в техногенной безопасности техносциальных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.sale/risk-management-knigi/rol-chelovecheskogo-faktora-tehnogennoy-53375.html> (дата обращения 10.10.2016).

РАЗРАБОТКА ПОДВОДНОГО РОБОТА «ODYSSEY»

Федоров Е. А., Булуев И. И.

Научный руководитель: д.т.н., профессор кафедры ИКСУ, Гончаров В.И.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
evgeni.f.94@gmail.com, buluev.ilia@gmail.com

Введение

Подводная робототехника является одной из новейших областей науки и техники. Развитие автоматических подводных аппаратов может избавить людей от риска, которому они подвергаются при работе под водой, а также помочь в изучении и освоении подводного мира. Первоначально подводные аппараты нашли применение в военной сфере, однако на сегодняшний день можно констатировать их использование для широкого круга научных, исследовательских и прикладных задач, связанных с освоением Мирового океана [1].

Целью нашего проекта является создание подводного робота, предназначенного для тестирования оборудования в реальных условиях эксплуатации – водной среде.

Концепция подводного робота

Основной целью при создании первого прототипа подводного робота является его точное позиционирование под водой. Однако, уже на создаваемом прототипе конструктив робота должен иметь возможность встраивания дополнительного оборудования. Данная функция необходима для тестирования последнего в реальных условиях. Помимо этого, на роботе должна быть размещена система видеонаблюдения для визуального контроля среды, в которой находится аппарат.

Для выполнения роботом поставленных задач выбрана конструкция каркаса в виде прямоугольного параллелепипеда – рамы (рисунок 1). Такая форма имеет ряд преимуществ, среди которых наиболее важным является малое сопротивление воды при движении робота.

Каркас робота изготовлен из профильных алюминиевых труб с прямоугольным сечением 50 x 40 мм. Для погружения на глубины до 15-20 м данный каркас имеет достаточный запас прочности. Положительная плавучесть данного корпуса обеспечивается тем, что алюминиевые трубы полые (толщина стенок этих труб составляет 1,5мм) и заварены по торцам. Во внутренней части каркаса робота крепятся четыре двигателя, отвечающие за погружение и стабилизацию робота. На внешней части каркаса устанавливаются маршевые движители, которые будут отвечать за движение робота вперёд/назад и повороты влево/вправо. Система управления роботом располагается внутри рамной конструкции на равноудалённом расстоянии от всех движителей, используемых для погружения.

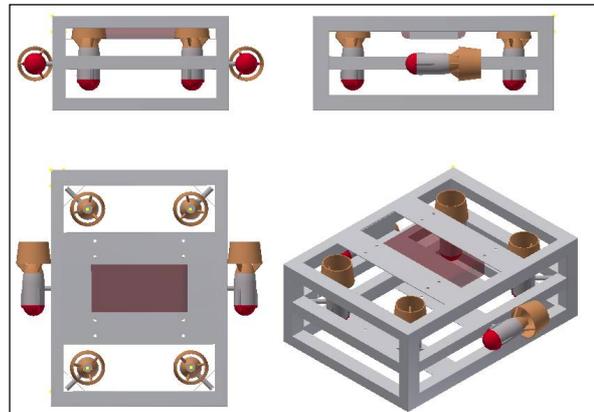


Рис. 1. Конструкция подводного робота «Odyssey»

Разработка и моделирование системы управления

Общая структура математической модели системы управления глубиной погружения робота представлена на рисунке 2.

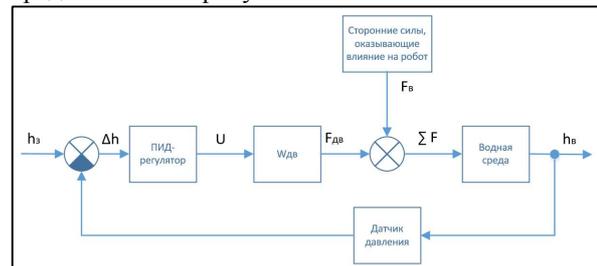


Рис. 2. Общая структура математической модели системы управления глубиной погружения робота

Рассмотрим составляющие математической модели: h_z – входной сигнал, представляющий собой глубину погружения робота (задаётся и измеряется в метрах); h_v – выходной сигнал, представляющий действительное (реальное) значение глубины в текущий момент времени. Погружение робота осуществляется с помощью четырех движителей, расположенных вертикально в одной плоскости (в математической модели это блок WDV). В обратной связи модели представлен датчик глубины (sensor), при помощи которого будет осуществляться регулирование значения глубины погружения робота.

Рассмотрим каждый блок операторно-структурной схемы подробнее. Как видно из рисунка 2, ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, поступающий на движители, которые, в свою очередь, производят погружение робота. Применительно к проектируемой модели робота, рассматривая разницу между заданной

глубиной погружения и её значением в текущий момент времени, умножая ее на некоторый коэффициент и подавая полученный сигнал на движитель, на выходе имеем силу (тягу), которую необходимо обеспечить. В реальных условиях эффект от воздействия проявляется с запаздыванием, а на объект управления воздействует не только оператор, но еще и окружающая среда: сила притяжения земли, сила Архимеда, сила сопротивления воды [2].

Рассчитаем остальные силы, действующие на робота. Вязкое трение воды (на математической модели $F_{тр.}$, см. рисунок 3) напрямую зависит от скорости движения робота. При небольших скоростях, которые не вызывают турбулентных течений воды, сила сопротивления имеет линейную зависимость от скорости робота.

Сложив вектора сил, получим равнодействующую всех сил в текущий момент времени. Воспользовавшись 3-м законом Ньютона, найдем скорость движения робота:

$$F(t) = ma(t);$$

$$F(t) = m \frac{dv(t)}{dt};$$

$$dv(t) = \frac{1}{m} \cdot F(t) \cdot dt;$$

$$v(t) = \frac{1}{m} \int_0^t F(t) \cdot dt.$$

Зная скорость, найдём перемещение:

$$v(t) = \frac{ds(t)}{dt};$$

$$s(t) = \int_0^t v(t) \cdot dt.$$

Таким образом, получаем глубину, на которую погрузится/всплывёт робот за определенный промежуток времени.

Рассмотрим подробно рисунок 3.

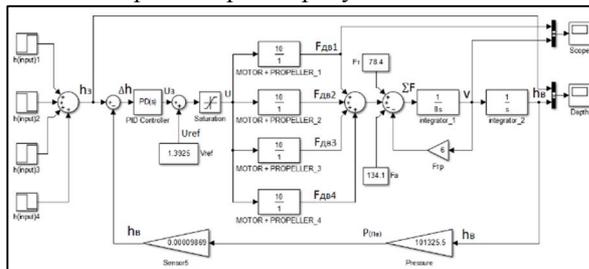


Рис. 3. Математическая модель системы управления глубиной погружения робота

В схеме имеется четыре блока $h(\text{input})$, при помощи которых задаётся глубина погружения робота. В момент времени $t_1=1$ с задаем глубину погружения 6 м, при $t_2=6$ с глубину 3 м, при $t_3=17$ с глубину 10 м, при $t_4=22$ с глубину 1 м. В итоге на выходе с первого сумматора имеем сигнал, задающий глубину погружения робота в определённые моменты времени.

Блок PID Controller представляет собой ПИД-регулятор, настройка которого производится после

составления модели управления глубиной погружения робота.

Блок V_{ref} задает начальное значение тяги движителям, чтобы придать роботу нейтральную плавучесть. Его значение получено путем векторной суммы сил внешней среды, действующих на робота в воде и представлено в виде постоянного значения (в вольтах) управляющего сигнала для движителей. Таким образом, управляющий сигнал на движителях формируется путем суммы сигнала блоков V_{ref} и PID Controller. Передаточная функция движителя и винта представлена коэффициентом, равным 10. Далее, суммарная тяга со всех движителей $\sum F_{ДВ}$ складывается с внешними силами, действующими на робота: F_T – сила тяжести, F_A – сила Архимеда, $F_{ТР}$ – сила трения/сопротивления воды. На выходе имеем вектор результирующей силы. Проинтегрировав его, получим скорость, значение которой поступает через обратную связь на сумматор. Проинтегрировав еще раз, получим перемещение – глубину – выходной сигнал (реальное значение глубины, на которой находится робот в текущий момент времени). Выходное значение глубины фиксируется, пересчитывается в давление, значение которого поступает на датчик глубины (блок Sensor), и через обратную связь поступает на сумматор, на выходе которого формируется ошибка – отклонение выходного сигнала от заданного значения. На схеме представлено два блока Gain, потому что датчик фиксирует значение давления и, затем, программно переводит его в глубину (10 м = 101325,5 Па). Коэффициенты ПИД-регулятора получены с помощью встроенной функции автоматической настройки в MATLAB Simulink.

Заключение

Конечным результатом проекта предполагается создание прототипа телеуправляемого подводного робота «Odyssey», при помощи которого будет проводиться тестирование специализированного оборудования, эксплуатируемого в водной среде и создаваемого в лаборатории «Телекоммуникации, приборостроения и морской геологии» Института кибернетики Томского политехнического университета.

Список использованных источников

1. И.В. Кожемякин Разработка автономных необитаемых подводных глайдеров / И.В. Кожемякин, К.В. Рождественский, В.А. Рыжов, А.В. Смольников, Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел 1. Робототехника, 2013 – с. 31-39.
2. ПИД-регулятор [Электронный ресурс] URL: <http://habrahabr.ru/post/145991/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 02.04.2016 г.

ИСКУССТВЕННЫЕ МЫШЦЫ В БИОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Булатов А.П.

Научный руководитель Замятин Н.В.
Томский политехнический университет
apb10@tpu.ru

Введение

В современной робототехнике и бионике отсутствуют компактные энергоэффективные двигатели, которые могут быть интегрированы в различные мехатронные системы взаимодействующие так или иначе с человеком. Примерами таких систем может служить искусственная конечность, лишенная ряда недостатков присущих ей сейчас или же экзоскелет, позволяющий двигаться людям с ограниченными возможностями. Помимо конечностей для людей это могут быть все возможные движущие модули роботов.

Искусственные мышцы

Поскольку развитие роботов связано с необходимостью замены человека в опасных для него условиях либо в недостижимых местах, то и принцип их построения тесно связан со строением человека. Манипулятор представляет собой подобие руки, андроид и вовсе является человекоподобным роботом. Однако, ни современные конечности гуманоидных роботов или протезы, ни сверхточные манипуляторы не отличаются плавностью действий и малыми габаритами, хотя и активно развиваются в этом направлении. Искусственные мышцы или мускулы являются перспективной технологией, которая может справиться с существующими недостатками данных систем. Для того чтобы понять, что же такое искусственные мышцы обратимся к понятию мышцы или мускула.

Мышцы или мускулы — органы тела животных и человека, состоящие из упругой, эластичной мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов. Предназначены для выполнения различных действий: движения тела, сокращения голосовых связок, дыхания.

Ища простейшую единицу мышцы, мы обнаружим мышечную клетку или миоцит. Все мышечные ткани нашего тела состоят из специализированных мышечных клеток, например, кардиомиоциты в сердце и так далее. Говоря о искусственных мышцах, можно выделить два больших «лагеря». Своего рода миоцитом для группы полимерных мускулов служат различные химические структуры – полимеры, а порой и объединения таких полимеров (Рисунок 1).

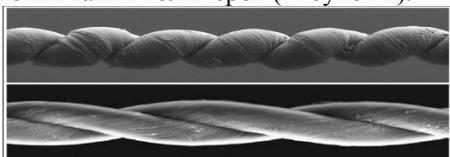


Рисунок 1 – Полимерные(нейлоновые) мышцы.

Для группы углеродных мышц в роли миоцитов выступают углеродные нано трубки (рисунок 2), удивительный материал, открытый группой химиков в 1985 году.

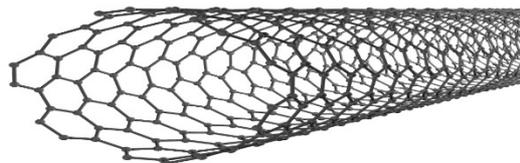


Рисунок 2 – Углеродная нано трубка.

Обе представленные группы имеют свои достоинства и недостатки. Рассмотрим более подробно каждую группу.

Полимерные мышцы

Среди этой группы мышц можно выделить несколько подгрупп разделенных по принципу действия.

Первая подгруппа — это мышцы сокращающиеся за счет изменения температуры. Именно она представлена на рисунке 1. Они гораздо сильнее естественных человеческих — способны поднять в сто раз больше веса и генерировать в сто раз больше механической энергии. На самом деле, по производительности они больше напоминают реактивный двигатель: 7,1 лошадиной силы на килограмм. И всё это исключительно благодаря простейшим составляющим конструкции, в которую входят обычные швейные с металлическим напылением нитки и рыболовные лески.

Мышцы «питаются» за счёт тепловой энергии из-за перепада температур, который можно достигнуть при поглощении света или в ходе химической реакции. Скручивание полимерного волокна преобразует его в мышцу, способную вращать тяжёлый ротор со скоростью около 10 тысяч оборотов в минуту.

Последующее дополнительное скручивание полимерной лески конвертирует её в мышцу, которая резко сжимается вдоль своей длины при нагревании, но возвращается в исходное состояние при дальнейшем охлаждении. Интересно, что если скрутить леску в обратном направлении от изначального, то всё будет наоборот — она сожмётся при охлаждении и растянется при нагревании.

По сравнению с природными мышцами, которые способны сократиться лишь на 20%, искусственные умеют сокращаться до 50% от изначальной длины. При этом они ещё и очень выносливые, то есть не теряют своей

производительности даже после нескольких миллионов сеансов механической нагрузки.

Применение таких мышц невероятно широко как в бионике и робототехнике, так и в других отраслях человеческой деятельности.

Вторая подгруппа – это мышцы, сокращающиеся за счет электрических импульсов.

Учеными из Национального университета Сингапура был создан новый тип искусственных мускулов, чьи показатели впечатлили коллег. Дело в том, что этот новый тип мускулов может растягиваться в пять раз, если учитывать их начальную длину, а вес, который они могут поднимать, превосходит их собственный в 80 раз. По словам доктора Адриана Кох, который на данный момент является руководителем программы, полученный материал имеет структуру, схожую с мышечными тканями живых организмов.

Основной же интерес вызывает то, что, не смотря на свою силу, пластику и гибкость, эти искусственные мышцы реагируют на электрические управляющие импульсы в течение долей секунды, а это, несомненно, колоссальный результат.

Данный материал представляет собой сложный композит, который, в свою очередь, состоит из различных полимеров. Используя в данном составе материала эластичные полимеры со способностью растягиваться в 10 раз и полимеров, способных выдерживать вес в 500 раз превышающий свой собственный, позволили добиться таких удивительных результатов. Как сообщают ученые – работа над разработкой будет длиться еще не один год, а в течение нескольких лет, планируется создать несколько видов конечностей для роботов, которые оснастят данным видом искусственных мускулов. Интересно то, что конечность будет иметь вес и размер в два раза меньше человеческого аналога, однако шансов на победу у человека будет не много.

Несмотря на то, что данная разработка является наиболее интересной для группы ученых именно в этой сфере, параллельно они планируют использовать полученный материал для иных целей. Так, например, новый материал способен выполнять превращение механической энергии в электрическую энергию и наоборот. И поэтому ученые параллельно занимаются разработкой конструкции электрического генератора на основе мягких полимерных материалов. Интерес тут представляет тот факт, что по планам его вес составит около 10 килограмм, а вырабатывать электроэнергию сможет столько же, сколько вырабатывает традиционный генератор, используемый в турбинах ветрогенераторов и весом в 1 тонну.

Мышцы из нано углеродных трубок

В феврале - марте 1999 г. в городке Кирхберг, что в Тироле (Австрия), состоялась 13-я

Международная зимняя школа по электронным свойствам новых материалов. Среди довольно большого числа докладов по нанотрубкам общее внимание привлек доклад международной исследовательской группы сотрудников во главе с Рэем Баухманом (Ray Baughman), сотрудником компании "Эллайд Сигнал" (Allied Signal). Доклад был посвящен созданию искусственных мускулов и позднее изложен в статье, опубликованной в журнале "Сайенс" (Science, 1999. v. 284, N. 5418, p. 1340-1344, May 21).

Создать искусственные мускулы пытаются давно, и для решения этой задачи просматривались несколько путей. Можно, например, использовать пьезоэффект: изменение размеров кристалла или керамики при наложении электрического напряжения. Можно "играть" на способности слоистых веществ расширяться в направлении, перпендикулярном плоскости слоев, при внедрении между слоями химикатов. Но эти пути либо сложны, либо малоэффективны.

В группе Баухмана использовали иной принцип. Углеродные нанотрубки можно получать в виде листочков нанобумаги, в которых трубки перепутаны, переплетены друг с другом. Такую нанобумагу можно брать в руки, разрезать на полосы. Первые эксперименты были на удивление просты.

Исследователи приклеили две полосы нанобумаги к противоположным сторонам липкой ленты, присоединили к концам электроды и опустили в солевой раствор, обеспечивающий электропроводность. При включении электрической батареи, дающей напряжение в несколько вольт, обе полосы нанобумаги слегка удлинились, но связанная с отрицательным полюсом батареи удлинилась больше, и они изогнулись. Искусственный мускул (актюатор) действовал.

Искусственные мускулы со временем можно будет использовать для протезирования органов и отдельных мышц (скажем, сердечной). На их основе легко удастся сконструировать "руки" и "пальцы" роботов, работающих в космическом холоде или в 1000-градусную жару, в вакууме и в среде агрессивных газов.

Углеродные мускулы можно использовать и для производства энергии, поскольку, по словам Баухмана, эффект обратим: сгибание и разгибание полосок создают электрический потенциал. Соединенные в цепь элементы могут использовать энергию волн, приливов и отливов в электростанциях нового типа. Каждый автомобиль можно будет со временем снабдить легким устройством, которое при торможении станет

В заключении хотел бы подчеркнуть, что две существующие группы искусственных мышц не входят друг с другом в конфронтацию, скорее наоборот, совместное использование этих групп приведет к значимым результатам в будущем.

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ И УЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ФБУ «ТОМСКИЙ ЦСМ»

Бардакова М.И.

Томский политехнический университет

mib3@tpu.ru

Введение

На сегодняшний момент нет ни одной области деятельности, где бы решающее значение не имели измерения. Ежедневно в нашей стране выполняются многие миллиарды измерений, на долю которых приходится 10-15 % затрат общественного труда.

Однако измерения имеют смысл лишь в том случае, если обеспечено единство измерений. Результаты измерений, полученные в разных лабораториях, на разных предприятиях, отдаленных друг от друга на многие тысячи километров, должны быть сопоставимы. Принятый в 2008 г. Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» сыграл определяющую роль в становлении новых принципов регулирования метрологической деятельности [1].

Государственные региональные центры метрологии, лежащие в основании метрологической инфраструктуры национальной экономики, являются важнейшим звеном в цепи передачи размера единицы от Государственных эталонов рабочим СИ. В Томской области функции Государственного регионального центра метрологии возложены на ФБУ «Томский ЦСМ».

Разработка модели АИС для ФБУ «Томский ЦСМ»

Эталонная база ФБУ «Томский ЦСМ», иные СИ и вспомогательное оборудование, включающие без малого 1400 единиц, более 40 аттестованных поверителей, актуализированный фонд НД – весь этот метрологический потенциал ФБУ «Томский ЦСМ» позволяет в течение года осуществлять поверку порядка 170-200 тысяч и калибровку порядка 11 тысяч единиц СИ самого различного назначения и применения.

В настоящее время в условиях ежегодного увеличения объемов поверки и калибровки СИ, выполняемых данным учреждением, с учетом всеобщего применения и распространения информационных технологий и систем, актуальной является проблема автоматизации (полной или частичной) выполнения операций поверки и калибровки СИ, в том числе с использованием компьютеризированных способов организации управления данными – БД, позволяющих эффективно хранить структурировать и систематизировать больше объема данных.

Основной проблемой в данной сфере является правильность и скорость оформления результатов поверки и калибровки СИ, а также учет этих результатов. Для решения данных проблем конкретно для ФБУ «Томский ЦСМ» было предложено разработать АИС регистрации и учета результатов поверки СИ, которая позволит быстро и качественно оформлять результаты поверки и калибровки СИ, хранить результаты длительное время в электронном виде и осуществлять среди них поиск по различным критериям. Данная АИС также позволит создать базу эталонов ФБУ «Томский ЦСМ», базу МП и собственных СИ.

Регистрация и учет результатов проверки включает в себя:

- сведения о Заказчике;
- сведения о поверяемом/калибруемом СИ;
- сведения о применяемых эталонах СИ;
- сведения о НД, применяемых при поверке/калибровке;
- сведения о результате поверки/калибровки СИ.

Сведения о Заказчике включают: наименование юридического (физического) лица, ИНН.

Сведения о поверяемом/калибруемом СИ включают: наименование, тип (если в состав СИ входят несколько автономных блоков, то приводят их перечень), серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются), заводской номер (номера).

Сведения о применяемых эталонах включают: наименование, заводской номер, разряд, класс или погрешность.

Сведения о НД, применяемых при поверке/калибровке включают: наименование и номер документа на МП.

Сведения о результате поверки/калибровки СИ включают: соответствует ли поверяемое/калибруемое СИ описанию типа и может ли быть оно признано пригодным к применению на основании результатов периодической (первичной) поверки или калибровки.

Все эти данные являются обязательными при оформлении свидетельства и протокола поверки/калибровки СИ в соответствии с [2].

Прежде чем разработать модель АИС необходимо провести обзор и анализ существующих аналогов программных продуктов в данной области.

При анализе наиболее зарекомендовавших себя программных продуктов (Автоматизированная система метрологического учета и контроля АСОМИ, АИС «Метролог», Программное обеспечение «МЭТР») для автоматизации учёта СИ и результатов метрологической деятельности, выявлено то что им всем присущи следующие недостатки: [3,4,5,6]

- высокая цена;
- недостаточная функциональность;
- нет гибких механизмов разграничения доступа к данным;
- данные программные средства не предполагают оформление свидетельств об аттестации эталонов единиц величин.

Главным недостатком АСОМИ и АИС «Метролог» является то, что они предназначены для предприятий имеющих парк СИ, с их помощью можно отслеживать «движение» СИ по предприятию, формировать графики поверки/калибровки СИ и т.д. Однако данные программные средства не предназначены для оформления свидетельств и протоколов поверки СИ, а в ПО «МЭТР» нет возможности оформления свидетельств об аттестации эталонов единиц величин, которые используются ФБУ «Томский ЦСМ» в своей поверочной деятельности.

Одним из вариантов решения выше указанных проблем для ФБУ «Томский ЦСМ» может стать разработка АИС на базе 1С: Предприятие 8, так как: гибкий интерфейс - пользователь может использовать для работы в программе тот интерфейс, который считает наиболее подходящим для себя; возможность создания распределённой информационной базы; возможна интеграция части решений 1С: Предприятие 8 с сайтом компании; во всех решениях 1С: Предприятие 8 существует внешняя обработка, которая способна восстановить БД, которая была разрушена при неправильном выключении компьютера или выключении электроэнергии; низкая цена за конечный продукт.

Создание собственной автоматизированной системы позволит учесть все особенности учета результатов поверки/калибровки СИ в ФБУ «Томский ЦСМ».

Ожидаемый эффект от внедрения:

создание базы СИ и эталонов, принадлежащих ФБУ «Томский ЦСМ», и контроль своевременного выполнения поверки и калибровки; сохранение результатов поверки/калибровки СИ в течение длительного времени и создание архивов данных; снижение стоимости работ по поверке/калибровке СИ; сокращение времени оформления результатов поверки/калибровки СИ; актуальность - возможность оперативно отражать изменения; удобство - понятный интерфейс; непротиворечивость и достоверность данных.

Заключение

Автоматизация процессов обеспечивает управляемость процессами, достоверность и быструю скорость обработки информации. Поэтому на сегодняшний день большинство сфер жизнедеятельности человека подвергаются автоматизации.

Яркой иллюстрацией является пример АИС для «Томского ЦСМ».

Внедрение АИС обеспечит эффективное управление процессом регистрации и учета результатов, многократно сократит трудо- и время потери и позволит хранить результаты в удобном для сотрудников виде.

Автоматизация процесса приведет к:

- снижению стоимости работ по поверке/калибровке СИ;
- сокращению времени оформления результатов поверки/калибровки СИ;
- созданию базы СИ и эталонов, принадлежащих ФБУ «Томский ЦСМ», и контроль своевременного выполнения их поверки, калибровки и аттестации;
- сохранению результатов поверки/калибровки СИ в течение длительного времени и создание архивов данных;
- снижению числа ошибок поверителей при вводе данных.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gostrf.com/Basesdoc/53/53355/index.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
2. ПР 50.2.006-94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений. – М.: Стандартиформ, 1994. – 10 с.
3. Система автоматизированного метрологического учета и контроля - АСОМИ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.novosoft.ru/consulting/sumo_system.shtml, свободный. – Загл. с экрана.
4. Требования к совместимости программно-аппаратных средств метрологической службы юридического лица с АИС «Метрконтроль». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.novosoft.ru/articles/ais-metrokontrol.shtml>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Автоматизированная информационная система (АИС) «Метролог». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.palitra-system.ru/aismetrolog.html>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Программное обеспечение «МЭТР». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://po-metr.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕМОНТА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА «ROADBOT»

Рачис В.А., Васильев И.В., Комнатный А.А.

Томский политехнический университет, Томский университет систем управления и радиоэлектроники
Seva-ra4is@mail.ru

Ни для кого не секрет, что дороги в России далеко не на высшем уровне. Российские дороги в 2016 году заняли 123-е место в мировом рейтинге из 140 получив 2,7 балла из 7. [1]

Существует огромное количество ям не более 10x10 см². Для ремонта таких ям в Европе и Америке уже давно используется струйно-инъекционный метод ямочного ремонта, однако в России он только начал применяться. [2]



Рисунок 1 – Робот

Мы предлагаем решение данной проблемы. Наша идея заключается в создании робототехнической мобильной платформы способной к автоматизированному ремонту дорожного полотна, в частности ям, при помощи струйно-инъекционного метода.

Для начал оценим рынок дорожной инфраструктуры. Человек пользовался, пользуется и будет пользоваться дорогами, будь они сделаны из земли, асфальта или наноматериалов. Потребность в них не исчезнет никогда, поэтому данный рынок очень выгоден, ведь в него вкладывают много финансовых средств.

А теперь оценим рынок «smart city». Эта концепция имеет за собой удачный опыт «internet of things». Люди стремятся максимально упростить свою жизнь, от того появляются такие идеи. Этот рынок сейчас только развивается и при удачном стечении обстоятельств может войти в обиход одновременно с нашей разработкой.

Основной платформой прототипирования была взята платформа Raspberry Pi 3. Она обладает высокой вычислительной мощностью, позволяет работать с Kinect, имеет возможность выхода в интернет при помощи встроенного WiFi или Ethernet, а также имеет достаточно USB входов для подключения всей периферии.

Однако несмотря на то, что Raspberry Pi 3 может управлять моторами и принимать показания с датчиков, было принято решение о передаче управления всей микроэлектронной периферией Arduino Mega 2560. Это сделано из-за того, что:

- Arduino Mega 2560 обладает достаточным количеством пинов
- Некоторые устройства не работают под управлением Raspberry Pi
- Arduino дешевле (на случай неисправности микроэлектроники)
- Не хочется перегружать Raspberry Pi дополнительными вычислениями
- Arduino может считывать аналоговый сигнал

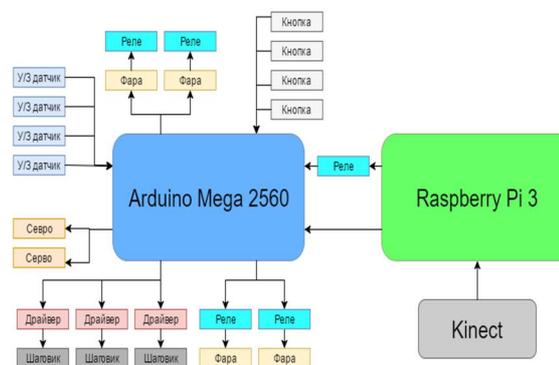


Рисунок 2 – Принципиальная схема

Процесс изготовления состоял в следующем: создать детали на станках, обработать их, собрать в единую конструкцию и подключить электронных элементы.

В качестве оборудования для изготовления необходимых деталей были выбраны:

- 3D принтер BFB 3D Touch для создания мелких деталей, которые можно было изготовить только 3D печатью
- Лазерно-гравировальный станок LaserPro Spirit GLS для плоских деталей из фанеры от 3-6 мм
- Фрезер FlexiCAM S2 для создания 18мм деталей из фанеры, в частности основной части корпуса



Рисунок 3 – Алгоритм робота

Полный алгоритм работа циклически повторяется и состоит из основных четырёх частей: мониторинг, очистка, ремонт и уборка. Стоит заметить, что на протяжении всех этапов работы идёт трансляция видео на сервер.

Процесс «Ремонт» проходит по следующему алгоритму: робот наезжает на яму, сканирует асфальт с помощью ультразвукового дальномера, размещенного на подвижном экструдере и составляет карат глубины. В зависимости от размера ямы выставляется необходимый объем раствора, высыпаящегося при помощи мотора постоянного тока.

В качестве языка программирования был выбран Python, так как это единственный язык, который может обрабатывать карту глубины, полученную с Kinect. Также в команде имеется участник, который умеет программировать на этом языке и работал с OpenCV, которое будет использоваться в процессе мониторинга дороги на ямы.

Промежуточный итог

- Закончен корпус робота. Основная часть выполнена из 18 мм фанеры, остальное из 6мм фанеры и ABS пластика
- Мы имеем необходимую техническую базу для реализации требуемого функционала, большая часть из которой взята в долг
- Проект принял участие в крупной конференции и получил много приятных отзывов
- На данный момент робот находится на стадии программирования

Литература

1. Какая страна по качеству дорог в рейтинге Всемирного экономического форума занимает 1 место? // Автомобильные дороги URL: <http://tomnosti.info/dorogi-kak-i-pochemu-2/rejting-kachestva-dorog-rossii.phtml> (дата обращения: 04.10.2016).

2. Струйно-инъекционный метод ямочного ремонта // Сибинвестстрой URL: <http://drimstroy.ru/stati-o-stroitelstve/dorog/29-struyno-inekcionnyu-metod-yamochnogo-remonta.html> (дата обращения: 04.10.2016).

КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИМИ СИГНАЛАМИ

Булавко Е.С.

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
e-mail: elena-bulavko@rambler.ru

Введение

Важное значение для улучшения качества систем автоматического регулирования (САР) является обеспечение необходимого запаса устойчивости и быстродействия. Поэтому при проектировании САР, удовлетворяющей требованиям по точности и качеству, большое внимание уделяется выбору корректирующих устройств (КУ).

Различают следующие разновидности корректирующих устройств:

- линейные КУ;
- нелинейные КУ;
- псевдолинейные КУ.

Среди линейных КУ наибольшее применение получили пропорционально-дифференцирующее, пропорционально-интегрирующее и пропорционально-интегро-дифференцирующее [1].

Линейные корректирующие устройства имеют ограниченные возможности в получении высоких показателей качества САР. Так как АЧХ и ФЧХ являются одновременно зависимыми от параметров КУ. Реализуя с помощью КУ требуемую АЧХ САР можно получить нежелательную ФЧХ и наоборот. В виду этого в САР в настоящее время широко применяются нелинейные КУ.

Нелинейные КУ позволяют в нестационарных системах получать практически постоянные запасы устойчивости и показатели качества вне зависимости от изменения параметров объекта. К таким устройствам относят нелинейные четырехполосники последовательного и параллельного действия, нелинейные законы управления, нелинейные КУ с неизменяемой частью системы и переключающие КУ [2].

Для анализа и синтеза нелинейных систем широко применяются частотные методы. При таком подходе, из большинства нелинейных устройств пригодных для коррекции, выбираются устройства, амплитудно-фазовые характеристики которых не зависят от амплитуды входного сигнала. Такие устройства называются псевдолинейными корректирующими устройствами (ПКУ).

Наиболее широкое распространение нашли следующие ПКУ [2]:

- ПКУ с амплитудным подавлением;
- ПКУ с фазовым опережением;
- ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

Псевдолинейные корректирующие устройства

ПКУ с амплитудным подавлением представляет собой комбинацию последовательно соединённых блоков низкочастотного фильтра, арифметических блоков умножения, модуля, взятие функции $\text{sign } x$ (рисунок 1).

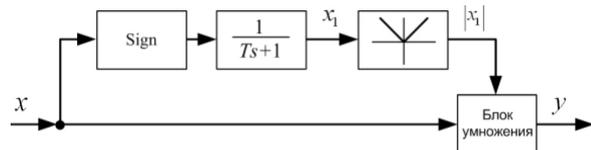


Рис.1 Структурная схема ПКУ с амплитудным подавлением

Нелинейный фильтр позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. Чем больше постоянная времени T , тем сильнее происходит подавление амплитуды, но при этом фазовый сдвиг, внесённый корректором, увеличивается.

Структурная схема псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением приведена на рисунке 2.

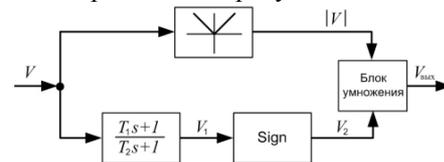


Рис.2 Структурная схема ПКУ с фазовым опережением

ПКУ с фазовым опережением вносит положительный фазовый сдвиг, величина которого зависит от значения постоянных времени T_1 и T_2 .

Структурная схема ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы представлена на рисунке 3.

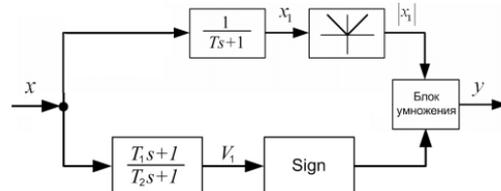


Рис.3 – Структурная схема ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы

Входной сигнал разветвляется и проходит по двум каналам. Верхний канал – амплитудный, служит для формирования необходимой АЧХ, нижний канал – ФЧХ.

Нелинейные корректирующие устройства с переключающими сигналами

Одной из наиболее простых схем для решения задачи уменьшения инерционности систем является схема, представленная на рисунке 4.

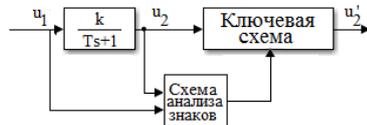


Рис.4 – Нелинейное корректирующее устройство

Схема работает следующим образом. Сигнал с входа и выхода звена поступают на схему сравнения знаков. При нарушении условий устойчивости в системе возникают колебания. Выходной сигнал u_2' в некоторые промежутки времени, определяемые постоянной времени звена, будет при этом иметь знак противоположный знаку входного сигнала u_1 . На этих интервалах времени схема анализаторов знаков вырабатывает управляющий сигнал для ключевой схемы, которая отключает сигналы с выхода инерционного звена. Особенностью такого КУ является то, что корректирующий сигнал вводится только при возникновении колебаний. При отсутствии колебаний звено ведет себя как обычное линейное звено. Таким образом, интервалы времени, на которых выходной и входной сигнал не совпадают по направлению, выходные цепи звена закорачиваются или разрываются [3].

Реакция НКУ на синусоидальный входной сигнал приведена на рисунке 5.

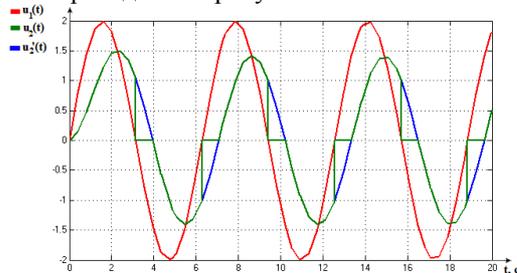


Рис.5 – Реакция НКУ на синусоидальный входной сигнал

Оценить влияние КУ можно по изменению эквивалентной передаточной функции, полученной методом гармонической линеаризации. Анализ показал, что звено вносит подавление амплитуды, но при этом отрицательный фазовый сдвиг до -60° [3].

Сравнение переходных процессов в САР с различными КУ

Для сравнения переходных процессов в САР с ПИД-регулятором, последовательно соединенным с КУ, выбран объект управления второго порядка. В качестве КУ исследовались ПКУ с амплитудным подавлением и КУ с переключающими сигналами.

Параметры объекта управления равны $K=15$, $T_1=10$, $T_2=2$, коэффициенты регулятора равны $K_p=0.2$, $T_i=0.03$, $T_d=0.12$. Переходные процессы в САР с различными КУ приведены на рисунке 6.

Кривая 4 соответствует переходному процессу без применения КУ до изменения постоянной времени T_2 ОУ со значения 8 до значения 2. Кривые 1,2,3 – соответствуют процессам после изменения постоянной времени T_2 ОУ со значения 8 до значения 2. Кривая 1 – соответствует переходному процессу с ПКУ с амплитудным подавлением при $T=60$ с, кривая 2 – с КУ с переключающими каналами при $T=12$ с и $k=0.15$, кривая 3 – без применения КУ.

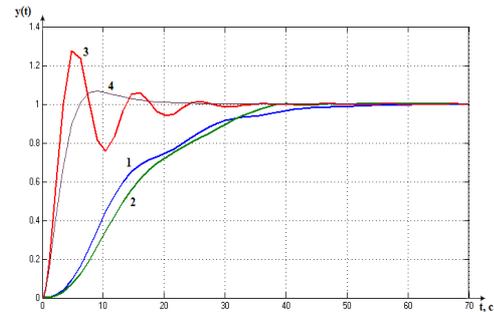


Рис.6 – Переходные процессы в САР

Результаты исследований показали, что применение данных корректирующих устройств в составе САР позволяют уменьшить колебательность, тем самым увеличивая запас устойчивости САР.

Наилучший результат при этом достигается при использовании КУ с переключающими каналами ($t_{пп}=34$ с, для ПКУ $t_{пп}=44$ с).

Заключение

Исследования показали, что входящее в состав регулятора корректирующее устройство с переключающими каналами позволяет обеспечить хорошее качество регулирования.

Недостатком использования такого корректирующего устройства является уменьшение запасов устойчивости по фазе, так как данное устройство вносит отрицательный фазовый сдвиг.

При этом использование псевдолинейного корректирующего устройства имеет обратный результат: уменьшение быстродействия, но увеличение запаса устойчивости.

Данные исследования произведены с целью разработки адаптивной системы автоматического регулирования, в которой в зависимости от текущего состояния системы производится выбор и использование наиболее эффективного КУ.

Список использованных источников:

1. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]://Твоя книжная полка URL: // <http://www.krivda.net>
2. Топчеев Ю.И., Нелинейные системы автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1971. – 470с.
3. Хлыпало Е.И., Нелинейные корректирующие устройства в автоматических системах, 1973. – 344с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЛИНИИ СВЯЗИ

Орлов Э.Е.

Громаков Е.И.

Томский политехнический университет

timaball@ya.ru

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций. Требует дополнительного применения датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений, иногда копирующие нервные и мыслительные функции человека.

Направление автоматизации выбрано в сфере геотехнического мониторинга магистрального газопровода, его модернизация и разработка SCADA системы для управления и мониторинга данного процесса

В некоторых местах магистральный газопровод проходит в зонах активных тектонических разломов. В таком случае предусмотрено создание системы мониторинга технического состояния газопровода. Для осуществления комплексного мониторинга технического состояния используют следующие системы: геодеформационная, система мониторинга интеллектуальных вставок (СИ ИВ), волоконно-оптическая система (ВОС).

Волоконно-оптическая система геотехнического мониторинга (ВОС-ГТМ), Предназначена для измерения следующих параметров в зонах пересечения АТР и участков с сейсмичностью свыше восьми баллов:

- температура вмещающего трубопровод грунта;
- деформация вмещающего трубопровод грунта;
- смещение оси трубопровода на участках АТР.

Измерения проводятся при помощи методов рефлектометрии вынужденного Бриллюэновского рассеяния в протяженных волоконно-оптических датчиков, расставленных вдоль трубопровода с определенным шагом, соответствующим разрешающей способности.

Среди всех процессов рассеяния, возникающих при прохождении световой волны через оптическое волокно, вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна (ВРМБ) может идеально подходить для измерения температуры и

механических деформаций. В действительности, частотные характеристики ВРМБ зависят от температуры и деформаций (напряжений), и поэтому могут использоваться для проведения измерений. Процесс ВРМБ возникает в результате взаимодействия между проходящим светом и присутствующими в среде прохождения акустическими волнами, возбужденными тепловыми колебаниями решетки. Это взаимодействие приводит к возникновению рассеянных волн (волн, движущихся в обратном направлении), испытывающих доплеровский сдвиг по частоте вследствие самой природы движения акустических волн. Доплеровский сдвиг по частоте, называемый также бриллюэновским сдвигом частоты ν_B , напрямую связан со скоростью акустических волн в кремниевой среде и определяется формулой:

$$\nu_B = 2n V_a / \lambda_0$$

где n – показатель преломления кремния, V_a – скорость акустической волны, λ_0 – длина акустической волны. При длине волны 1,55 микрон бриллюэновский сдвиг составляет 10-11 ГГц, в зависимости от типа оптического волокна.

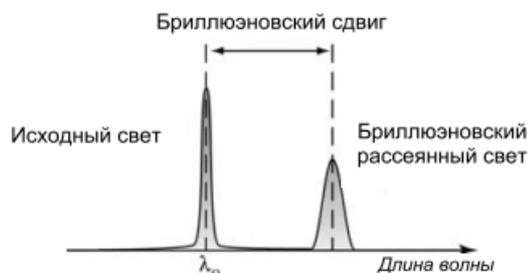


Рис. 1. Спектральное представление проходящего света и образуемого рассеянного света в результате бриллюэновского рассеяния.

Поскольку акустическая скорость строго зависит от температуры и механических деформаций, положение бриллюэновского рассеянного света, то есть бриллюэновского сдвига частоты, также зависит от температуры и механических деформаций. Эта зависимость является линейной и может быть выражена.

При измерении бриллюэновского сдвига частоты мы имеем возможность измерить локальную температуру и механические деформации, с условием, что нам известны калибровочные коэффициенты $Coef1$ и $Coef0$ для имеющегося оптического волокна. Измерения распределения температуры и механических

деформаций возможны с использованием временного анализа, сходного с радиолокационным анализом. В волоконно-оптический датчик запускается оптический импульс, и вернувшийся рассеянный свет записывается как функция времени. Зная скорость света в оптическом волокне, можно перевести время в расстояние и произвести точную локализацию. Ширина оптического импульса определяет пространственное разрешение измерения, так как информация, собранная в данный момент, соответствует взаимодействию, произошедшему на расстоянии, которое определяется длиной оптического волокна, которое успел пройти импульс света. Например, оптический импульс 10 нс имеет пространственное разрешение 1 метр, что означает, что событие, произошедшее вдоль расстояния менее 1 метра, может быть обнаружено, но не может быть точно измерено. Помимо этого, температура и механические деформации, являющиеся приблизительно постоянными на расстоянии большем, чем пространственное разрешение, могут измеряться с наилучшей точностью.

Методика получения информации основана на последовательной регистрации бриллюэновских взаимодействий на различных характерных частотах. Сначала составляется полная частотная характеристика оптического волокна как функция расстояния, а затем производится расчет локального бриллюэновского сдвига частоты с учетом максимального бриллюэновского взаимодействия в каждой точке оптического волокна, как показано на рисунке 2.

Для получения данных и обеспечение точных расчетов, используется такой метод прокладки кабеля как «Петля». Один датчик (участок кабеля) имеет два оптических волокна. Одно отвечает за подачу оптического сигнала по кабелю к блоку заделки волокна, а другое – за возврат оптического сигнала из блока соединения волокна к прибору. Тем самым образуется петля. Оба волокна свариваются или соединяются, и место соединения, как правило, защищается с помощью завершающей или соединительной коробки.

Вдоль газопровода на расстоянии около 2-х метров от оси укладывается оптика для связи с оборудованием (управление кранами, датчиками). Для этого приходится данных кабель фиксировать в отдельный короб и укладывать в траншею. Объединив ВОС и линию связи, позволит сократить стоимостные издержки на покупку оборудования. Система будет состоять из одного провода, который будет крепиться на трубопровод и обеспечит работу двух функций:

- мониторинг за геотехническим состоянием газопровода;
- обеспечение связи между оборудованием

Работать осуществляется с небольшой задержкой по времени что ни как не должно сказаться на правильную работу и ВОС и других частей на магистральном газопроводе

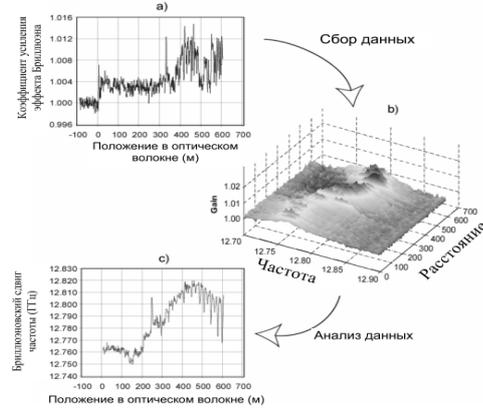


Рис.

2. Процесс сбора и обработки данных.

Для слежения за данными с датчиков разработана система в программном пакете WinCC, и будет выполнять следующие функции:

- Выбор места залегания МГ
- Сбор данных в БД
- Обзор точечного места нахождения датчиков

Скриншот работоспособности программы представлены на рисунке ниже (Рис. 3).



Рис.

3 Скриншот SCADA

Для соединения двух видов связи в одну реализован метод отправки пакетов данных с приоритетом. Скриншот программы представлен ниже на рисунке 13.

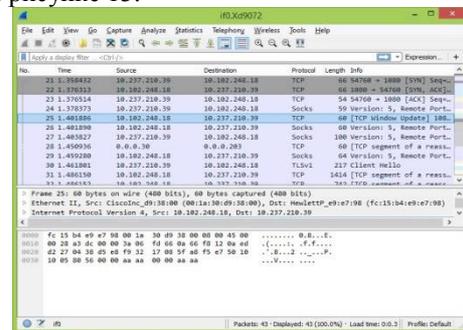


Рис. 13 Скриншот из программы Wireshark

В результате проделанной работы можно с уверенностью сказать, что разработанная и смоделированная система имеет право на существование. Может использоваться как альтернатива, преимущества которой неоспоримы.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ТРУБОПРОВОД – ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ» ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ДАТЧИКА НА БОКОВОЙ СТЕНКЕ ТРУБЫ

Мамонова Т. Е.

Томский политехнический университет
stepte@tpu.ru

Введение

Ранее в работе [1] была получена математическая модель «трубопровод-датчик давления» при расположении датчика на торцевой стенке трубы. Однако наиболее важную информацию несёт подобная математическая модель при расположении датчика на боковой стенке трубы.

Целью работы является получение математической модели системы «датчик давления - трубопровод», связывающих давление в трубопроводе и прогиб чувствительного элемента датчика давления, а так же исследование динамики чувствительного элемента в зависимости от параметров, входящих в модель.

Практическая новизна работы заключается в том, что полученная модель позволит учитывать параметры чувствительных элементов датчиков давления при проектировании технологических процессов и конструкций, включающих в себя датчики давления, расположенные на стенках трубопроводов. Учет всех изменений параметров и их влияние на датчики позволяет продлить срок службы последних и увеличить время между проведениями проверок датчиков. Это позволит сократить затрачиваемые средства и отказаться от проведения дополнительных компьютерных исследований.

Получение математической модели

Со стороны жидкости внешняя нагрузка на мембрану определяется совокупностью давлений, которая формируется в трубопроводе. По данной причине необходимо совместное решение закона изменения давления в трубопроводе и уравнения движения мембраны упругого элемента, т.е. уравнения [2]:

$$\begin{aligned} L(\omega) &= P_0(y) - \frac{1}{y_0} \int_0^{y_0} P^*(y) dy + \\ &+ \rho \frac{\cos(\pi x / x_0)}{\pi / x_0} \int_a^b \ddot{\omega} \cos(\pi x / x_0) dx - \\ &- \cos(\pi y / y_0) \int_0^{y_0} P^*(y) \cos(\pi y / y_0) dy = \\ &= \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \ddot{\omega} + \rho_m h \dot{\omega} + \beta \dot{\omega} + \frac{Eh}{1-\mu^2} \omega, \end{aligned}$$

где $L(\omega)$ – функция движения мембраны упругого элемента датчика; ω – прогиб чувствительного элемента датчика, м; P_0 – распределенная внешняя нагрузка, действующая

на упругий элемент, Па; y_0 – диаметр трубопровода, м; x_0 – длина трубопровода, м; ρ_m – плотность мембраны, кг/м³; E – модуль Юнга, Па; h – толщина мембраны, м; μ – коэффициент Пуассона, β – коэффициент демпфирования.

Один из способов совместного решения данного уравнения заключается в представлении функции прогиба в виде разложения по полной на отрезке $[a, b]$, где $a = 0, b = y_0$. [3]

В данном случае примем:

$$\omega(y, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_n(t) \cos(\lambda_n y),$$

$$P^*(y, t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(t) \cos(\lambda_n y),$$

$$P_0(y, t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_{0n}(t) \cos(\lambda_n y).$$

С учетом замены $n = 1$ получим следующее уравнение:

$$\begin{aligned} P_0(y) \cos\left(\frac{\pi}{y_0}\right) - \frac{1+y_0}{y_0} P^*(y) + \frac{x_0 \rho}{\pi} = \\ = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \ddot{\omega} + \rho_m h \dot{\omega} + \beta \dot{\omega} + \frac{Eh}{1-\mu^2} \omega, \end{aligned}$$

Упростив уравнение, получим:

$$\begin{aligned} \left(\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} - \frac{x_0 \rho}{\pi} + \rho_m P \right) \ddot{\omega} + \beta \dot{\omega} + \frac{Eh}{1-\mu^2} \omega = \\ = P_0(y) \cos\left(\frac{\pi}{y_0}\right) - \frac{1+y_0}{y_0} P^*(y). \end{aligned} \quad (1)$$

Полученное уравнение является математической моделью «датчик давления - трубопровод» для случая, когда датчик расположен на боковой стенке трубопровода. Данная математическая модель связывает закон изменения давления рабочей среды в трубопроводе и прогиб упругого элемента датчика давления.

Исследование математической модели

Проведем исследование влияния некоторых параметров модели на прогиб чувствительного элемента датчика давления, используя уравнение (1). Исследуемыми параметрами являются:

- толщина чувствительного элемента h ;
- плотность нефти ρ .

Исследование и получение зависимостей проводились с использованием ППП MathCAD и MatLab.

Данные для исследования взяты из [4, 5] и приведены в таблице. При этом за материал взята нержавеющая сталь.

Таблица. Значения параметров датчика, трубопровода и перекачиваемой жидкости, используемые при исследовании модели

Название параметра	Единица измерения	Значение
Модуль Юнга E	ГПа	200
Толщина мембраны h	м	0,0012
Коэффициент Пуассона μ	-	0,27
Коэффициент демпфирования β		0,3
Плотность мембраны ρ_m	$\frac{кг}{м^3}$	8000
Диаметр трубопровода γ_0	м	0,1
Длина трубопровода x_0	м	100
Распределенная внешняя нагрузка, действующая на упругий элемент P_0	Па	100

Результаты исследования приведены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1. График зависимости прогиба чувствительного элемента ω от толщины чувствительного элемента h

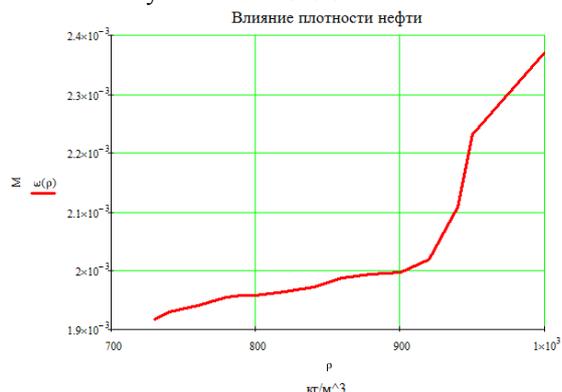


Рис. 2. График зависимости прогиба чувствительного элемента ω от плотности нефти ρ

В результате проведения исследования можно сделать вывод о том, что большее влияние на прогиб чувствительного элемента датчика

давления при его расположении на боковой стенке трубы имеет толщина самого чувствительного элемента. Следовательно, при выборе аппаратуры диагностики трубопровода следует выбирать при возможности сенсоры с наибольшим значением толщины чувствительного элемента. Плотность нефти также важный параметр при выборе датчиков. График рис. 2 показывает нелинейность зависимости прогиба чувствительного элемента от данного параметра. Видим, что имеется диапазон (700 ÷ 900 кг/м³) при котором практически нет влияния на величину прогиба. При перекачивании нефтепродуктов с большей плотностью требуется использовать датчики с большей толщиной чувствительного элемента.

Заключение

Таким образом, полученная математическая модель позволяет выполнить исследования влияния параметров датчика (толщина чувствительного элемента) и перекачиваемой жидкости (плотность) на прогиб чувствительного элемента датчика. Это позволяет подобрать диапазон их изменения при проектировании и эксплуатации трубопроводного транспорта нефтепродуктов.

Список использованных источников

1. Мамонова Т. Е., Овчаров А. Э. Математическая модель «датчик-трубопровод» при расположении датчика на торцевой стенке трубы / Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Под редакцией Т. Е. Мамоновой. 2016. С. 284–285.
2. Радциг А. Н. Экспериментальная гидроаэромеханика – Москва: МАИ, 2004. – 274 с.
3. Гусак А. А. Высшая математика. Учебник для студентов вузов. В 2 т. Т. 1 / 6-е изд. – Минск: ТетраСистемс, 2007. – 544 с.
4. Мамонова Т. Е. Определение параметров утечки из нефтепровода по разности во времени давления в четырех контролируемых сечениях трубы / Автоматизация в промышленности. 2013. № 10. С. 57-61.
5. Математическое моделирование систем и объектов [Электронный ресурс]. – URL: <http://de.ifmo.ru/--books/0051/index.html> (дата обращения 30.09.2016).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 16-38-00010 мол_а.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РЧХ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Михеева О.В., Миронова Е.В., Сидорова А.А.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

e-mail: miheevaov2016@gmail.com

В современном мире тяжело представить производство без использования систем автоматизации и промышленных регуляторов. В настоящее время на технологическом производстве чаще встречается пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор), однако, до сих пор отсутствует какая-либо систематизация методов настройки (например, какой метод обеспечивает лучшие показатели качества переходного процесса для определенного класса объектов управления). Рассмотрим несколько методов и проведем сравнительный анализ данных методов.

На рисунке 1 представлена типовая структурная схема системы автоматического регулирования, где $u(t)$ – входной сигнал, $y(t)$ – выходной сигнал, $e(t)$ – ошибка регулирования, $f(t)$ – возмущающее воздействие.

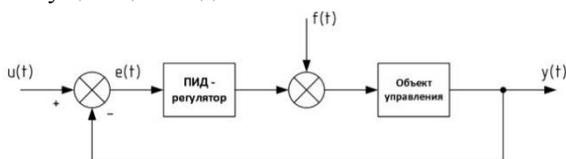


Рис. 7. Структурная схема САР

Рассмотрим в качестве объекта управления – объекты управления четвертого порядка с большим разбросом постоянных времени инерционных звеньев. Передаточная функция ОУ имеет вид:

$$W_{ov}(s) = \frac{170}{(6s+1)^3(400s+1)}. \quad (1)$$

Для проверки устойчивости ОУ составим матрицу Гурвица из коэффициентов характеристического полинома передаточной функции, найдем определитель самой матрицы и ее миноров. Все определители миноров матрицы больше нуля $\Delta_1 = 4.342 \cdot 10^4$, $\Delta_2 = 2.812 \cdot 10^8$, $\Delta_3 = 1.156 \cdot 10^{11}$, $\Delta_4 = 1.156 \cdot 10^{11}$, следовательно, система является устойчивой.

На рисунке 2 представлен устойчивый переходный процесс на выходе ОУ, моделируемый в Simulink Matlab.

Исходя из параметров передаточной функции k_0, T_1, T_2, n , воспользовавшись ПО MathCad, рассчитаем параметры настройки ПИД-регулятора по методу Шубладзе [1]. Результаты расчетов представлены в таблице 1. Переходный процесс САР с ПИД-регулятором, рассчитанным по методу Шубладзе, изображен на рисунке 3.

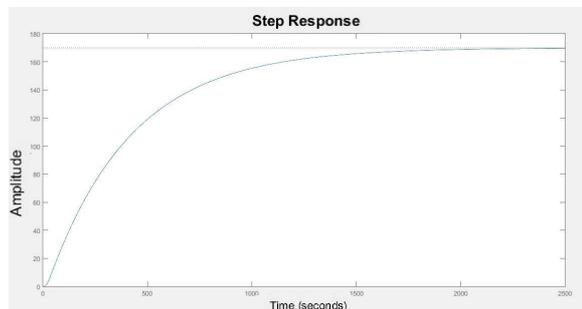


Рис. 8. Переходный процесс ОУ

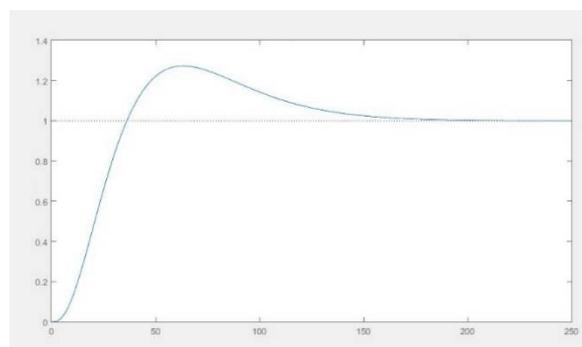


Рис. 9. Переходный процесс САР с ПИД-регулятором

Таблица 1. Настройка по методу Шубладзе

k_p	k_d	k_i
0.116	0.86	0.001727

Данный метод эффективен (обеспечивается незначительное перегуливание и время переходного процесса на выходе САР) только для объектов заданной структуры (1), если класс объекта отличается от заданного, настройка не дает положительных результатов.

Проанализировав показатели качества, получили следующие результаты: время переходного процесса – 133 с., ошибка e_∞ равна нулю, перегуливание – 27%.

Помимо метода Шубладзе, существует множество других методов расчета коэффициентов ПИД-регулятора (метод Циглера-Никольса, метод Куна – «правило Т-суммы», метод Шеделя) и др. [1].

Воспользуемся методом расширенных частотных характеристик (РЧХ). Для этого необходимо выбрать степень затухания переходного процесса $\Psi = 0.82$.

Исходя из значения степени затухания, определим степень колебательности по следующей формуле:

$$m = \frac{\ln(1-\Psi)}{-2\pi} = 0.273. \quad (2)$$

Метод РЧХ основан на амплитудно-фазовых частотных характеристиках (АЧФХ) ОУ и регулятора. Заменяя оператор Лапласа s оператором $(j-m)\omega$, определяем зависимость передаточной функции от частоты, после чего находим значения расширенных частот характеристик ПИД-регулятора, зависящие от комплексных чисел. Избавляясь от комплексности, получим параметрическую систему уравнений, зависящую от частоты [2]:

$$\begin{cases} k_p = R - mI + 2k_d m\omega; \\ k_i = -I(m^2 + 1)\omega + k_d(m+1)\omega^2. \end{cases} \quad (3)$$

В системе (3) R – вещественная часть, I – мнимая часть передаточной функции ПИД-регулятора.

С помощью ПО Matlab была написана программа для вычисления коэффициентов ПИД-регулятора (фрагмент программы представлен на рисунке 4) и построена линия равного затухания (ЛРЗ), представленная на рисунке 5. ЛРЗ показывает зависимость между k_p и k_i при постоянном $k_d = 0.86$.

```
>> m=0.01;0.001;0.270;
>> m=0.273;
>> Wo=(R)/(T4*((j-m).*w).^4+T3*((j-m).*w).^3+T2*((j-m).*w).^2+T1*((j-m).*w)+1);
>> Wz=1./Wo;
>> R=real(Wz);
>> I=imag(Wz);
>> Kp=m.*J-R+2*m.*w*1.5;
>> Ki=w*(m^2+1).*(J+w*1.5);
>> plot(Kp,Ki);xlabel('axis Kp');ylabel('axis Ki')
>>
```

Рис. 10. Фрагмент программы в ПО Matlab

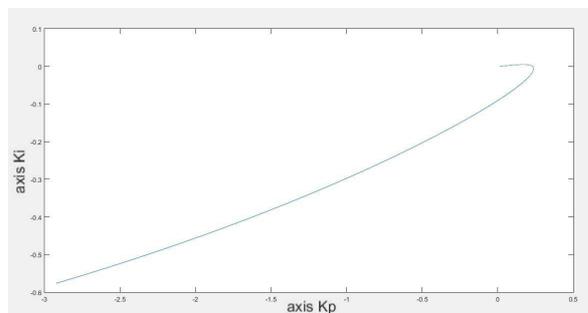


Рис. 11. Линия равного затухания

Оптимальные параметры регулятора определяются точкой экстремума ЛРЗ, а точнее несколько правее точки экстремума. На ЛРЗ выбрана точка с координатами (0.2183; 0.00248). Значение коэффициентов ПИД-регулятора, рассчитанных по методу РЧХ, представлены в таблице 2. Переходный процесс САР с ПИД-регулятором, рассчитанный методом расширенных частотных характеристик, представлен на рисунке 6.

Таблица 2. Настройка по методу РЧХ

k_p	k_d	k_i
0.2183	0.86	0.002486

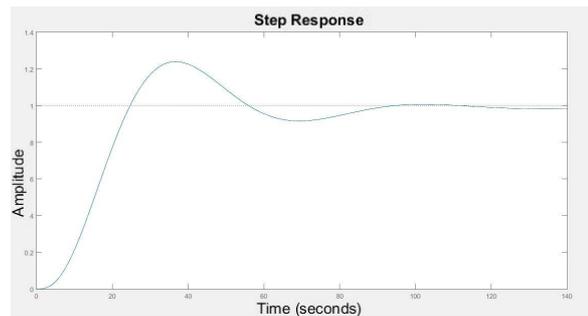


Рис. 12. Переходный процесс САР с ПИД-регулятором

Проанализировав показатели качества переходного процесса, полученного на выходе САР, настроенной по методу РЧХ (время переходного процесса – 81 с., ошибка e_∞ равна нулю, перерегулирование – 24%), можно сделать вывод о том, что данный метод обеспечивает чуть лучшие показатели качества, однако, перерегулирование остается неприемлемо большим.

Главным недостатком метода является требование к степени колебательности – не больше двух, что накладывает ограничения на использование данного метода.

Вывод

Исследовав методы Шубладзе и расширенных частотных характеристик, выяснилось, что переходный процесс с ПИД-регулятором рассчитанным при помощи метода РЧХ имеет колебательный характер нежели переходный процесс по методу Шубладзе. Расчет показал, что показатели оценки качества переходного процесса по методу РЧХ меньше, чем рассчитанные показатели по методу Шубладзе, что лучше сказывается на работоспособности системы.

Список использованных источников

1. Сидорова А.А, Малышенко А.М. Анализ эффективности алгоритмов автоматической настройки адаптивных промышленных ПИД-регуляторов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – № 5. С. 110–115.
2. Марголис Б.И, Мешков И.С. Синтез настроек регуляторов в системах автоматического управления методом расширенных частотных характеристик // Вестник Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова. – 2014. – № 2. С. 31–33.
3. Елисеева А.А., Малышенко А. М. Исследование метода автоматической настройки промышленного ПИД-регулятора // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» г. Томск, 17-18 марта 2009 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 22-24.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ленский Ф.В.

Научный руководитель: Яковлева Е.М.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
fv11@tpu.ru

Введение

Система автоматизированного проектирования (САПР) — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [1].

Любая САПР печатных плат (ПП) — это комплекс программ, который обеспечивает сквозной цикл проектирования, начиная с прорисовки и заканчивая генерацией файлов для управления оборудованием, используемым непосредственно для создания плат.

Необходимость проработки вопроса по проектированию ПП была обусловлена повышением научно-технического уровня подготовки квалифицированных специалистов и уменьшением затрат времени на обработку задач, часто встречаемых в учебном процессе при решении лабораторных и индивидуальных работ.

Неотъемлемой частью проектирования является 3D-моделирование ПП с элементной базой электронного устройства. 3D-моделирование является лучшим способом визуализации будущего проекта. Объемная модель позволяет просматривать модель с разных сторон и является цифровым макетом готового изделия.

Задача выбора инструмента проектирования ПП, первоначально кажущаяся простой, на самом деле оказывается намного сложнее и требует детального изучения.

Целью данной статьи является раскрытие возможностей использования САПР и 3D-моделирования ПП с элементной базой электронных устройств. Кроме того, система должна быть простой в изучении, иметь большой и функциональный набор инструментов для максимальной автоматизации инженерного труда.

Обзор САПР печатных плат

Системы проектирования ПП можно условно разделить на три группы [2]:

- «Легкие». В основном сориентированы на небольшие платы с малым набором элементов.
- «Средние». Системы данной группы предоставляют больше возможностей, позволяют проектировать платы со сложной структурой и большим числом элементов.

- «Тяжелые». Такие системы проектирования практически не имеют ограничений по числу слоев и элементов.

Наиболее популярными программными пакетами, используемыми для проектирования ПП в России на сегодняшний день являются такие как: P-CAD, Altium Designer, DesignSpark PCB, Kicad;

Все эти системы относятся к условной группе «средние». Причем, слово «средние» здесь лишь характеризует разумное соотношение цена/функциональность [2].

Система автоматизированного проектирования P-CAD довольно популярна среди российских разработчиков. Программа состоит из двух основных автономных модулей.

Модуль P-CAD Schematic служит для создания электрической схемы. Трассировка ПП выполняется модулем P-CAD PCB. В состав программы P-CAD так же входит модуль создания пользовательских библиотек.

К достоинствам данной программы относится следующее [3]:

- возможность сквозного проектирования, это означает, что изменения в одном месте схемы автоматически отобразятся везде;
- возможность проектирования схем любой сложности с большим количеством слоев;
- P-CAD имеет в своем составе автотрассировщик и возможность подключения сторонних трассировщиков;
- граничные параметры можно задавать при трассировке ПП.

К недостаткам P-CAD можно отнести такие пункты как:

- P-CAD является платной программой;
- при проектировании ПП отсутствует обратная совместимость, т.е. изменения в файле трассировки не отображаются автоматически в файле схемы;

На смену P-CAD пришел новый программный продукт под названием Altium Designer. Altium Designer — так же представляет собой систему сквозного проектирования ПП.

Возможности этого продукта позволяют проектировать ПП и схемы любой сложности. К достоинствам данной программы можно отнести следующее:

- возможность взаимодействия с механическими САПР путем передачи в них данных;

- возможность находить уязвимые участки путем моделирования схемы, подготовленной к трассировке [3];
- возможность работы с программируемыми логическими интегральными схемами (ПЛИС);
- программа обладает уникальным редактором ПП, который может автоматически и интерактивно размещать компоненты;
- в комплект программы отдельным блоком входит топологический трассировщик Situs, который имеет настраиваемый алгоритм и позволяет разводить ПП с большой плотностью;
- возможность разработки 3D модель готовой ПП;
- наличие полностью русифицированной программы и возможность включить только всплывающие подсказки на русском языке в англоязычной версии.
- Главным недостатком этого программного продукта является его цена на рынке [3].

Бесплатными аналогами для программ Altium Designer и P-CAD являются программы DesignSpark PCB и Kicad.

Программа Kicad состоит из двух основных модулей Eeschema и Pcbnew [4]. С помощью модуля Eeschema подготавливается схема, которая может быть, как самой простой, так и многолистовой иерархической, в этом же модуле схема может быть проверена на соответствие электрическим правилам. Модуль Pcbnew является редактором ПП, в него загружается сгенерированный файл соединений для трассировки. Плюсами Kicad являются: возможность создания собственных пользовательских библиотек, и опция 3D Viewer, позволяющая построить объемную модель. Однако основным недостатком, который отодвинул Kicad на второй план, является очень сложный и неудобный пользовательский интерфейс, в котором невозможно разобраться без углубленного изучения документации, так же существенным недостатком является отсутствие автотрассировщика.

Особый интерес вызывает программный пакет DesignSpark PCB [4], несмотря на то что программа находится в бесплатном доступе, DesignSpark PCB немногим уступает мощным пакетам таким как P-CAD и Altium Designer. Программа включает в себя множество инструментов, благодаря которым можно разрабатывать ПП разной сложности. Благодаря встроенному симулятору, работающему по промышленному стандарту, можно провести анализ схемы и выявить недостатки. Программа поддерживает как ручную, так и автоматическую трассировку, а также присутствует возможность просматривать 3D-модель ПП. Кроме того, DesignSpark PCB обладает возможностью создания собственных пользовательских библиотек

элементной базы с поддержкой 3D моделей, имеет калькулятор, позволяющий рассчитывать параметры проводников, отталкиваясь от параметров электрической цепи, есть возможность конвертирования в разные форматы. Эти и другие возможности DesignSpark PCB позволяют оставаться конкурентоспособной программой.

Заключение

Приведённый в статье обзор систем автоматизированного проектирования ПП и требования, предъявляемые к САПР, позволили выбрать уникальный программный пакет Altium Designer. Эта система сквозного проектирования ПП поддерживает все необходимые разработчику функции, имеет мощнейший автоматический трассировщик и позволяет создавать 3D-модели ПП с элементной базой электронных устройств. Кроме того, отличительной особенностью Altium Designer является наличие возможности работы с русифицированным интерфейсом [5].

Планируется САПР ПП Altium Designer использовать в лекционном курсе «Автоматизация проектирования систем и средств управления» магистерской подготовки по направлению «Управление в технических системах» с целью получения основных знаний и навыков по проектированию ПП и созданию их 3D-моделей с элементной базой электронных устройств. Использование САПР Altium Designer в учебном процессе позволит значительно повысить научно-технический уровень подготовки специалистов.

Список использованных источников

1. ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения».
2. Выбор САПР для проектирования печатных плат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eurointech.ru/products/Altium/PCB_Choice_Basis.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
3. Обзор основных систем проектирования печатных плат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pcb16.ru/pcb/article/pcb_overview.php, свободный. – Загл. с экрана.
4. Программы для проектирования печатных плат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cxem.net/software/soft_PCB.php, свободный. – Загл. с экрана.
5. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. — М.: Солон-Пресс, 2009. — С. 432.

АППАРАТНЫЙ SCADA ТРЕНАЖЕР ОПЕРАТОРА НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ МАГИСТРАЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Стариков Д. П., Рыбаков Е. А.
Томский политехнический университет
starikov@tpu.ru

Введение

Безопасность функционирования объектов нефтеподготовки и нефтедобычи являются важной задачей. Помимо автоматической системы управления и противоаварийной защиты используется опыт оператора производства по предупреждению возникающих предаварийных режимов работы. Основные действия, которые должен выполнять оператор описаны в технологическом регламенте предприятия, а также в специальных инструкциях для персонала. Однако при современном развитии автоматических средств контроля и управления большинство аварийных ситуаций устраняются системой без помощи персонала. Поэтому очевидным становится факт потери навыка оперативного персонала по устранению и предупреждению таких режимов. Поэтому нефтяные компании начинают рассматривать внедрение тренажеров оператора для подготовки и отработки нештатных ситуаций.

Целью данной работы является разработка универсального тренажера оператора.

Описание тренажера оператора

В ряде работ отечественных и зарубежных исследователей предлагается большое количество структур по использованию, составу тренажеров. Большинство из них состоят из очевидных на первый взгляд АРМ обучаемого и обучающего. Типовая структура тренажерного комплекса приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Типовая структура тренажеров оператора

Вероятно и-за того, что указанные структуры включают большое количество оборудования, что влечет существенное увеличение стоимости оборудования комплекса и его поддержки, тренажеры не пользуются большой популярностью.

По исследованиям консалтинговой компании ARC в 2013 году конечные пользователи тренажеров – операторы предъявляют следующие требования (по важности):

- имитация пуска и останова;
- описание динамики;
- высокоточные интерфейсы оператора;
- моделирование статики и др. [1]

Ожидания пользователей следующие:

- стабильность моделирования;

- адаптация тренажеров к реальному технологическому процессу;

- Plug&Play технологии вовлечения комплекса.

Статистика использования тренажеров указывает, что большинство компаний используют их для выработки навыков:

- плавного пуска/останова технологического процесса;
- плавной смены режимов;
- снижения и противодействию нештатным ситуациям;
- управления оборудованием и ходом реального процесса.

Важным также считается возможность анализа технологии на тренажере методом «А что если?».

Учитывая вышесказанное можно сказать, что наибольшее вовлечение тренажеров необходимо при обучении операторов до пуска технологического процесса.

Предлагаемая структура аппаратного тренажера

Для решения задач и требований, указанных ранее была разработана структура тренажерного комплекса оператора.

Ядро такого комплекса представляет микроконтроллер, в котором содержится модель технологического процесса.

Планируется, что разработка модели для контроллера производится на этапе проектирования установки, параллельно разрабатываются видеокдры операторского интерфейса, которые будут использоваться на реальном объекте.

Данный микроконтроллер подключается посредством USB к персональному компьютеру

(ПК) с установленным SCADA пакетом. Структурная схема приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Структурная схема предлагаемого решения

Для реализации тренажера был использован микроконтроллер на базе процессора AVR. Был написан код, обеспечивающий взаимодействие контроллера со SCADA по стандарту OPC.

При активации тренажера на соответствующей SCADA форме начинается исполнение программы, заложенной в контроллер. В общем случае оператор видит реальную мнемосхему, где один или несколько параметров изменяются.

В рамках реализации проекта была разработана модель, интерфейс оператора и проведено тестирование структуры «Резервуарный парк – МНС».

Описание модели

В рамках реализации проекта была разработана модель, интерфейс оператора и проведено тестирование структуры «Резервуарный парк – МНС».

Согласно описанной ранее концепции разработки тренажёрного комплекса были разработаны соответствующие видеокadres мнемосхем оператора. Видеокادر приведен на рисунке 3.

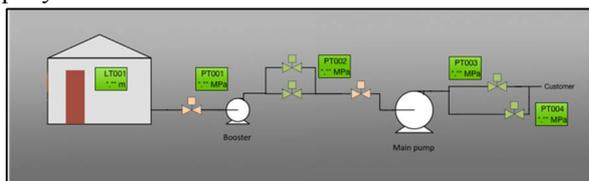


Рис. 3. Разработанный видеокادر тренажера

Рассматривается участок трубопровода от места хранения нефти – резервуар вертикальный (РВС) до точки условного потребителя нефти. Оператор видит перед собой видеокادر с точками контроля (давление и уровень нефти). При этом он может управлять насосами (основным или подпорным), запорной арматурой. При генерации модели все клапана находятся в закрытом состоянии, все насосы в останове. Случайным образом генерируются следующие параметры:

- уровень жидкости в резервуаре;
- высота резервуара, причем она не может быть выше уровня жидкости;
- диаметр выходного трубопровода резервуара.

Указанный перечень параметров формирует начальное давление на вход подпорного насоса.

Заключение

В ведении были предъявлены требования к новым тренажерным комплексам оператора. Представленная разработка и алгоритмы тренировки решают ряд указанных задач, а именно:

- присутствует имитация пуска и останова магистральной насосной станции;
- за счет введения избыточных точек контроля и наблюдения у оператора больше возможностей «почувствовать» процесс;
- алгоритмы модели максимально приближены к реальным, однако сжатые только по времени;
- контроллер с моделью достаточно подключить к ПК посредством USB, и устройство готово к работе.

Отдельным достоинством представленного решения можно назвать сокращение срока подготовки и вовлечения персонала в работу.

Так, на рисунке 4 отображена временная диаграмма, отражающая раннее вовлечение оператора в работу, подготовка объекта к пуску и т. д.

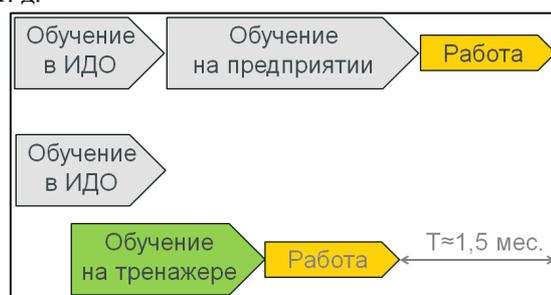


Рис. 4. Этапы вовлечения оператора в работу

Список использованных источников

1. Дозорцев В.М. Насколько полезны компьютерные тренажеры для обучения операторов? Голос пользователей// Автоматизация в промышленности. 20016. №7. С. 7-13.
2. Кукин П. П. Безопасность технологических процессов и производств. М.: Высшая школа, 2002 г. – 319 с.
3. Малышенко А.М. Системы автоматического управления с избыточной размерностью вектора управления. Томск: Изд-во ТПУ, 2005 г. – 302 с.
4. Чемерисов, Д. А. Концепция разработки тренажера-стенда для обучения операторов АСУ ТП в сфере нефтегазовой отрасли// Молодежь и современные информационные технологии / ТПУ— Томск: Изд-во ТПУ, 2012

РОБОТ «EXPLORER»

Чернов А.С., Панышин Г.Л.
Томский политехнический университет
Asc18@tpu.ru

Введение

В наше время человек побывал во многих уголках планеты, да и на других планетах тоже. Однако человек не способен пробраться в маленькие уголки нашей планеты. Например, в маленькую пещеру (грот), или под завалы.

Существует множество технологий, для решения этой проблемы, но у всех них есть свои преимущества и недостатки.

Чтобы решить данную проблему, были разработаны роботы, которые позволяют пробраться в малые пространства с препятствиями, недоступными для человека, составить маршрут передвижений в этом месте и найти выход из этого пространства. Несколько роботов будут обследовать территорию с помощью ультразвуковых колебаний, также они будут передавать информацию между собой, чтобы построить маршрут карты и найти выход из небольшого пространства.

Описание робота

При исследовании пещер, завалов, человек часто не может изучить их. Это связано с маленьким узким пространством, через которое человек не способен пролезть, а также в дальнейшем изучить пещеры или завалы. С помощью камер не всегда удается различить предметы и найти выход в тесном пространстве. Предлагаемые роботы позволят найти выход в маленьком пространстве, также построить маршрут передвижений.

Любая пещера или завал, представляет собой подобие лабиринта. Там встречается множество туннелей, различных ходов.

Для реализации цели смоделируем ситуацию на лабиринте. Однако лабиринтов очень много и встает вопрос выбора.

Существуют различные виды лабиринтов: классические, северные и балтийские, древнеримские, многосвязные мэйзы и многие другие. Выбор лабиринта зависит от цели. В данном случае целью создания роботов является нахождение выхода из грота (или завалов) и построении маршрута. Для модели наиболее подходящим является классический лабиринт. Однако в настоящей пещере будут присутствовать неровности, узкие пространства, шероховатости. Для этого изменим выбранный ранее классический лабиринт, добавив в него искусственные неровности и узкие проходы.

Чтобы собрать модель, нужно изучить понятие робота, его структуру, а также принцип его работы. Робот – это автоматическое устройство, созданное

по принципу живого организма, предназначенное для осуществления производственных и других операций, которое действует по заранее заложенной программе и получает информацию о внешнем мире от датчиков. При этом робот может иметь связь с оператором или же быть автономным.

Обычно робот состоит из следующих систем:

- информационно-измерительная (сенсорная) система;
- управляющая система;
- система связи с человеком или другими роботами;
- исполнительная (моторная) система.

Сенсорная система - это искусственные органы чувств робота. Как и человеческие, предназначены для восприятия и преобразования информации о состоянии внешней среды и самого робота.

В качестве элементов сенсорной системы робота обычно используются телевизионные и оптико-электронные устройства, лазерные и ультразвуковые дальномеры, тактильные и контактные датчики, датчики положения, тахометры, акселерометры, гироскопы и т. п.

Управляющая система - это «мозг» робота. Служит для выработки закона управления приводами (двигателями) механизмов исполнительной системы на основе сигналов обратной связи от сенсорной системы, а также для организации общения робота с человеком на том или ином языке. Интеллектуальные способности робота зависят, прежде всего, от алгоритмического и программного обеспечения его управляющей системы.

Обычно реализуется на базе управляющих ЭВМ, имеющих большой ассортимент входных и выходных преобразователей и каналов связи (от нескольких десятков до нескольких тысяч), по которым, как по нервной системе, могут передаваться дискретные и непрерывные сигналы. Такие ЭВМ строятся в малогабаритном, транспортабельном исполнении и обладают повышенной надежностью.

Система связи организует обмен информацией между роботом и человеком или другими роботами. Цель такого обмена — формулировка человеком заданий роботу, организация диалога между человеком и роботом, контроль за функционированием робота, диагностика неисправностей и регламентная проверка робота и т. п.

Исполнительная система, определяющая «моторику» робота, т. е. его способности совершать разнообразные движения, служит для

отработки управляющих сигналов, формируемых управляющей системой, и воздействия на окружающую среду. Это, например, механические руки, механические ноги, синтезаторы речи, графопостроители, и многое другое.

Для управления роботом нужен мозг, однако, на сегодняшний день для управления роботом существует большое количество аппаратных платформ. В нашем случае выбор пал на аппаратную платформу Arduino Uno, так как она дешёвая, проста в реализации, имеет достаточное количество аналоговых портов и цифровых, а также присутствует возможность подключения дешёвых датчиков. Также микроконтроллер будет выполнять серии команд, и реагировать на показания сенсоров, в зависимости от которых будет корректироваться работа сервопривода и устройств. Однако есть и минус этой платформы: маленькое количество памяти.

В качестве исполнительской системы была выбрана гусеничная платформа, так как она лучше справляется с бездорожьем, возможными препятствиями, неровностями и многими другими препятствиями, которые могут встретиться в завалах или гротах. Колесная база не может похвастаться высокой проходимостью.

Система взаимодействия будет общаться с окружающей средой и другими роботами.

Общаться с окружающей средой робот будет посредством датчиков дальномеров HC-SR04. Они способны определять расстояние до объектов от 2 до 45 см, в отличие от других подобных дальномеров. Принцип работы данного дальномера заключается в следующем: датчик отправляет ультразвуковые сигналы, которые отражаясь от объекта, возвращаются обратно и по задержке сигнала определяется расстояние до объекта.

Общение роботов будет происходить посредством радио модулей. Плюсом радиосвязи является расстояние общения (не смотря на преграды), минусом скорость передачи данных.

Помимо этого робот будет оснащен драйвером 2A mini, который будет приводить моторы гусеничной платформы в движение. Для вращения двигателей требуется большой ток, а платформа Arduino Uno имеет небольшой ток на выводах и не способна привести в движение двигатели.

Для улучшения определения расстояния до стен, будет установлен второй датчик HC-SR04, который будет вращаться по сторонам, оценивая ситуацию с каждой стороны. Чтобы привести в движение датчик, понадобится шаговый двигатель или серво привод. Наиболее подходящим является серво привод, так как он способен определить угол поворота, также можно задать скорость или получить от привода нужный угол. Соответственно был выбран серво привод SG90. Он способен вращаться от 0 до 180 градусов. Привод с большим углом поворота не подошел бы,

так как он непрерывного вращения и задать можно только скорость или направление.

Чтобы робот работал, нужна энергия. В качестве источника питания можно использовать батарейки, блоки питания или аккумуляторы. Батарейки быстро разряжаются, и достаточно дорого обойдутся при частом использовании. Блок питания также имеет свои неудобства, а именно шнур, который идет от блока к самому роботу. Наиболее подходящим вариантом является аккумулятор, так как он практичен и долговечен. Однако в наши дни существует огромный выбор аккумуляторов. Подходящим вариантом для робота является Li-Po аккумулятор, так как у него отсутствует «эффект памяти», а также большая ток отдача.

Заключение

Был произведен поиск и анализ информации по элементной базе. Анализ показал основные преимущества и недостатки элементной базы. На основе этих данных был собран робот, который представлен на рисунке 1.

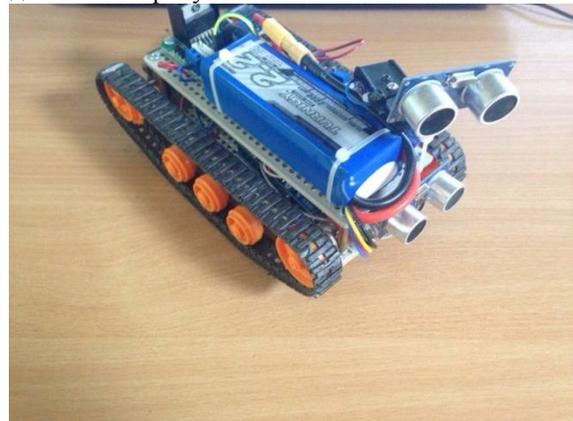


Рисунок 15 - Робот "Explorer"

В дальнейшем планируется:

- доработать алгоритм работы робота;
- создание сети роботов с клиент-серверной частью;
- полевые испытания.

Список использованных источников

1. Керн Г. Лабиринты мира. Все тайны древних лабиринтов. – СПб.: Азбука, 2007
2. DvRobot [Электронный ресурс] / Магазин комплектующих. – URL: <http://dvrobot.ru/238/> (дата обращения 11.09.2016)
3. Arduino [Электронный ресурс] / Официальный сайт Arduino. – URL: <https://www.arduino.cc/> (дата обращения 09.09.2016)

РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ БЫСТРОЙ НАВИГАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИСКОЙ КАРТОТЕКЕ

Мохаммеджавад Б. Д.

Пономорев А. А.

Томский политехнический университет

bushra@tpu.ru

Введение

С появлением электронного медицинского документооборота объем пригодного для анализа набора данных существенно увеличился.

учитывая, что пользователями каких систем являются не IT-специалисты, возникает потребность разработки новых интерфейсов для обеспечения поиска, фильтрации, сортировки.

В данной статье рассматриваются некоторые идеи по использованию подхода Tag-Cloud для решения поставленной задачи.

Источники данных

На сегодняшний день обилие источников информации весьма ограничено в виду того что медицинская карта пациента является, согласно закону «о обработке персональных данных», личным, фактически конфиденциальным документом.

Это обусловлено тем, что разглашение состояния здоровья 3-х лиц способствует изменению отношений внутри коллективов и общества, даже на международном уровне. Всемирная организация борьбы со СПИДом - является ярким тому примером.

Поэтому существуют 2 пути получения исходных медицинских данных:

– Автоматическая генерация с использованием существующих стандартов и форм. Тем самым создается директория с набором фалов фиксированного формата определенной структуры, после чего новый программный модуль их обрабатывает. Количество данных неограниченно

– Использование реальных данных. В данном случае, программный модуль передается в медицинский статистический центр, где специалисты имеющий доступ к медицинским данным проводят обработку существующей реальной информации. Результаты обработки передаются диссертанту. Результат содержит набор ключевых слов, что ни коем образом не влияет на распространение конфиденциальной информации.

Использование алгоритма “Облако тегов” для навигации по электронной истории болезни

В течение последних лет медицинские данные представляются в виде набора медицинских записей, сформированных относительно случая обращения, ранее в бумажном виде, а теперь и в электронном виде.

Электронные медицинские записи не сильно функционально отличаются от традиционных бумажных записей, но они совершенно разные по своей природе, свойствам, потенциальному использованию и преимуществу.

Сейчас известны несколько форматов хранения таких данных [1-5]. Несмотря на некоторые отличия при организации хранения таких данных для поиска нужной информации предлагается унифицированный подход, основанный на использовании настраиваемых фильтров, при настройке которых необходимо перечислить ключевые слова, указать период времени, задать другие ограничения и др.

Традиционный поиск

Суть данного способа заключается в том, что пользователь вводит в строку поиска определенное ключевое слово (слова), настраивает фильтры для сформированной выборки и в результате чего ему выдаются результаты.

Такой способ не очень удобен для конечного пользователя, потому что для поиска необходимо настраивать большое количество фильтров из-за высокой исходных однородности данных.

Отсутствие строгой систематизации расширяет возможности поиска, однако все равно ограничения касаются конкретного слова.

История болезни

История болезни пациента – это информационная система, предназначенная для ведения, хранения на электронных носителях, поиска и выдачи по информационным запросам (в том числе и по электронным каналам связи) персональных медицинских записей.

История болезни включает в себя персональные медицинские записи (ПМЗ) может содержать:

- описание проведенного осмотра или обследования (в том числе лабораторного или инструментального);
- консультации;
- назначения;
- выполненной операции или процедуры;
- обобщенного заключения о состоянии больного и т.д.

Совокупность таких записей, выполненных традиционным способом в конкретном медицинском учреждении, составляет историю болезни или амбулаторную карту пациента.

Таким образом для эффективного использования таких данных необходимо предложить пользователю новые способы навигации по ним.

Облако тегов

Предлагаемый способ поиска/навигации является новым и перспективным, но сегодняшнего момента не был реализован в существующих МИС для быстрой навигации и поиска медицинской информации.

Описываемый способ представляет собой визуальное представление текстовых данных с учетом частоты их использования в рассматриваемых документах. Ключевые слова представляют собой отдельные слова, и значение каждого отображается таким размером или цветом шрифта значение которого используется чаще. Этот формат полезен для быстрого восприятия наиболее известных терминов и для определения местоположения термина в алфавитном или случайном порядке.



Рис. 1. Пример использования облака тегов для медицинской информации

Особенностью применения для задачи навигации в МИС является возможность ограничить период времени создания документов и перечень авторов-врачебных специальностей. Удобство такого подхода достигается возможностью применения специальных жестов при использовании мобильных устройств. Последующая фильтрация и доступ к полнотекстовым документам достигается

переходом с выбранного тега к множеству документов, на основании которого он был сформирован.

Заключение

В результате проведения исследования можно сделать вывод о том, что алгоритм облака тегов Эффективности в следующем:

- Эффективная работа, как для врачей, так и для пациентов за счет своевременного обеспечения актуальной информацией;

- Сокращение трудоемкой работы, что позволяет значительно повысить эффективность трудовой деятельности;

- Оперативное предоставление запрашиваемых справочных и аналитических материалов, повышение целостности и систематизация существующих информационных ресурсов.

- Доступное и упрощенное пространство для обмена информацией для своевременного предоставления сотрудникам информации о пациентах.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52636-2006 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННАЯ ИСТОРИЯ БОЛЕЗНИ. Общие положения
2. HL7 <http://www.hl7.org.ru/>
3. CDA <https://ru.wikipedia.org/wiki/CDA>
4. openEHR <http://www.openehr.org/>
5. openUMS <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-formata-open-ums-dlya-formalizatsii-meditsinskogo-dokumentooborota>

РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ

Анохина Л.С., Кабанец А.А., Ильин М.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И.
Ульянова

kabanets-95@mail.ru

Введение

Так как мы живем в Западной Сибири с довольно суровыми зимами. Для России остается важной и актуальной проблема применения ГСМ на технике при низких температурах. Территория страны имеет большие регионы с продолжительными зимами, где хранение и эксплуатация техники проводится при низких температурах.

Для обеспечения готовности техники в этих условиях, необходимо чтобы применяемые топлива свободно прокачивались в топливных системах при низких температурах окружающего воздуха в данных климатических зонах.

Это тема затрагивает одну из самых актуальных проблем на сегодняшнее время - транспорт. Как известно многие фирмы работающие на севере и Сибири имеют множество проблем с эксплуатацией специализированной техники из-за низких температур окружающей среды (от -45 до -64). Это связано с эксплуатацией транспортны средств, не предназначенных к данным климатическим условиям .

Основной целью нашей работы является разработать модель на основе которой будет обеспечиваться эксплуатация транспортных средств на летних сортах дизельных топлив и масел в условиях низких температур.

Проведенные исследования:

1) низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел

2) факторов влияющих на прокачиваемость дизельного топлива (температура и фильтры тонкой очистки)

3) конструкции системы подачи

Планируемые исследования:

1) полной сборки подогревательной системы

2) детального анализа износа автомобильных запчастей (при перепадах температуры)

Объект исследования:

В данной научной работе проведен анализ низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел, совершенствование устройства обеспечивающего применение летних дизельных топлив и масел в условиях низких температур на специализированной технике.

Факторы, влияющие на прокачиваемость ДТ

Вязкость ДТ (вязкость при 20 °С для летних сортов в пределах 3,0÷6,0 сСт, для зимних сортов 1,8÷5,0 сСт, для арктических 1,5÷4,0 сСт.)

Температура помутнения и застывания (Дизельное топливо выпускается согласно ГОСТ 305-82 трех марок: Л – летнее, применяемое при температуре окружающей среды не ниже 0°С , З – зимнее до – 30°С , А – арктическое до – 50°С .)

Условия прокачиваемости ДТ свойства дизтоплива, обеспечивающие бесперебойную подачу дизтоплива в цилиндры в необходимом количестве.

Определяется вязкостью низкотемпературными характеристиками, содержанием механических примесей, смол и других загрязнений, влияющих на прохождение топлива через фильтр).

Конструкция систем подачи

Разработка системы обеспечения применения ДТ и масел в условиях низких температур:

-Исходные данные для разработки системы

-Измерение и регулирование температур

-Промышленные виды позисторов, осуществляющие измерение и регулирование температур

-Разработка системы и проведение стендовых испытаний

-Расчет технико-экономического анализа

При низких температурах дизельное топливо становится более вязким, в нем начинают образовываться парафины, что затрудняет работу всей топливной системы. Самыми уязвимыми местами автомобиля является фильтр тонкой очистки, топливная магистраль и топливный бак. Подогрев дизельного топлива в зимний период позволяет уменьшить вязкость дизельного топлива, предотвратить парафинизацию в топливной системе двигателя автомобиля.

В качестве примера для установки подогревательной системы рассмотрим специализированное транспортное средство УРАЛ. На котором был установлен бандажный подогреватель топливного фильтра (ПБ-101,12-24В), существующий в двух вариациях, мощностью 12В и 24В (в зависимости от размера фильтра), то есть чем больше габаритные размеры фильтра тем больше должна быть мощность. Так же на транспортном средстве был установлен подогрев топливной системы [подогреватели проточные и ленточный по всей длине магистрали (ПП-202)] , в топливном баке данного

транспортного средства был установлен подогреваемый топливозаборник (ТП-302), который обеспечивает подогрев ДТ на начальном уровне.

Был установлен подогрев фильтров сепараторов (ПС-201). Эта установка дает возможность улавливать загрязнения ДТ на начальном этапе движения. На рисунке 1 показана технологическая схема установки подогревательных элементов.

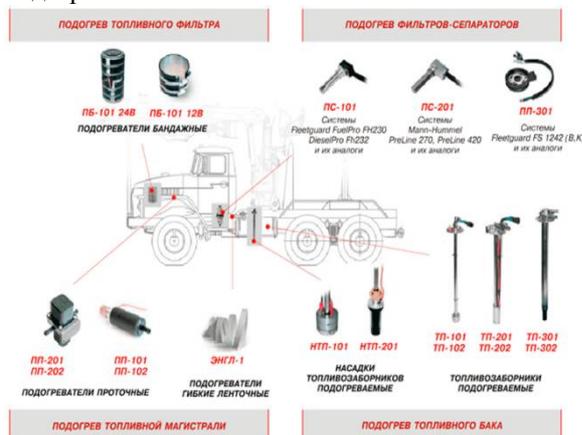


Рис. 1. Схема установки подогревательных элементов

Для каждого из подогревательных элементов была составлена характеристика. По ней мы отобрали оптимально эффективные подогревательные элементы. Рассмотрим один из подогревательных элементов.

Подогреватели НОМАКОН™ ПД-200 устанавливаются между посадочной головкой двигателя и корпусом топливного фильтра и подключаются к бортовой электросети автомобиля. В случае ручного управления выключатель с индикацией устанавливается в кабине водителя.

Подогреватель сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания в пределах 85-125 % от номинального напряжения. Срок службы подогревателя не менее 5 лет, средняя наработка на отказ не менее 3000 ч.

В зависимости от температуры окружающей среды рекомендуемая длительность предпускового разогрева фильтра от аккумулятора составляет 5-10 минут. В режиме маршевого разогрева при работающем двигателе ориентировочно потребуется одна минута для повышения на 1 градус температуры дизельного топлива. Планируем создание программного контроллера. Основные возможности контроллера:

Отслеживание работоспособности подогревательных элементов

Ручное и автоматическое управление подогревательными процессами

Автономная работа при заглушенном двигателе

Экономическая выгода:

По трудовому кодексу РФ рабочий день должен быть 8 часов. Остальное время машины работают на холостом ходу. Из расчета, что транспортное средство Урал на холостом ходу использует 10 литров за 1 час, при этом работая 16

часов. Из этого следует, что за 16 часов сгорит 160 литров. Возьмем среднюю стоимость 1 литра зимнего ДТ за 30руб/л. Получается за 16 часов-4800 рублей. Без учета движение автомобиля во время работы. За месяц (30 дней)-144000 рублей и это без учета движения. Так же вследствие постоянной работы увеличивается износ рабочих частей двигателя. Из-за того что двигатель постоянно находится в рабочем режиме нуждается в постоянной поддержке уровня моторного масла и охлаждающей жидкости (тосол).

Средняя стоимость автоматической подогревательной системы –от 10000 до 15000 рублей. С подогревательной системой подогрев дт осуществляется в автономном режиме, за счет электроэнергии аккумулятора без расхода дт. С подогревательной системой целесообразней использовать летний сорт дт (цена за 1л-27рублей.), т.к система в автоматическом режиме поддерживает температуру дт. Подогревательная система полностью окупит себя за 4-5 суток.

Данная работа выполняется при поддержке фонда содействия развития малых инновационных предприятий в научно-технической сфере. Номер договора 0010789.

Список использованных источников

1. Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference on (Volume: 2), 10-12 June 2011, 582 – 585 pages.
2. Electrical Engineers, Journal of the Institution of (Volume: 72, Issue: 436), April 1933, 269 – 295 pages.
3. Critoph, R.E, Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education - Reviews, IEE Proceedings A (Volume:127 , Issue: 5), June 1980, 326 – 329 pages.
4. Robinson, Alex L.; Manginell, Ronald P. ; Moorman, Matthew W. , "MICROFABRICATED FUEL HEATING VALUE MONITORING DEVICE" , Patent No. 7708943
5. Воробьев Л. А., Стриха И. И. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве БССР. 1987. – 74 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Овчинникова А. П.

Журавлев Д. В., Берчук Д. Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

ovchinnikova.a.p@yandex.ru

Введение

В данной работе рассмотрены основные особенности систем управления бизнес-процессами, существующие на данный момент решения и проблемы связанные с их внедрением. Разработана архитектура системы. Рассмотрены характеристики и взаимодействия системы на примере производственной компании.

Особенности системы

Все бизнес-процессы, протекающие на предприятии, так или иначе, взаимосвязаны. В связи с этим возникает потребность эффективного комплексного управления всеми процессами и долгосрочного планирования. Соответственно, для решения поставленных задач большое количество предприятий прибегает к внедрению систем автоматизированного управления, которое включает в себя, в том числе и бизнес-планирование.

Одним из ключевых ресурсов в настоящий момент является время, для его экономии используются различные методы. Для экономии времени и средств компании разного размера и направленности внедряют автоматизированные системы. И если на данном этапе развития отрасли ERP – систем (Enterprise Resource Planning) существует достаточно много качественных и проверенных решений для крупных предприятий, то у субъектов малого и среднего предпринимательства дела обстоят не столь оптимистично.

Функционал существующих на данный момент систем в большинстве своем является избыточным для малого бизнеса. На первых этапах внедрения основная потребность заключается в системах бухгалтерского, кадрового, складского и логистического учета.

По мнению специалистов тщательно спланированный ввод в эксплуатацию автоматизированных систем управления бизнес-процессами позволяет добиться снижения операционных и управленческих затрат в среднем на 15%, а коммерческих - на 35% [1].

Основная сложность внедрения ERP-систем заключается в правильном их внедрении. Чем сложнее программный продукт – тем большее количество времени и знаний необходимо для грамотной настройки его работы. В условиях достаточно быстро меняющейся экономической ситуации возникает необходимость быстрого

реагирования для принятия решений. Крупные корпорации с их ERP-системами являются инерционными. Соответственно программный продукт, внедренный несколько лет назад, не теряет своей актуальности, тогда время, затраченное на его внедрение и обучение персонала не играет огромной роли. Но в условиях малого бизнеса сложность системы приобретает большое значение.

Производители ERP-систем отмечают необходимость создания отдельных продуктов для субъектов малого и среднего предпринимательства. Одни из ведущих производителей ERP-систем SAP, Microsoft, Oracle и 1С предлагают специальные решения для таких предприятий. Но даже для этих предложений остается актуальной проблема внедрения системы и ее стоимости. Важно понимать, что для небольших компаний стоимость автоматизации является одним из ключевых факторов при принятии решения о ее внедрении.

Доля производителей ERP-систем по данным на 2013 год представлена на рисунке 1. Основными разработчиками в данной отрасли являются немецкая SAP и российская 1С. Причем стоимость 1С не сильно отличается от зарубежных ERP.

Таким образом, перед нами поставлена задача на базе малого предприятия, занимающегося производством пластика для 3D печати, создать систему автоматизированного управления бизнес-процессами и в первую очередь наладить складской учет с учетом решения выявленных нами проблем.



Рис. 1. Доля производителей ERP-систем, 2013 г.

Модульный принцип построения системы управления бизнес-процессами

Для эффективной работы системы управления бизнес-процессами руководителями предприятий определяется необходимость автоматизации конкретных частей бизнеса.

В первую очередь в автоматизации нуждаются бухгалтерский учет, управление складом, логистика и производство. Существуют так же другие задачи, которые изменяются в зависимости от специфики предприятия и его отрасли. В связи с этим для разработки эффективной системы необходимо разбить ее на некоторое количество стандартных модулей, связанных между собой. Модульная система позволяет пользователям выбирать необходимое количество программных компонентов, не перегружать систему неиспользуемыми и ненужными модулями. Приобретая необходимые модули, предприятие снижает свои расходы на приобретение и внедрение системы автоматизации, что, безусловно, является достоинством такой программы.

Модульный принцип построения системы предполагает интеграцию данных и тесную связь модулей между собой. При правильном подходе к выбору необходимого функционала, настройке связей между модулями эффективность работы системы будет максимальна. На первом этапе разработки компонентов поставлена задача разработки частей системы отвечающих за склад, логистику и производство.

Программный модуль для складского учета

Рассмотрим принципы создания системы на одном из модулей. Основные задачи, которые призван решать этот компонент заключаются в следующем:

1. Управление запасами и закупками
2. Планирование производственных мощностей
3. Учет основных товарных операций
4. Отслеживание остатков на складе
5. Контроль и расчет долгов клиентов
6. Учет клиентской активности
7. Автоматическое формирование и отправка заданий для персонала

Специфика ведения складского учета субъектами малого и среднего предпринимательства заключается в том, что масштабы склада не сопоставимы с масштабами крупных предприятий. Поэтому перед такими системами не стоит задача учета места нахождения каждого вида продукции.

Учитывая основные требования, которые предъявляются к разрабатываемой системе, актуальна задача не только грамотной разработки модуля, но и настройки интеграции с другими системами. Управление запасами и закупками строится не только на основе данных о наличии исходных материалов или готовой продукции на складе. Для решения этой задачи необходимо учитывать потребность клиента в том или ином виде продукции. Таким образом, система должна предугадывать желания потребителей на основе

исходных данных и статистики за большой период времени.

Еще одной немаловажной задачей является создание системы для автоматического оповещения персонала. Эффективность работы сильно возрастет, если у работников отпадет необходимость постоянно следить за возникновением новых задач. В этом случае с меньшей вероятностью возможна ситуация, при которой текущие задачи не будут выполнены вовремя.

Также ключевой задачей при разработке данной системы является ведение документооборота в соответствии с принятыми в Российской Федерации нормами. Одной из ключевых проблем внедрения иностранных ERP-систем является сложная адаптация таких систем под специфику российского кадрового производства или бухгалтерского учета.

При проектировании системы для производственного предприятия перед нами встают задачи контроля наличия на складе готовой продукции разных видов, оповещения сотрудников о необходимости пополнения склада, контроля количества материалов для производства продукции, а также в соответствии с поступлением новых заказов оповещения сотрудника о необходимости формирования и отправки посылки заказчику. Также при поступлении заказа необходимо обработать его таким образом, чтобы в соответствии со спросом регулировать количество хранящегося на складе ассортимента.

Заключение

В результате исследования сформирована основная концепция автоматизированной системы. Разработана ее архитектура и основные функциональные особенности. Рассмотрены отличительные черты системы для субъектов малого и среднего предпринимательства. Поставлены задачи для дальнейшего решения.

Список использованных источников

1. Программная основа эффективного бизнеса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/price_of_time/2012/04/26/4564569.shtml, свободный (дата обращения 12.10.2016).
2. ERP-системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marketing.rbc.ru/reviews/it-business/chapter_2_1.shtml, свободный (дата обращения 10.10.2016).
3. Принципы работы ERP-системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.su/2_33709_printsipi-raboti-ERP-sistemi.html, свободный (дата обращения 20.09.2016).

МАГНИТНАЯ ЛЕВИТАЦИЯ (АКТИВНЫЙ МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС)

Камышникова О.С.

Тутов И.А., научный руководитель

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет
kamyshnikova.1995@mail.ru

Введение

Левитация - это зависание какого-либо тела в пространстве без подвеса, либо механической опоры. Сегодня, рассматривается в основном два вида левитации. Это магнитная и акустическая. В данной работе была рассмотрена именно магнитная левитация.

Магнитная левитация

Магнитная левитация – это явление, при котором любые металлические предметы (имеются ограничения на габариты, массу и т.д.) «парят» в воздухе под воздействием магнитного поля. [3].

Данный вид левитации может быть реализован тремя способами: с использованием электромагнита, сверхпроводящего магнита и постоянного магнита.

Но, левитация невозможна при помощи статических электромагнитных полей, так как на объект будет действовать сумма полей, которая создает неустойчивое положение в пространстве: гравитационное, электростатическое, магнитостатическое поля. Например, если «подвесить» постоянный магнит над другим магнитом, то его положение будет неустойчивым и его легко опрокинуть. Но при вращении левитирующего магнита, гироскопические силы делают его положение устойчивым. [1].

Применение электрических и магнитных полей для левитации существует уже несколько веков. Актуальность проявилась и в наше время, во время развития приборостроения, машиностроения для измерительной, ядерной и космической техники.

Известно, что на электрический движущийся заряд со скоростью в электромагнитном поле действует магнитная сила. Магнитная сила может быть и силой притяжения, и силой отталкивания в постоянных магнитных, а также в проводниках с током. Магнитная сила является силой притяжения между ферромагнетиком и источником магнитного поля, а силой отталкивания между неферромагнитным материалом и источником переменного магнитного поля.

Магнитная левитация широко используется в магнитных и электрических подвесах. Таких существует девять типов: на постоянных магнитах, активные магнитные, LC – резонансные, диамагнитные, а также сверхпроводящие, магнитогидродинамические, электростатические, индукционные, кондукционные.

Описание устройства

Более подробно был рассмотрен активный магнитный подвес. На примере устройства

«левитрон». Сила притяжения будет генерироваться между электромагнитом и постоянным магнитом. Равновесие положения не очень стабильно, поэтому использована система автоматического контроля. [4].

Датчик контроля – это магнитоуправляемый датчик положения на основе эффекта Холла. Датчик измеряет смещение подвешиваемого постоянного магнита из заданного положения равновесия. Сигнал измерения обрабатывается регулятором. Усилитель мощности, питаемый от внешнего источника электроэнергии, преобразует этот сигнал в управляющий ток, в обмотке электромагнита, который вызывает силу магнитного притяжения таким образом, что нарушенное положение равновесия восстанавливается.

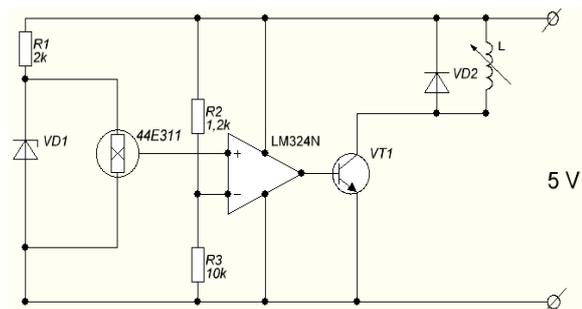


Рис.1 Схема электрическая принципиальная устройства «левитрон»

Работа схемы заключается в следующем. При включении ток идет через катушку индуктивности, которая создает магнитное поле и притягивает магнит. Для того, чтобы магнит не перевернулся, его необходимо стабилизировать, с помощью прикрепления какого-либо тела к нему. Магнит взлетает и притягивается к электромагниту.

При попадании магнита в зону действия датчика положения, магнитное поле датчика отключается магнитным полем магнита. В свою очередь, датчик подает сигнал на транзистор, который и будет отключать электромагнит, магнит падает. Магнит начинает притягиваться, когда выходит из зоны чувствительности датчика, тем самым включая электромагнит снова.

Таким способом система будет незначительно колебаться около некоторой точки.

При сборе схемы была применена катушка с сердечником, свойства которого неизвестны. Для описания математической зависимости тока от массы подвешиваемого тела и зазором между электромагнитом и постоянным магнитом, были

проведены исследования, в ходе которых выяснилось, что при увеличении тока и при его уменьшении, зависимости не отличаются, что видно из графиков на рис.2.1 и на рис.2.2.

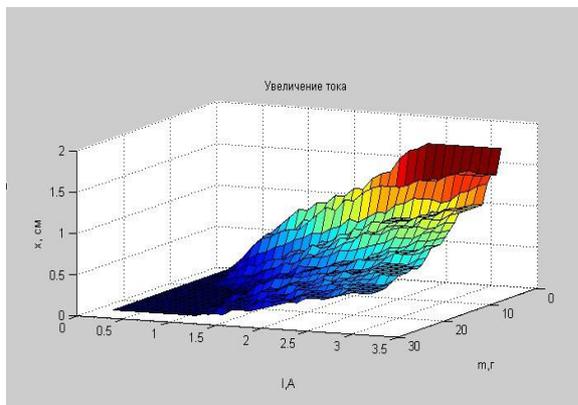


Рис 2.1 Поверхность, полученная при увеличении тока

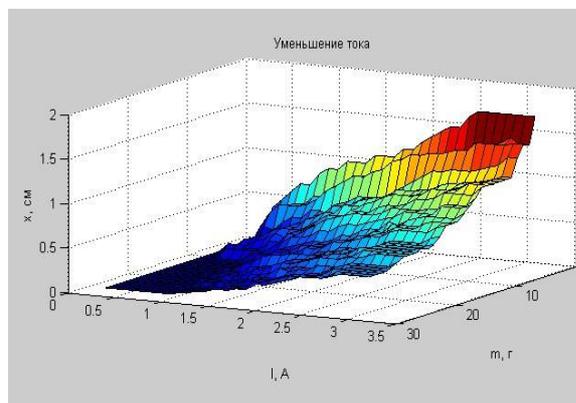


Рис. 2.2 Поверхность, полученная при уменьшении тока

Исследования были проведены при изменении значений тока от 0,4А до 3,2А с шагом 0,1А. Масса, подвешиваемого тела изменялась от 2 г до 30 г, с шагом 1 г.

В итоге получаем зависимости, что сила тока прямо пропорциональна массе и обратно пропорциональна квадрату расстояния зазора между электромагнитом и постоянным магнитом (1):

$$I \sim m$$
$$I \sim \frac{1}{x^2} (1)$$

Данные зависимости (1) будут применены для составления математической модели активных магнитных подвесов.

Заключение

Магнитная левитация широко применяется в активных магнитных подшипниках. Что и будет являться предметом изучения в будущем.

Активные магнитные подшипники являются сложным мехатронным устройством, которое будет обеспечивать бесконтактный подвес между

ротором относительно статора в электрической машине. Устойчивое положение как раз будет осуществлено за счет магнитного притяжения, что и показано в модели «левитрон». Система управления таких подшипников формирует ток обмоток электромагнита по сигналам датчиков магнитного потока или перемещений ротора. [5].

Активные магнитные подшипники обладают рядом преимуществ по отношению к каким-либо другим, что и является актуальным на данный момент. У них высокая грузоподъемность, механическая прочность, неконтактная подвеска тел, что увеличивает значительно КПД работы станков, их износостойкость и долговечность.

Список использованных источников и литературы:

1. Т.И. Трофимова Курс физики: Уч. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 560с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики (в трех томах): Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1979 – 511 с.
3. IT-лента. Магнитная левитация [Электронный ресурс]. – URL: <http://it-lenta.ru/chtotakoe-magnitnaya-levitatsiya> (Дата обращения 12.10.2016).
4. Левитрон на датчике Холла [Электронный ресурс]. – URL: http://samodelkilab.ucoz.ru/news/levitron_92_sobrat_svoimi_rukami/2014-01-19-321 (Дата обращения 20.09.2016).
5. Активные магнитные подшипники [Электронный ресурс]. - URL: <http://amb-lab.narod.ru/Book/Chapter1.htm> (Дата обращения 02.10.2016)
6. Магнитный подшипник [Электронный ресурс]. - URL: <http://myfta.ru/articles/magnitnye-podshipniki> (Дата обращения: 03.10.2016)

КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ – ИСПЫТАНИЕ ПОГРУЖНОГО КАБЕЛЯ

Апалишин В.С.

Иванов М.А.

Томский политехнический университет
prince_tails@mail.ru

Введение

УЭЦН (установка электроцентробежного насоса) - обычный насосный агрегат, только тонкий и длинный. И умеет работать в среде отличающейся своей агрессивностью к присутствующим в ней механизмам. Состоит он из погружного насосного агрегата (электродвигатель с гидрозащитой + насос), кабельной линии, колонны НКТ, оборудования устья скважины и наземного оборудования (трансформатора и станции управления)[1].

Кабель должен проходить периодические испытания на соответствие нормам и паспорту. Испытание проводится высоким напряжением в специальной установке [2].

На каждую жилу кабеля поочередно и постепенно подаётся напряжение, через некоторое время кабель переходит в состояние насыщения. Считается, что кабель прошел приемо-сдаточное испытание, если значения токов утечки не более определённого значения в соответствии с нормативным документом.

По результатам испытания кабель ремонтируется или отправляется обратно на промысла.

Описание аналога

Для испытания кабеля существует стенд «ИДИЗ-3», который включает в себя следующие блоки:

- блок управления;
- высоковольтный генератор;
- высоковольтный коммутатор;
- клеенная коробка;

Высоковольтный генератор установки вырабатывает напряжение от 1 кВ до 25 кВ, величина которого устанавливается программно, посредством ПК, и через блок высоковольтного коммутатора подается на испытуемый кабель. Программное обеспечение задает последовательность переключения токопроводящих жил кабеля, измерение тока утечки, величину испытательного напряжения, скорость нарастания и время испытания, отображает графики изменений измеренных величин в реальном масштабе времени[3].

Установка обладает рядом недостатков:

- сложность ремонта (при поломке придется менять весь блок);
- устаревшие технические решения;
- недочеты программного обеспечения (БД временами работает некорректно);

– высокая стоимость стенда.

Все эти недостатки подтолкнули на разработку собственной установки (комплекса технических средств) для тестирования погружного кабеля.

Описание разработки

В состав комплекса входит уже готовые решения (отдельные элементы), которые закупаются у конечных производителей и задачей являлось только заставить их вместе работать и выполнять поставленную задачу. Использование готовых решений означает, что ремонт будет более простым и быстрым, чем у аналога.

Для управления электроавтоматики комплекса используется контроллер компании «ОВЕН» (г. Москва), связь с программным обеспечением на ПК осуществляется через интерфейс Ethernet. Программа управления комплексом для контроллера была написана на языке CFC (высокоуровневый язык графического программирования) в среде разработки CoDeSys.

Генерирование напряжения происходит за счет регулируемого высоковольтного источника питания компании «Мантигра» (г. Новосибирск), в который уже встроены датчики тока и напряжения. Снятие показаний осуществляется путем использования драйвера fd2xx через интерфейс USB.

Чтобы коммутировать подачу напряжения на жилы кабеля и осуществить автоматическое переключение фаз используются магнитные пускатели.

Жилы кабеля подсоединяются к клеммной коробке, в которой расположены изоляторы.

Программное обеспечение на ПК было разработано в среде Microsoft Visual Studio 2015 на языке C#.

Испытание кабеля происходит в автоматическом режиме:

После ввода данных о кабеле и нажатии кнопки «Начать», контроллер подаёт сигнал коммутатору о том, что необходимо включить первую фазу для подачи на кабель напряжения. Высоковольтный источник подаёт напряжение на жилы кабеля и на графике в программном обеспечении пользователя отображаются текущие показатели напряжения и тока утечки. По истечении времени жила кабеля автоматически разряжается и напряжение подается на следующую жилу. Контроллер и программное обеспечение осуществляют правильность проведения испытания. После завершения

испытания готовится протокол и ПО предлагает отправить его на печать.

На данном этапе происходит тестирование и отладка комплекса, поиск ошибок и оптимизация кода программного обеспечения. На рисунке 1 отображен график испытания кабеля.

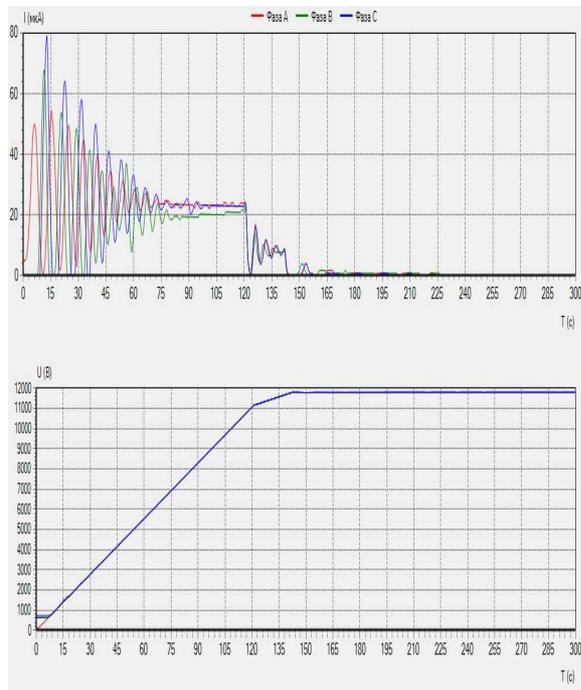


Рисунок 1. График тока утечки и напряжения при тестировании комплекса 11.10.16 г.

Заключение

В результате анализа проделанной работы можно сделать вывод, что разрабатываемый комплекс технических средств для испытания погружного кабеля высоким напряжением движется в правильном направлении к выполнению поставленной задачи и превосходит аналог. Текущие испытания кабелей проходят успешно, ошибки исправляются, и, в скором времени, планируется внедрить установку в производство, сертифицировать установку и наладить производство.

Список использованных источников

1. Установка электроцентробежного насоса (УЭЦН) [Электронный ресурс]. – URL: <http://vseonefti.ru/upstream/ustanovka-ESP.html> (дата обращения 05.04.2016).
2. ГОСТ 51777-2001 Кабели для установок погружных электронасосов. Общие технические условия, 2001. - 16 с.
3. Измерения электрических параметров погружного кабеля «ИДИЗ-3» (Руководство по эксплуатации), ООО «Научно-технический центр «Электроник» - г. Омск, 2008. – 24 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Маркелов И. А.

Томский политехнический университет
iam14@tpu.ru

Введение

В процессе изготовления космических аппаратов (КА) важным этапом являются наземные испытания различных узлов изделия. В них включаются испытания так называемых крупногабаритных трансформируемых систем: крыльев солнечных батарей (КБС), рефлекторов, антенн, манипуляторов. При этом одним из требований при проведении испытаний является имитация условий открытого космоса, в том числе и невесомости. С этой целью создаются системы обезвешивания. Параллельно с созданием стенда системы предлагается создание её математической модели, которая позволит прогнозировать процесс проведения испытаний и, в идеальном случае, полностью вытеснить полунатурные эксперименты.

Описание моделируемой системы

Система обезвешивания КБС КА состоит из нескольких кареток, каждая из которых имеет три привода: вертикального, продольного и поперечного перемещения. Приводы продольного и вертикального перемещения предназначены для перемещения точки вывески троса таким образом, чтобы трос был всегда строго вертикален. Привод вертикального перемещения предназначен для создания обезвешивающей силы, направленной противоположно силе тяжести и создаваемой натяжением троса.

Привод вертикального перемещения состоит из серводвигателя, червячного редуктора и шпули. Для создания обратной связи использует датчик силы. Сигнал с датчика силы поступает на контроллер, который управляет напряжением обмоток серводвигателя.

Серводвигатель представляет собой вентильный двигатель, который выполняет роль моментного двигателя. В этом случае частота вращения ротора минимальна или равняется нулю. В таком случае для управления двигателем с помощью цифровых средств используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ), при помощи которой создаётся среднее напряжение, близкое по своей форме к синусоидальному. [1]

Выбор червячного редуктора объясняется свойством самоторможения, которое проявляется как невозможность прокручивания выходного вала редуктора под действием силы с его стороны. [2] Это свойство вызвано наличием трения скольжения между витками червяка и зубьями червячного колеса. Оно позволяет избежать

разрушения конструкции при отключении питания в системе обезвешивания.

Датчик силы предназначен для замыкания цепи обратной связи и контроля силы натяжения троса.

Контроллер в данной системе выполняет функции цифровой вычислительной машины (ЦВМ), аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) и цифровой регулятор. АЦП преобразует аналоговое напряжение, полученной с датчика силы, в цифровой код, с которым может работать ЦВМ. Затем происходит сравнение задающего сигнала с сигналом с АЦП и выработка регулятором сигнала для ЦАП. ЦАП преобразует цифровой код в аналоговое напряжение, подаваемое на обмотки серводвигателя. Одним из видов реализации ЦАП является использование ШИМ.

Математическое описание непрерывных звеньев

Непрерывная часть системы состоит из двигателя постоянного тока, червячного редуктора, шпули и датчика силы.

Упрощённая передаточная функция двигателя постоянного тока:

$$W_{эд}(s) = \frac{M_{эд}(s)}{U_{эд}(s)} = \frac{k_{эд}}{(T_э s + 1)(T_м s + 1)},$$

где $T_э$ - электрическая постоянная времени двигателя, $T_м$ - механическая постоянная времени.

Передаточные функции редуктора, шпули и датчика силы представляют собой коэффициенты передачи:

$$W_{ред}(s) = \frac{M_{ред}(s)}{M_{эд}(s)} = k_{ред};$$

$$W_{ш}(s) = \frac{F(s)}{M_{ред}(s)} = \frac{1}{R_{ш}} = k_{ш};$$

$$W_{дс}(s) = \frac{U_{дс}(s)}{F(s)} = k_{дс}.$$

Операторно-структурная схема (ОСС) непрерывной части изображена на рис. 1.

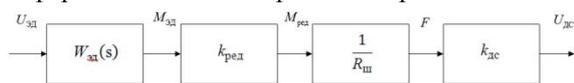


Рис. 1. ОСС непрерывной части

Также в системе есть нелинейные характеристики. Они относятся к редуктору и вызваны его люфтом и сухим трением.

Характеристика типа "люфт" обуславливается наличием механических зазоров между зубьями

червячного колеса и витками червяка. Вход-выходная характеристика звена изображена на рис. 2.

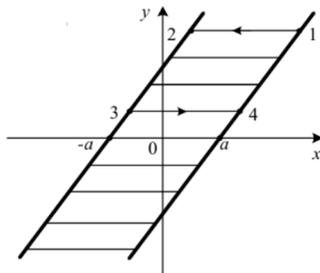


Рис. 2. Вход-выходная характеристика звена типа "люфт"

Второй нелинейностью является сухое трение которое обусловлено трением между зубьями колеса и червяком. Математически оно может быть описано как:

$$M_{cm} = M_{cm0} \text{sign} \frac{d\alpha}{dt}$$

где M_{cm0} – момент сухого трения, приведённого к валу двигателя;

$\frac{d\alpha}{dt}$ – скорость вращения вала двигателя. [3]

Математическое описание управляющего контроллера

Контроллер можно разбить на три блока: АЦП, ЦВУ и ЦАП.

Вход-выходные характеристики АЦП и ЦАП представляют собой многоуровневое реле. Основной характеристикой АЦП и ЦАП являются разрядность. Поскольку современные преобразователи имеют высокую разрядность (>10), то можно их аппроксимировать пропорциональным звеном с коэффициентом k , при этом:

$$k_{\text{АЦП}} = \frac{1}{\delta_{\text{АЦП}}},$$

$$k_{\text{ЦАП}} = \delta_{\text{ЦАП}},$$

где, $\delta_{\text{АЦП}}$ и $\delta_{\text{ЦАП}}$ - разрядность АЦП и ЦАП.[4] Дополнительно на выходе ЦАП стоит экстраполятор нулевого порядка, имеющий непрерывную ПФ:

$$W_{\phi}(s) = \frac{1 - e^{-T_p}}{p},$$

где T - период дискретизации.

ЦВМ представляет собой цифровой регулятор, описываемый дискретной передаточной функцией. Для настройки регулятора можно использовать желаемую непрерывную передаточную функцию всей системы. Для этого нужно заменить цифровой регулятор непрерывным, произвести его настройку и затем производится аппроксимация полученной непрерывной ПФ дискретной. Для этого могут быть использованы метод Тутсена или метод Эйлера. [5]

Другой способ исходит из обратного: преобразовать ПФ непрерывной части в

дискретную и построить регулятор по желаемой дискретной ПФ.

Получившаяся в результате ОСС цифровой части изображена на рис. 3.

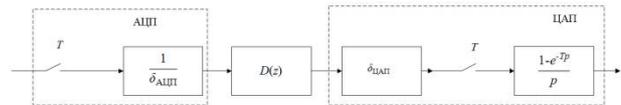


Рис. 3. ОСС цифровой части

Заключение

В полученной математической модели отображены основные связи и характеристики исследуемой системы. Для дополнения данной модели можно проделать следующее:

1. Использовать модель вентильного двигателя вместо модели коллекторного двигателя постоянного тока..
2. Учесть влияние упругости троса, на котором закрепляется изделие, поскольку трос сделан из эластичного кевлара.
3. Произвести более детальное рассмотрение нелинейных характеристик редуктора.

Список использованных источников

1. Овчинников, Игорь Евгеньевич. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) : курс лекций : учебное пособие / И. Е. Овчинников. — СПб.: Корона-Век, 2007. — 333 с.
2. Детали машин и основы конструирования : учеб. / С.М. Горбатюк [и др.] ; под ред. С.М. Горбатюка. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2014.
3. Малышенко А. М. Математические основы теории систем: учебник для вузов //А. М. Малышенко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 364 с. : ил.
4. Бесекерский, Виктор Антонович. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Профессия, 2004. — 747 с.: ил. — Специалист. — Литература: с. 744-747.
5. Ким, Дмитрий Петрович. Теория автоматического управления: Учебное пособие / Д. П. Ким. — М: Физматлит, 2003-2004 Т. 1. Линейные системы. — 2003. — 287 с.: ил. — Библиогр.: с. 280-281. — Предметный указатель: с. 282-287.

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Кулебякин А.С.

Томский политехнический университет
askmesmth@hotmail.com

Введение

В настоящее время очень широко развиваются направления, связанные с искусственным интеллектом, одной из сфер применения которого является робототехника. Создание умных роботов с интеллектом является ключевой проблемой и задачей в современном мире.

Существует несколько методов искусственного интеллекта, применяемого в робототехнике: нейронные сети, генетические алгоритмы, адаптивные алгоритмы, нечёткая логика. Данные методы позволяют решать практически все локальные задачи, связанные с движением, распознаванием и многими другими задачами роботов.

Самое широкое применение для распознавания объектов в настоящий момент получают нейронные сети.

В данной работе представлено исследование по распознаванию дорожных знаков посредством нейронных сетей, основанных на методе обратного распространения ошибки.

Системы распознавания дорожных знаков (СРДЗ) призваны предупреждать водителя о различных ограничениях на дороге, а также подавать сигналы системе управления беспилотным автомобилем, чтобы реализовать само управление автомобилем и снизить риск возникновения ДТП. В частности, СРДЗ является неотъемлемой частью системы управления беспилотным автомобилем. На данный момент СРДЗ используются в автомобилях марок Audi, BMW, Mercedes, Tesla, Volvo и др. [1] Зачастую, СРДЗ в этих автомобилях реализованы с помощью традиционных алгоритмов, не способных к адаптации.

Намного более интересной является построение адаптивной СРДЗ, позволяющей осуществлять задачу распознавания дорожных знаков при различных погодных и временных условиях.

Описание системы

Любая СРДЗ сначала получает на вход видеопоток, затем происходит предобработка изображения для того, чтобы исключить ненужную для анализа информацию. На предобработанном изображении можно легко обнаружить контуры дорожного знака для последующего извлечения изображения знака из изначального изображения. Далее происходит распознавание формы знака для последующей классификации. Таким образом,

задача дальнейшего распознавания знака существенно упрощается.

Стадии работы разрабатываемой СРДЗ представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Стадии работы СРДЗ

Стадия предобработки изображения включает в себя приведение цветного изображения к чёрно-белому (рисунок 2б), сглаживание изображения фильтром Гаусса для уменьшения шума на изображении (рисунок 2в), бинаризацию изображения для более простого нахождения контура дорожного знака (рисунок 2г).

Для обработки изображений использовался алгоритм, реализованный на языке программирования C++ с применением библиотек компьютерного зрения Open Source Computer Vision Library (OpenCV) [2], [3].

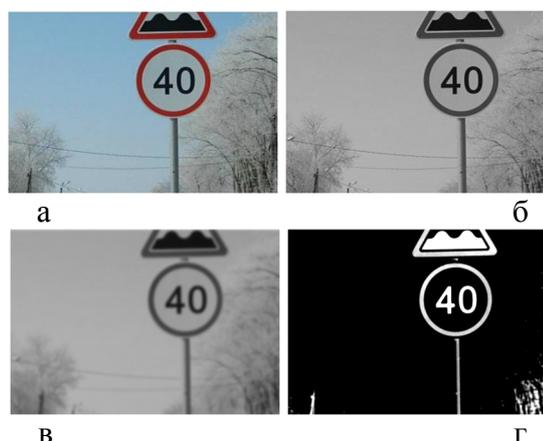


Рис. 2. Предобработка изображения:
а) Исходное изображение, б) Чёрно-белое изображение, в) Изображение с применением фильтра Гаусса, г) Бинаризованное изображение

Получение изображения знака для распознавания происходит извлечением зоны исходного изображения, в которой ранее был обнаружен контур дорожного знака. Затем изображение уменьшается [4] до размера 30x30 пикселей (рисунок 3) для уменьшения временных и мощностных затрат на дальнейшее распознавание знака нейронной сетью.

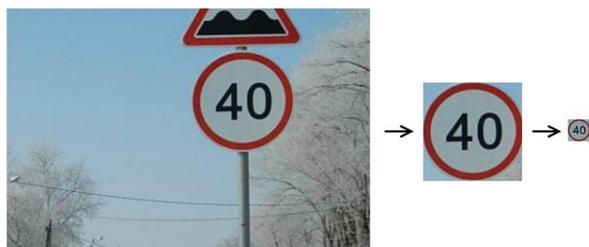


Рис. 3. Извлечение изображения для распознавания

Синтезированная нейронная сеть, распознающая знак, имеет три слоя: входной, скрытый и выходной. Обучается нейронная сеть, используя метод обратного распространения ошибки [5], [6]. В качестве активационной функции используется сигмоида (1).

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1)$$

Структура нейронной сети представлена на рисунке 4. Относительно небольшое число слоёв сети позволяет СРДЗ работать в реальном времени, благодаря малому объёму необходимых вычислений. Обучение сети состоит в прохождении через неё заранее классифицированных одинаковых дорожных знаков с разными изображениями, желаемым выходом является изображение знака из ПДД.

Полученное изображение подаётся на вход нейронной сети, имеющей в своём входном слое 900 нейронов, каждый из которых представляет из себя значение освещённости соответствующего пикселя изображения дорожного знака. Скрытый слой содержит 42 нейрона. В результате возбуждается один из выходных нейронов, соответствующий определённому дорожному знаку.

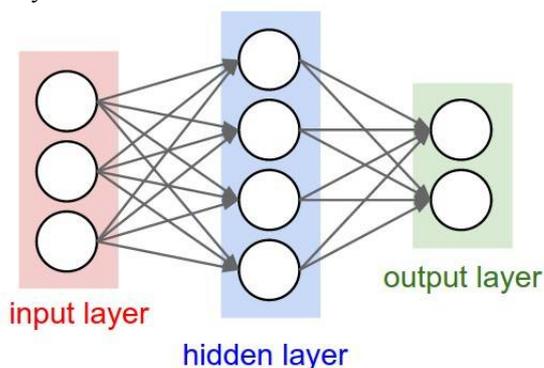


Рис. 4. Структура нейронной сети

Таким образом, возможно распознавать дорожные знаки в реальном времени, заранее обучив нейронную сеть, а также дообучать сеть в процессе распознавания, пополняя базу данных знаков.

Заключение

Существующие СРДЗ обладают жёстким алгоритмом распознавания знаков, не способным адаптироваться под различные изменяющиеся условия внешней среды. К тому же, подобные системы устанавливаются лишь на некоторые модели автомобилей, зачастую относящихся к бизнес-классу. Работа СРДЗ на этих автомобилях представляет лишь вспомогательный характер. Ведь эти системы могут только информировать водителя об ограничениях на дороге из-за низкого качества работы подобных систем.

Разрабатываемое программное решение позволит использовать адаптивную СРДЗ в любом автомобиле. Система может быть выполнена в виде отдельного устройства, либо приложения для смартфона или компьютера. Со временем, пополняя базу данных знаков, будет возможна интеграция СРДЗ в систему управления беспилотным автомобилем для соблюдения им ПДД.

Список использованных источников

1. Система распознавания дорожных знаков. [Электронный ресурс]. – URL: http://systemsauto.ru/active/traffic_sign_recognition.html (дата обращения 18.10.2016).
2. Image Filtering [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/imgproc/doc/filtering.html> (дата обращения 18.10.2016).
3. Miscellaneous Image Transformations [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/imgproc/doc/miscellaneous_transformations.html (дата обращения 18.10.2016).
4. Geometric Image Transformations [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/imgproc/doc/geometric_transformations.html (дата обращения 18.10.2016).
5. Using neural nets to recognize handwritten digits [Электронный ресурс]. – URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html> (дата обращения 18.10.2016).
6. How the backpropagation algorithm works [Электронный ресурс]. – URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap2.html> (дата обращения 18.10.2016).

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО В ВУЗЕ

Пираков Ф. Д., Мытник А. А.

Научный руководитель: А. П. Клишин, ст. преп. каф. информатики
Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия.
farrukh.0395@mail.ru

Введение

В связи с введением новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования появилась потребность в автоматизации таких бизнес-процессов по работе с портфолио обучающегося, как сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников учебного процесса [1]. Это требование распространяется на условия подготовки специалистов по многим техническим отраслям, включая педагогические специальности [2]. В связи с этим перед Томским государственным педагогическим университетом, как и перед другими вузами, встала задача проектирования и разработки информационной системы для ведения электронного портфолио обучающегося.

Электронное портфолио обучающегося

В настоящее время некоторые вузы разработали и внедрили электронное портфолио: электронное портфолио студента РГППУ (Российский государственный профессионально-педагогический университет), [http://www.rsvpu.ru/elektronnoe-portfolio-studenta/] электронное портфолио студента СГТУ (Саратовский государственный технический

университет) [http://www.sstu.ru/obrazovanie/elektronnoe-portfolio-studenta/] и др.

В соответствии с проведённым анализом предметной области и с учетом технических условий была разработана информационная система – электронное портфолио обучающегося и внедрена на всех факультетах ТГПУ.

Схема на рис. 1 показывает взаимодействие компонентов системы. Для создания веб-приложения выбрана архитектура REST (Representational state transfer). Для разработки серверной части была выбрана технология JavaEE 7 и GlassFish 4. Для клиентской части был выбран JavaScript фреймворк AngularJS, поскольку он обладает удобной моделью шаблонизации HTML интерфейсов. В качестве СУБД была выбрана MySQL в силу её свободной лицензии и несложной настройкой, а так же невысокими требованиями к оборудованию.

Информационная система «Электронного портфолио» обучающегося предназначена для хранения учебных достижений учащихся и оценки академических результатов. Обучающемуся предоставляется доступ для внесения информации. Деканам и сотрудникам предоставляется доступ для просмотра информации. Для получения доступа к системе требуется согласование.

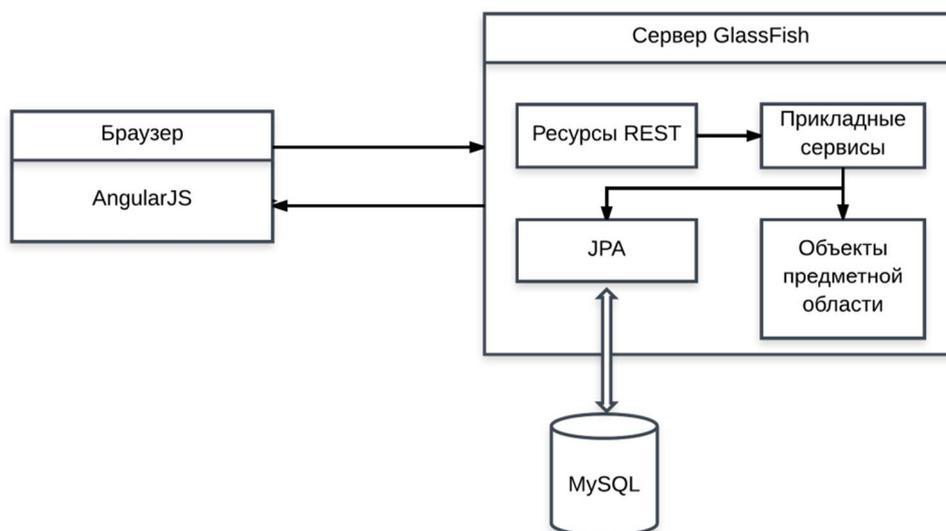


Рис. 1. Архитектура системы «Электронное портфолио обучающегося»

Система электронного портфолио размещена на главном сайте ТГПУ по адресу tspu.edu.ru/portfolio.html. Доступ так же может быть обеспечен через меню: Учёба → Портфолио студента. Информация доступна только для зарегистрированных пользователей.

Для авторизации в системе пользователь должен ввести единый корпоративный логин и пароль, который используется также и в других системах вуза. После окончания обучения и по истечении определенного срока (5 лет), данные подлежат архивации, а в последствие удалению из системы.

Портфолио состоит из формы личных данных, раздела с результатами успеваемости и списка прикрепленных документов, распределённых по категориям (рис. 2).

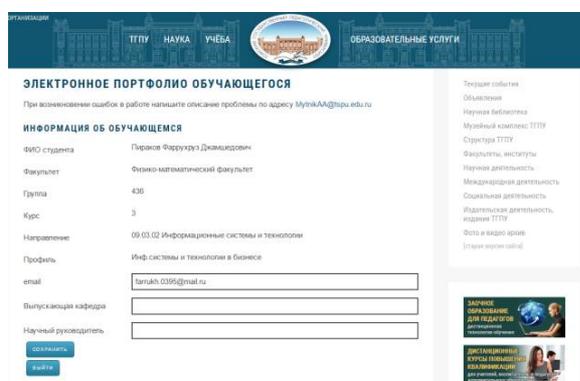


Рис. 2. Общий вид. Информация об обучающемся

Прикрепляемые материалы распределены по шести категориям:

- учебная деятельность;
- научно-исследовательская деятельность;
- достижения в профессиональной сфере;
- общественная деятельность;
- культурно-творческая деятельность;
- спортивная деятельность.

Необходимая информация о студентах была импортирована из информационной системы E-Decanat 2.0 [5]. Была реализована интеграция с автоматизированной системой учёта студенческих кадров E-Decanat, откуда поступает информация об учебном контингенте и успеваемости студентов. В электронное портфолио обучающегося так же автоматически загружаются необходимые данные из автоматизированной системы веб-публикации учебного расписания <http://timetable.tspu.ru>.

Сотрудники, которым предоставлены права менеджера, могут просматривать списки портфолио обучающихся. Список портфолио можно отфильтровать по имени студента или по факультету. Нажав на ФИО студента, можно просмотреть содержание его портфолио, но невозможно внести какие-либо изменения в его учётную запись. Кликнув по ссылке, можно скачать файл и открыть его на просмотр. Хотелось бы отметить также то, что файлы в различных

форматах сначала скачиваются на компьютер пользователя, и только уже потом открываются.

Заключение

Разработанная система позволила сотрудникам различных подразделений ТГПУ на основании информации хранящейся в системе, назначать стипендии различных уровней и рассчитывать рейтинговые показатели учащихся

В дальнейшем планируется развивать электронное портфолио обучающегося в следующих направлениях: добавить дополнительные атрибуты для прикрепленных файлов, и др., предусмотреть возможность работникам деканата проверять содержание и достоверность прикрепленных файлов, обеспечить возможность ввода информации о других видах достижений, а также проводить расчет рейтинговых показателей.

Список использованных источников

1. Приказ об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата). [Электронный ресурс]: URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/440301.pdf>.

2. ВГОС ВО по направлениям бакалавриата образование и педагогические науки. [Электронный ресурс]: URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/94>.

3. Положение об электронном портфолио обучающихся. [Электронный ресурс]: URL: http://tspu.edu.ru/files/sveden/inaya/Об_электронно_м_портфолио_обучающихся_28.11.2013.PDF

4. Клишин А. П., Шелемехова М. С., Казарин С. А. Разработка серии CD-дисков для заочного и дистанционного обучения // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2007. Вып. 6 (69). С. 88–90.

5. Клишин А. П., Мытник А. А. Опыт внедрения информационной системы E-DECANAT 2.0 для автоматизации управления учебным процессом в ТГПУ // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2013. Вып. 1 (129). С. 184–187.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ВОДЯНОЙ РУБАШКОЙ

Бутузов Д.В.

Научный руководитель: Тутов И.А.
Томский политехнический университет
e-mail: qwaswedo@gmail.com

Введение

В настоящее время многие процессы, протекающие в реальных объектах, невозможно непосредственно исследовать, или же вовсе это исследование требует много времени и средств. В этом случае на помощь приходит модель, выступающая как своеобразный инструмент познания, с помощью которого исследователь изучает интересующий его объект.

В этой статье говорится о методе получения математической модели испытательной установки химического реактора с целью дальнейшего синтеза каскадного регулятора.

Описание системы

Для получения математической модели объекта [1] рассмотрим еще раз условную конструкцию химического реактора (рис. 1).

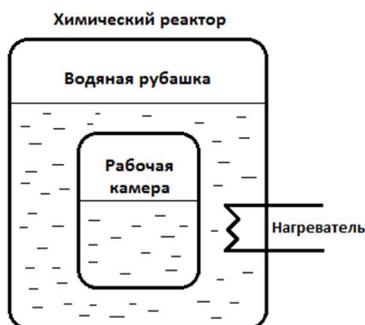


Рис. 1. Конструкция химического реактора

Химический реактор состоит из рабочей камеры и водяной рубашки, заполненных водой и обладающих тонкими стенками (далее в модели пренебрегается их влиянием), через которые происходит обмен энергией.

Вследствие чего принимается, что в системе имеется всего два накопителя энергии: вода в рабочей камере реактора и вода в водяной рубашке. Следовательно, в силу конструкции химического реактора обмен энергией происходит согласно уравнению (1), представляющему из себя закон сохранения энергии:

$$Q_n = Q_p - Q_{cp} - Q_{p.k.}, \quad (1)$$

где:

Q_n - количество теплоты, переданное нагревателем;

Q_p - количество теплоты, переданное воде в рубашке;

Q_{cp} - количество теплоты, переданное окружающему среде;

$Q_{p.k.}$ - количество теплоты, переданное воде в рабочей камере химического реактора.

В свою очередь нагреватель представляет из себя 4 последовательных сборки из 6 соединенных параллельно резисторов номиналом 2 Вт 51 Ом. Питается нагреватель от сетевого напряжения 220 В, следовательно, рассеиваемая в среде мощность равна:

$$P = Q_n = \frac{U^2}{R_{\text{экв}}} = \frac{U^2}{R_6 \cdot 4} = \frac{U^2 \cdot 6}{R \cdot 4} = \frac{220^2 \cdot 6}{51 \cdot 4} = 1423,5 \text{ Вт}, \quad (2)$$

где R_6 - сопротивление одной сборки из 6 резисторов.

Далее используется формула для расчета количества теплоты, переданного телу при изменении его температуры на величину dT (3):

$$dQ = mcdT, \quad (3)$$

откуда:

$$Qdt = mcdT, \quad (4)$$

где:

Q - количество теплоты, переданное телу за единицу времени;

m - масса нагреваемого тела;

c - удельная теплоемкость нагреваемого тела;

dT - температура, на которую нагрелось тело;

dt - время, за которое тело получало энергию.

Из формулы (4) получим, что вода в рубашке нагревается на величину dT равную:

$$dT = (Q_p dt) / (m_p c), \quad (5)$$

где:

Q_p - количество теплоты, получаемое водой в рубашке от нагревателя в единицу времени;

m_p - масса воды в рубашке;

c - удельная теплоемкость воды, равная 4200 кДж/(кг·°С).

Получая энергию от нагревателя, вода в рубашке нагревается, и ее температура растет, следовательно, ее мгновенную температуру можно рассчитать по формуле (6):

$$T_p(t) = T_{p0} + \frac{1}{m_p c} \cdot \int_0^t Q_p dt, \quad (6)$$

где:

T_{p0} - начальная температура воды в рубашке.

Далее используется закон Ньютона-Рихмана (7) и (8) [2] для расчета количества теплоты, переданного окружающему воздуху и воде в рабочей камере реактора через стенки на границе раздела сред:

$$Q_{cp} = k_1(T_p - T_{cp}), \quad (7)$$

$$Q_{p.k.} = k_2(T_p - T_{p.k.}), \quad (8)$$

где:

$T_p, T_{cp}, T_{p.k.}$ - температура воды в рубашке, окружающей среды и воды в рабочей камере реактора, соответственно;

k_1 - коэффициент теплопередачи стенок между водяной рубашкой и окружающей средой;

k_2 - коэффициент теплопередачи стенок между водяной рубашкой и рабочей камерой реактора.

И снова используются формулы (5) и (6) для того, чтобы получить мгновенную температуру воды в рабочей камере (9):

$$T_{p.k.}(t) = T_{p.k.0} + \frac{1}{m_{p.k.} \cdot c} \int_0^t Q_{p.k.} dt, \quad (9)$$

где:

$Q_{p.k.}$ - количество теплоты, получаемое водой в рабочей камере за единицу времени;

$m_{p.k.}$ - масса воды в рабочей камере;

c - удельная теплоемкость воды, равная 4200 кДж/(кг·°C);

$T_{p.k.0}$ - начальная температура воды в рабочей камере.

Нагреватель – это инерционный объект и ему свойственна задержка, так как он не сразу нагревается до максимального значения. Такое поведение объекта описывается апериодическим звеном первого порядка:

$$W(s) = \frac{k}{(Ts + 1)}, \quad (10)$$

где:

k – коэффициент усиления (найденная мощность нагревателя);

T – постоянная времени.

В ходе специально проведенного эксперимента было установлено, что постоянная времени апериодического звена $T = 4,3$ с, отсюда передаточная функция нагревателя равна:

$$W(s) = 1423,5 / (4,3s + 1). \quad (11)$$

Тогда математическая модель примет вид, изображенный на рисунке 2.

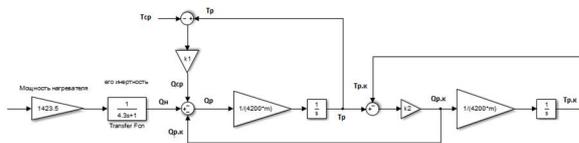


Рис. 2. Математическая модель объекта

После получения математической модели объекта стояла задача оценки неизвестных параметров: коэффициентов теплопередачи стенок k_1 и k_2 (массы $m_{p.k.}$ и m_p были получены путем непосредственного измерения их объемов).

Для того чтобы получить эти параметры, используется специальный инструмент MATLAB&Simulink – Parameter Estimation Toolbox. Данный инструмент позволяет определить неизвестные параметры системы по экспериментальным наборам данных [3].

В итоге были подобраны коэффициенты теплопередачи $k_1 = 1,2$ и $k_2 = 5,9$. Оценка параметров инструментом Parameter Estimation представлены на рисунке 3.

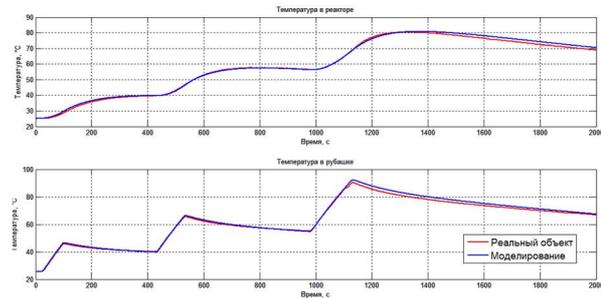


Рис. 3. Оценка коэффициентов теплоотдачи

Теперь необходимо проверить адекватность полученной модели на других тестовых наборах данных, полученных при влиянии другой серии управляющих воздействий (рис. 4).

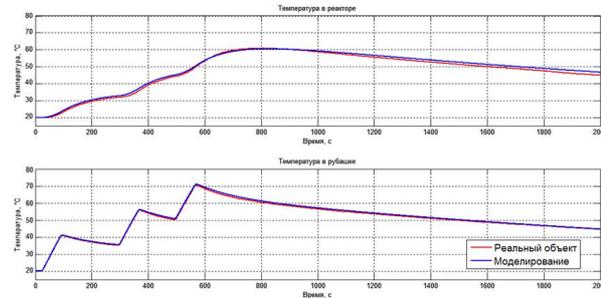


Рис. 4. Проверка модели на адекватность

Как видно из рисунков 2 и 3 отклонения значений не превышают 2 градуса Цельсия и находятся в пределах погрешности средств измерений (± 2 °C).

Заключение

Полученная модель с практически пригодной точностью описывает объект управления, следовательно, ее можно использовать для дальнейших исследований, в частности проверки качества настроек регуляторов и их проверки при синтезе систем управления.

Список литературы

1. Бутузов Д.В., Тугов И.А. Разработка испытательного стенда нагревательной установки с водяной рубашкой. // Научн.-практ. конф. «Молодежь и современные информационные технологии» (9-13 ноября 2015г, г. Томск). - Томск, 2016. - С.223-224.
2. Мазо А.Б. Основы теории и методы расчета теплопередачи. – Казань, 2013. – С.21.
3. Оценка параметров модели на основе эксперимента. [Электронный ресурс]. – URL: <http://matlab.ru/blog/control-algorithms/> (Дата обращения 16.10.2016 г.)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ УМНЫХ ДОМОВ

Петрусёв А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель ИСГТ ТПУ Потехина Н.В.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
science-alex@mail.ru

Введение

В настоящее время солнечная энергетика является быстро развивающейся технологией. Такие устройства, как солнечные концентраторы и солнечные трекеры предназначены для повышения эффективности солнечных станций. Данная статья описывает разработку и тестирование трекера для солнечных батарей и разработанного акрилового концентратора.

Описание работы

В соответствии с опубликованными в июле 2016 года данными Международного энергетического агентства (МЭА), солнечная энергетика является самым быстрорастущим сегментом энергетического рынка, далеко опережая других игроков. Среднегодовой темп роста фотоэлектрической генерации в 1990-2014 годы – 46,2% [1]. Среднегодовой прирост за последние 4 года – около 40%.

По данным международного агентства возобновляемой энергетики (IRENA), установленная на конец 2015 года мощность фотоэлектрических станций составляет 227ГВт (в 2013 – 134,5) [2]. Крупнейшие рынки солнечной энергетики сосредоточены в США, Германии, Китае, Японии, Италии.

На данный момент 70% территории нашей страны, на которой проживает около 20 млн. человек, отрезано от централизованного электроснабжения. Там применяются дизельные установки с высокой ценой вырабатываемой электроэнергии (до 50 руб. за кВт·ч и более). Также всё большую популярность набирают умные дома, в которых электроснабжение или его часть обеспечивается возобновляемыми источниками энергии.

Системы умных домов призваны в том числе обеспечить потребителя непрерывной и качественной электроэнергией. Часто – основанной на возобновляемых источниках энергии, которые общепризнанно считаются более чистыми в сравнении с традиционной энергетикой. К сожалению, применение возобновляемых источников энергии, в частности солнечной, налагает определённые проблемы. К ним относятся как высокая стоимость получаемых таким образом систем, так и резкая неравномерность генерации электроэнергии в течение дня.

Целью является решение указанных проблем. Для этого предлагается в солнечных установках применять собственные разработанные устройства – солнечный трекер и акриловый концентратор. Системы с использованием таких устройств в 2-3

раза дешевле существующих и позволяют более эффективно и равномерно генерировать энергию в течение дня, что достигается за счёт ноу-хау, на которых получен патент.

Концентратор представляет собой лист акрила толщиной около 1 сантиметра со специальной внутренней структурой, позволяющей собирать солнечную энергию со всей приёмной поверхности и направлять её в торцы, на которых расположены солнечные элементы.

Концентратор даёт 7ми кратную концентрацию с КПД 75%. В результате можно использовать в 5 раз меньше солнечных элементов для работы. Для работы, как и любой концентратор, требует ориентации за солнцем. Но не с высокой точностью порядка 0,1 градус, как обычные концентраторы, а лишь по одной горизонтальной оси с точностью в 5-7 градусов.

Трекер – устройство, поворачивающее концентратор или солнечную панель периодически на солнце. В отличие от аналогов наш трекер работает с помощью платы без использования микроконтроллеров. Это позволяет снизить стоимость электронно-логической части трекера и использовать коллекторные двигатели постоянного тока, что выгодней аналогов на переменном или трёхфазном токе.

Трекер имеет значительный угол поворота (200 градусов по оси) за счёт специально разработанных концевых выключателей, позволяет с помощью пульта регулировать время между включениями и настраивать трекер на поворот в нужное место. Активный тип слежения позволяет использовать наш трекер даже на движущихся объектах. Его эффективно использовать не только с концентраторами, но и на обычных солнечных панелях, что повышает эффективность в среднем на 30%.

Предлагаемый нами трекер основан на патенте «Солнечная установка». В целом мы выгодно отличаемся по:

- углу поворота – наш трекер способен поворачиваться прямо на солнце даже в самые ранние и вечерние часы;
- цене – трекер имеет низкую себестоимость, обеспечивающую его конкурентоспособность и экономическую эффективность
- увеличению мощности в сравнении со статичной панелью – в июле выработка повышается до 32% для одноосевой ориентации
- возможностью регулировки режимов – трекер можно настраивать как по чувствительности, так и по ориентации на конкретное направление

- температуре эксплуатации – трекер пригоден для работы даже в условиях севера страны, что особенно актуально, к примеру, для Камчатки

Одним из основных конкурентов является компания ЮСТ, которая по рабочим характеристикам, представленным в таблице 3, не уступает нашей разработке. Тем не менее, она так же имеет ряд недостатков. Во-первых, ориентация системы происходит по алгоритму солнечной позиции. Т.е. не учитывается преломление лучей в атмосфере, отражение лучей от снега зимой и рассеянное излучение, когда направление пика солнечной активности может отличаться от географического положения солнца. Соответственно, это снижает эффективность трекера по сравнению с нашим типом слежения, поворачивающим солнечную панель на наибольший источник света в данный момент времени. Во-вторых, в качестве привода используются трёхфазные двигатели, требующие на каждую фазу по инвертору для работы. Так как инверторы стоят весомых денег, то такие системы значительно выше в цене в отличие от нашего трекера, работающего напрямую от аккумулятора.

Основные преимущества предлагаемого концентратора [3]:

- Низкая себестоимость, так как основной составляющий материал – акрил
- Конденсат не скапливается в концентраторе, вследствие чего не искажается ход лучей, увеличивая эффективность работы. Достигается за счёт того, что поверхность концентратора плоская
- Не требует дорогих активных систем охлаждения, позволяя обходиться пассивными радиаторами в связи с тем, что концентрация не превышает 7 «солнц»
- Концентратор имеет малые вес и габариты, сравнимые с обычными солнечными панелями, что крайне важно при установке и эксплуатации системы в целом
- Требует ориентацию лишь по одной оси с невысокой точностью (1-2 градуса), что позволит значительно снизить стоимость системы

Разработан промышленный образец, который проходил натурные испытания с мая 2016 года на крыше бизнес инкубатора ТПУ.

В итоге получено повышение эффективности в 28% в сравнении со статичной панелью.

На основе полученного образца планируется создать малое инновационное предприятие по реализации данных устройств на российском рынке солнечной энергетики

Основными преимуществами МИП в сравнении с ООО будут являться:

1) Льготное налогообложение. Согласно 212 Федеральному закону о страховых взносах, пункт, для инновационных компаний, долю в которых имеет вуз, применяется льготное налогообложение.

2) Возможность аренды помещений и оборудования вуза

3) Дополнительное финансирование

Рассмотрен процесс исследования повышения эффективности систем на основе солнечных установок с возможностью их совмещения с другими видами систем электроснабжения.

Заключение

В итоге применение данных устройств в солнечных станциях не только снижает стоимость всей станции, но и позволяет генерировать электроэнергию более равномерно в течение дня. Связано это с тем, что генерация повышается в утренние и вечерние часы за счёт системы ориентации. Именно в это время происходит наибольшее потребление электроэнергии, в связи с чем можно сэкономить на объёме используемых аккумулирующих систем, что благоприятно скажется на всей системе умного дома.

В результате установлено, что использование солнечного трекера и акрилового концентратора позволяет значительно увеличить эффективность солнечных электростанций в районах, не имеющих централизованного электроснабжения. Кроме того, это часто оказывается более выгодным, чем использование в таких районах дизельных электростанций.

Список использованных источников

1. По данным МЭА, солнечная энергетика - самый быстрорастущий сегмент энергетического рынка [Электронный ресурс] // Ассоциация солнечной энергетики России. URL: <http://pvruussia.ru/news/173/> (дата обращения 18.08.2016)

2. Отработанные солнечные модули – перспективные возможности для бизнеса [Электронный ресурс] // Ассоциация солнечной энергетики России. URL: <http://pvruussia.ru/news/176/> (дата обращения 18.08.2016)

3. Petrusyov A. S. , Sarsikeev E. Z. , Lyapunov D. Y. Energy-efficient Photovoltaic Installation [Electronic resorces] // Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Tehnologies. - 2014 - №. 8. - p. 399-404. - Mode of access: <http://www.scientific-publications.net/ru/article/1000188/> (дата обращения 20.09.2016)

ЭЛЕКТРОННЫЙ РОЛИКОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ

Чимров А.В.

Научный руководитель: И.А.Тутов
Томский политехнический университет
chimrovav@gmail.com

Введение

Часто возникает необходимость измерения различных поверхностей, которые представляют собой кривые, изгибающиеся линии. В данном случае применение стандартных измерительных приборов, таких как линейки, измерительные рулетки является как минимум неудобным, а чаще всего это является невозможным. Таким образом наиболее подходящим вариантом становится использование роликового измерителя длины, который также известен, как курвиметр [1]. Механические аналоги такого устройства находили применение в различные эпохи у разных народов для определения расстояний между населенными пунктами, а также в области архитектуры. Основная идея проведения измерений таким способом состоит в подсчете длины пропорционально пройденному расстоянию измерительного колеса. Электронный курвиметр имеет ряд преимуществ перед механическими аналогами, прежде всего это простота в изготовлении устройства, удобное представление результатов измерения длины и возможность перевода выходных данных в другие единицы измерения длины. Суть данной работы состоит в следующем: разработка электронного измерителя длины на элементах цифровой (последовательностной и комбинационной) логики и элементах аналоговой электроники.

Описание принципов работы устройства

Устройство состоит из двух частей: измерительный ролик и печатная плата, с размещенными на ней электронными компонентами. Ролик крепится к корпусу устройства с помощью металлического вала, с обратного конца которого находится экран в виде лепестков, количество которых определяется размерами ролика. По обе стороны от экрана на печатной плате расположены две пары светодиодов и фототранзисторов. К примеру, если диаметр ролика выбран 4 см и количество лепестков равняется 4, то за 1 один полный оборот ролика формируется 4 импульса, что соответствует 4 пройденным сантиметрам. Однако, как уже говорилось, параметры ролика могут быть разными, но для удобства примем, что один импульс равен одному сантиметру пройденной поверхности. Как уже отмечалось, аналоговая часть представляет собой оптопару (рисунок 1) из двух светодиодов VD1 и VD2 (источники света) и двух фототранзисторов VT1 и VT2 (светоприемники). Вращательное движение ролика

воспринимается оптопарой (VD1-VT1, VD2-VT2), которая в данном случае образует оптический энкодер [2].

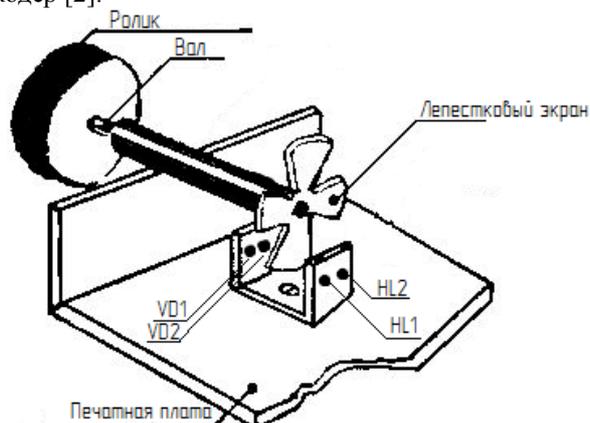


Рис. 1. Расположение оптопары и экрана

Использование данного оборудования позволяет выполнить подсчет импульсов, а также определить направление вращения, так при вращении ролика в одну сторону очередность открывания фототранзисторов будет такой, что счет будет идти в прямом направлении, при вращении в другую сторону – в обратном. Таким образом получается четыре такта при движении только одного лепестка: первый фототранзистор открыт – второй фототранзистор открыт – первый закрыт – второй закрыт. На выходе получаем один импульс. Далее используются два инвертирующих триггера Шмитта DD1, необходимые для защиты схемы от дребезга и формирования сигнала прямоугольной формы [3]. После используется Д-триггер (DD2), выход R соединяется с минусом схемы, S – с кнопкой сброса счетчика. С выхода Д-триггера DD2 имеем сигнал сплошного уровня, поэтому счет будет производиться некорректно, для решения этой проблемы вводим в схему элементы логического ИЛИ (DD3) и получаем срабатывания по фронту [4]. Далее используются элементы для подсчета и обработки сигналов. Двоично-десятичный счетчик DD4-DD6 работающий следующим образом: для счета необходимо, чтобы на одном из входов всегда был высокий уровень, а на другом должно происходить изменение уровня с низкого на высокий [5]. Заключительным этапом работы схемы является преобразование импульсов из двоичного кода в десятичную систему счисления с помощью дешифратора DD7-DD9. Показания фиксируются на семисегментных индикаторах с общим катодом. Электрическая схема устройства представлена на рисунке 2

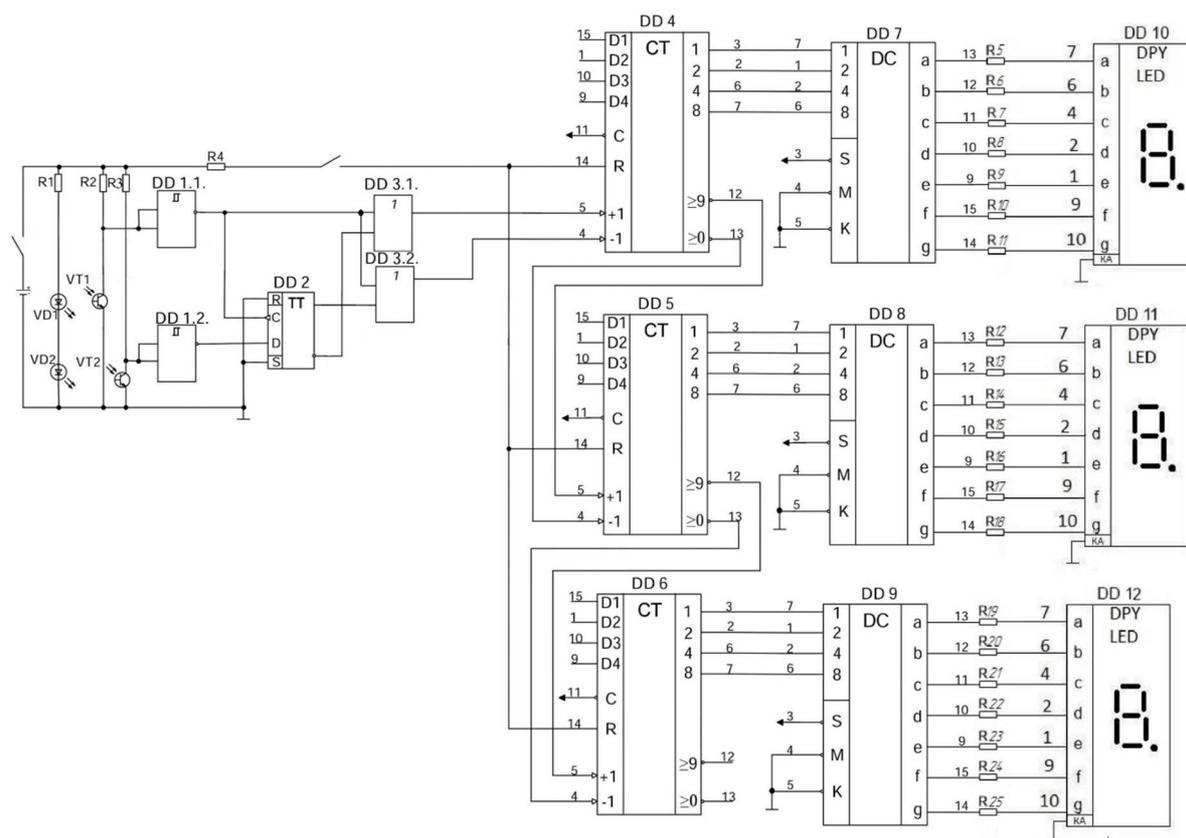


Рис. 2. Электрическая схема устройства роликового измерителя длины

Заключение

Разработан электронный измерительный прибор необходимый для измерения длины различных типов поверхностей, преимущественно кривых. Разработана электрическая схема данного устройства на различных логических элементах. В ходе выполнения данной работы возникали проблемы с выбором компонентов, ввиду того, что некоторые из них уже перестали выпускаться, а зарубежные аналоги достаточно дорогостоящие. Несмотря на это было спроектировано устройство и изготовлена печатная плата, работоспособность и корректность работы которой была доказана опытным путем, а именно последовательным открыванием-закрыванием фототранзисторов, что имитировало движение ролика.

Большое количество компонентов стало причиной относительно большого размера самой печатной платы (9x13см). Одной из перспектив данного проекта является изготовление такого же устройства с использованием микроконтроллера вместо всей цифровой части схемы, это позволит уменьшить габариты устройства, а также расширить функционал. Стоит отметить, что данное устройство может применяться в составе более сложных измерительных установок.

Список использованных источников

1. Курвиметр. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.digitaloilfieldvirtual.com/> (дата обращения: 10.10.2016).
2. Валкодер из оптической мыши. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rfanat.qrz.ru/s5/valkoder.html/> (дата обращения: 05.06.2016).
3. Принцип работы инкрементального энкодера. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.megasensor.com/ugolpovorota/glossarij/inkrementalnye-ekodery/princip-raboty-inkrementalnogo-ekodera/> (дата обращения: 05.06.2016).
4. Энкодер. [Электронный ресурс]. – URL: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html/> (дата обращения: 05.06.2016).
5. Валкодер из мыши. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.diagram.com.ua/list/radio/radio140.shtml/> (дата обращения: 08.06.2016).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОКУПАЕМОСТЬ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Рыбак А.Д., Зарницын А.Ю., Власов К.С.
Научный руководитель – Леонов С.В.
Томский политехнический университет,
e-mail: anna_rybak96@mail.ru

Введение

В современном мире развитие ресурсоэффективных технологий и создание новых материалов приводит к прогрессу в разработке новых электротехнических систем и принципов их управления. Одним из самых популярных сейчас является совершенствование теории проектирования синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ). Развитие данной теории влечет за собой разработку и внедрение новых методов расчета и конструирования. В работе использовался один из методов расчета СДПМ с применением специального ПО на базе теории расчета магнитных полей. Задачей проводимого исследования является разработка метода проектирования СДПМ с ротором без магнитопровода.

1. Конструкция СДПМ

Рассмотрим конструкцию СДПМ. Основной частью ротора являются магниты. Статор представляет собой три обмотки, соединенные по схеме «звезда». При подаче трехфазного переменного напряжения создается вращающее магнитное поле, которое при взаимодействии с магнитным полем ротора создает крутящий момент. Частота вращения ротора и частота вращения магнитного поля совпадают, по этой причине двигатель называют синхронным. Важнейшей особенностью данного двигателя является наличие у него абсолютно жесткой механической характеристики в определенном диапазоне нагрузок.

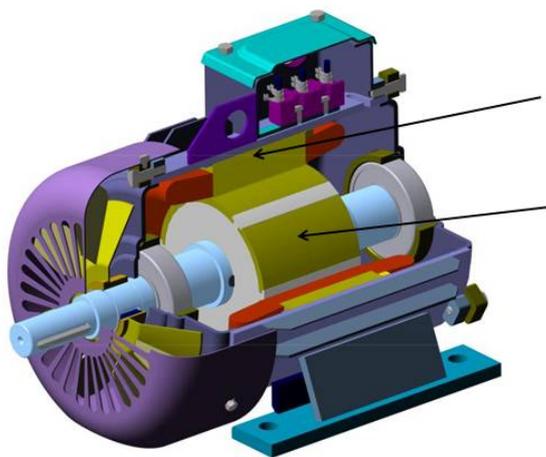


Рис. 1. Конструкция СДПМ

2. Обеспечение высоких энергетических характеристик

В СДПМ применяются магниты со следующими свойствами:

1. Наличие большой коэрцитивной силы;
2. Наличие малой магнитной проницаемости;
3. Наличие высокой остаточной индукции.

Данные свойства магнитов служат для обеспечения высоких энергетических характеристик привода. Помимо свойств магнитов на высокие энергетические характеристики влияют геометрические характеристики ротора такие как: заполняемость ротора магнитами, ширина воздушного зазора, геометрическая форма ротора и пр.

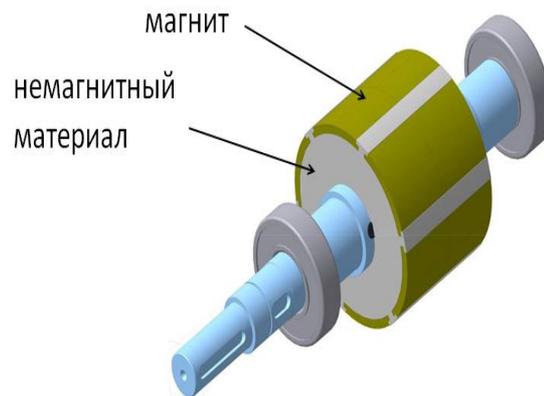


Рис. 2. Конструкция ротора СДПМ

3. Методы проектирования электрических машин
Традиционные методы проектирования электрических машин с постоянными магнитами представляют собой набор аналитических формул, по которым производится расчет. Метод имеет один существенный недостаток - аппроксимацию формул. Принимаются допущения с целью упрощения, в результате которых в процедуру вносится существенная погрешность порядка 15-20%. С развитием современной вычислительной техники появилась и возможность изменить процедуру проектирования СДПМ.

При применении прямого метода расчета учет всех факторов значительно усложняет саму процедуру расчета. Современный же подход к процедуре проектирования заключается в применении специализированных программных средств. В них производится расчет как электротехнических параметров, так и магнитных полей, используя метод конечных элементов. Примером такого ПО является Ansys.

4. Макетный образец двигателя

Для проведения ряда экспериментов был создан макет СДПМ со следующими параметрами:

1. номинальное напряжение – 380 В;
2. номинальная мощность – 370 Вт;
3. номинальный ток – 1,2 А;
4. номинальная скорость – 3000 об/с.

Был поставлен ряд экспериментов, в результате которого были определены энергетические и эксплуатационные характеристики двигателя. В дальнейшем на основании макетного образца в ПО Ansys была создана модель. Для проверки адекватности модели и возможности ее дальнейшего использования был проведен сопоставительный анализ значений КПД. Анализ позволил судить о разумности применения методов моделирования СДПМ в ПО Ansys. В дальнейшем модель использовалась для проектирования СДПМ с КПД 92%

5. Сравнительный анализ АД с КЗ ротором и СДПМ

Стоимость СДПМ выше чем АД с КЗ ротором, с ростом полезной нагрузки расхождение в стоимости растёт, это объясняется пропорциональной зависимостью между количеством постоянных магнитов и полезной мощностью. По сравнению с АД с КЗ ротором одним из достоинств СДПМ является высокий КПД. По энергетическим характеристикам АД с КЗ ротором также уступает СДПМ.

Заключение

Выделим основные результаты исследования:

1. разработана технологическая конструкция синхронного двигателя с постоянными магнитами для общепромышленного применения;
2. создана инженерная методика проектирования синхронных двигателей с постоянными магнитами большой мощности;
3. определена экономическая целесообразность использования и сроки окупаемости двигателей мощностью до 25 кВт при условии их непрерывной работы;
4. исследован макетный образец двигателя с ротором без магнитопровода мощностью 370 Вт;
5. спроектирован и изготавливается двигатель мощностью 6 кВт с КПД = 92%.

Литература

1. Муравлев О.П., Леонов С.В., Фокин В.В. Расчёт статических характеристик низкоскоростного синхронного двигателя с концентрацией магнитного потока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. № 6. С. 32-35.
2. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макаеев Ю.Н., Кремлёв И.А. Анализ влияния геометрии постоянных магнитов

на энергоэффективность электромеханических систем // Известия высших учебных заведений. Физика. 2016. Т. 59. № 2. С. 126-130.

3. Леонов С.В. Вопросы моделирования магнитного поля электромеханических систем с постоянными магнитами // Решетневские чтения. 2011. Т. 2. № 15. С. 463-465.

4. Леонов С.В., Федянин А.Л., Муравлев О.П. Статическая модель герметичного синхронного двигателя дискового типа с магнитосвязанными полюсами // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2008. Т. 312. № 4. С. 125-127.

5. Fedyanin A.L., Leonov S.V., Muravlev O.P. Experimental investigation of a sealed A.C. motor of disk type // В сборнике: Modern Techniques and Technologies MTT' 2005 proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference of Students, Post-graduates and Young Scientists. Tomsk Polytechnic University. 2005. С. 92-94.

6. Букреев В.Г., Леонов С.В., Богданов А.А., Чарухин А.Г. Некоторые вопросы моделирования бесконтактных двигателей постоянного тока с распределенными обмотками // Депонированная рукопись № 1075-В2003 02.06.2003

АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Вороненкова А.А., Тютиков В.В.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

tvv@ispu.ru

Введение

Объекты управления (ОУ), описываемые математическими моделями с запаздыванием, встречаются во многих отраслях промышленности. При создании САУ такими ОУ применяются типовые ПИ-регуляторы. Их основные преимущества – простота реализации и настройки, а основным требованием к САУ является обеспечение параметрической грубости и качество отработки внешних возмущений.

С развитием микропроцессорных САУ сложность управляющего устройства перестает быть сдерживающим фактором. Целью настоящей работы является исследование возможности повышения качества отработки параметрических и внешних возмущений на основании использования более сложных регуляторов.

Описание алгоритма

На рис. 1 представлена модель САУ объектом с запаздыванием (газовый тракт котла), состоящая из ПИ-регулятора и ОУ в основном канале (расход пылеугольного топлива) и канала возмущения (расход воздуха). Здесь U – сигнал задания, f_1, f_2 – сигналы возмущений, Y – выходной сигнал. Коэффициенты регулятора соответствуют типовой настройке по критерию минимума интегрального квадратичного показателя (дисперсии).

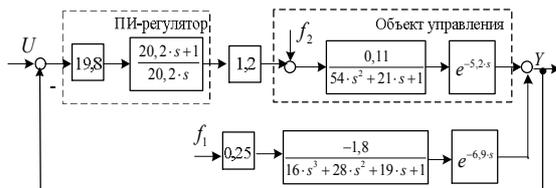


Рис. 1. Модель типовой САУ

В процессе эксплуатации более всего вариациям подвержены коэффициент усиления объекта K и время запаздывания τ_3 . Графики переходных процессов в ОУ при ступенчатом воздействии f_2 , равном 10% от номинального значения (в момент времени $t=210$ с), для расчетных значений параметров регулятора показаны соответственно на рис. 2 а, б.

Поскольку измерению подлежит выход ОУ, синтезируем полиномиальный регулятор (ПР) [1, 2] для объекта (рис. 3). Для обеспечения астатизма введем интегратор по выходной координате.

Передаточная функция замкнутого контура САУ имеет вид:

$$H(s) = \frac{B^*(s)}{A^*(s) \cdot C(s) + B^*(s) \cdot R(s)} = \frac{B^*(s)}{D(s)}$$

Если $\deg A^*(s) = n$, то $\deg R(s) = n - 1$, $\deg C(s) = \deg R(s)$, $\deg D(s) = \deg A(s) + \deg C(s)$, где $\deg(*)$ – степень полинома.

В качестве желаемого полинома выберем полином Ньютона с известными коэффициентами a_i , определяющими характер процессов, и величиной среднегеометрического корня (СГК) Ω_0 , задающей время переходных процессов:

$$D(s) = s^n + a_{n-1} \cdot \Omega_0 \cdot s^{n-1} + a_{n-2} \cdot \Omega_0^2 \cdot s^{n-2} + \dots + \Omega_0^n$$

Для получения коэффициентов ПР решается система алгебраических уравнений, получаемая из

$$D(s) = A^*(s) \cdot C(s) + B^*(s) \cdot R(s)$$

приравниванием коэффициентов при соответствующих степенях s .

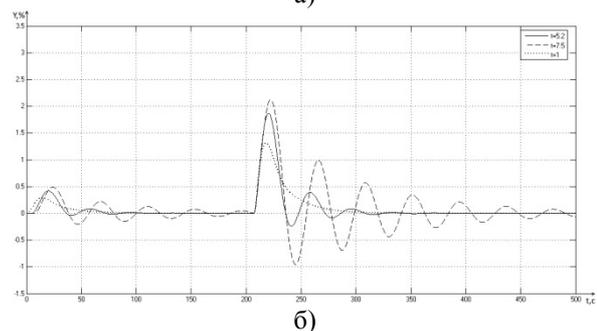
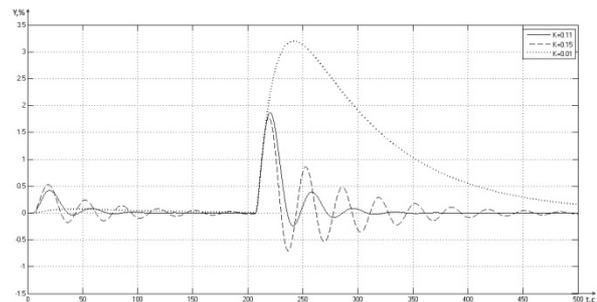


Рис. 2. Результаты моделирования типовой САУ

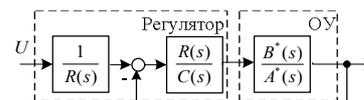


Рис. 3. Модель САУ с ПР

Для синтеза ПР аппроксимируем звено запаздывания с помощью аппроксимации Паде 3-го порядка [3]. Для исходного объекта ($\tau_3 = 5,2$ с) получаем следующие передаточные функции звена запаздывания и объекта:

$$H_{e1}(s) = \frac{-s^3 + 2,3 \cdot s^2 - 2,2 \cdot s + 0,85}{s^3 + 2,3 \cdot s^2 + 2,2 \cdot s + 0,85},$$

$$H_1(s) = 1,2 \cdot \frac{0,11}{54 \cdot s^2 + 21 \cdot s + 1} \cdot \frac{-s^3 + 2,3 \cdot s^2 - 2,2 \cdot s + 0,85}{s^3 + 2,3 \cdot s^2 + 2,2 \cdot s + 0,85} \cdot \frac{1}{s} =$$

$$= \frac{-0,002 \cdot s^3 + 0,006 \cdot s^2 - 0,005 \cdot s + 0,002}{s^6 + 2,69 \cdot s^5 + 3,11 \cdot s^4 + 1,75 \cdot s^3 + 0,37 \cdot s^2 + 0,02 \cdot s} = \frac{B^*(s)}{A^*(s)}.$$

Степени полиномов, значение СГК и параметры регулятора, будут следующими:

$$\deg R(s) = 5, \deg C(s) = 5, \deg D(s) = 11, \Omega_{01} = 0,4 \text{ c}^{-1}.$$

$$R_1(s) = 7,24 \cdot s^5 + 10,62 \cdot s^4 + 5,33 \cdot s^3 + 1,86 \cdot s^2 + 0,39 \cdot s + 0,02,$$

$$C_1(s) = s^5 + 1,71 \cdot s^4 + 1,09 \cdot s^3 + 0,58 \cdot s^2 + 0,12 \cdot s + 0,03.$$

Графики переходных процессов при изменении K и τ_s (рис. 4 а, б).

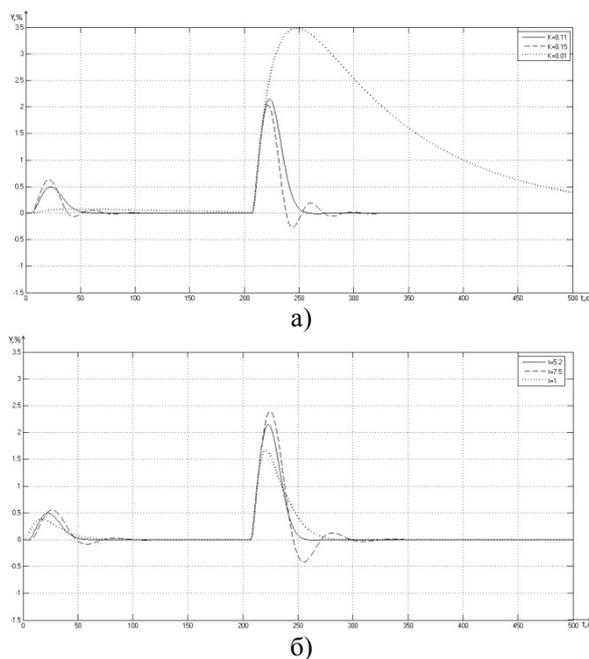


Рис. 4. Результаты моделирования САУ

Из сравнения графиков на рис. 4 и рис. 2 видно, что колебательность и время переходных процессов уменьшились. При этом порядок регулятора получился высоким, что приведет к трудностям при настройке реальной САУ.

Оценим возможность упрощения регулятора. Передаточная функция объекта управления

$$H_0(s) = \frac{0,11}{54 \cdot s^2 + 21 \cdot s + 1} = \frac{0,11}{(3 \cdot s + 1) \cdot (18 \cdot s + 1)}$$

имеет моды, значительно отличающиеся по величине. Отбросим «быструю» составляющую:

$$H_0^*(s) = \frac{0,11}{18 \cdot s + 1}.$$

Передаточная функция объекта со звеном запаздывания, представленная аппроксимацией Паде 1-го порядка примет вид:

$$H_2(s) = 1,2 \cdot \frac{0,11}{18 \cdot s + 1} \cdot \frac{-2,6 \cdot s + 1}{2,6 \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s} = \frac{-0,01 \cdot s + 0,003}{s^3 + 0,44 \cdot s^2 + 0,02 \cdot s}.$$

Степени полиномов и значения их коэффициентов будут следующими:

$$\deg R(s) = 2, \deg C(s) = 2, \deg D(s) = 5, \Omega_3 = 0,28 \text{ c}^{-1},$$

$$R_2(s) = 4,94 \cdot s^2 + 2,34 \cdot s + 0,14, C_2(s) = s^2 + 0,61 \cdot s + 0,19.$$

Графики процессов с использованием исходного ОУ приведены на рис. 5.

Сравнение рис. 5 и рис. 2 показывает, что использование регулятора второго порядка позволяет значительно сократить колебательность и время переходного процесса при номинальных параметрах объекта и их отклонении.

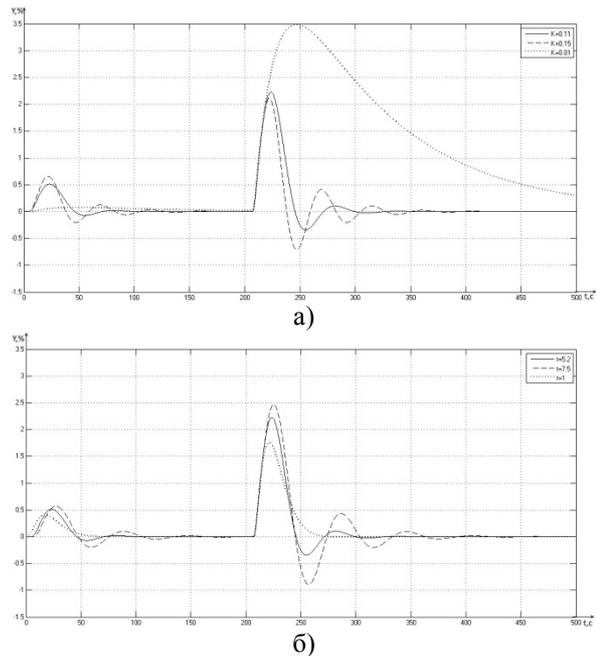


Рис. 5. Результаты моделирования САУ

Заключение

Таким образом, применение полиномиального метода, в сравнении с традиционным подходом, позволяет аналитически синтезировать регулятор, обеспечивающий САУ повышение качества в управлении сложными техническими объектами с переменными параметрами и запаздыванием.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках базовой части госзадания в сфере научной деятельности на 2014 – 2016 гг.

Список использованных источников

1. Тютиков В. В. Робастное модальное управление технологическими объектами / В.В. Тютиков, С.В. Тарарыкин; – Иваново: ИГЭУ, 2006. – 256 с.
2. Гайдук А.Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 360 с.
3. Аппроксимации Паде/ Дж. Бейкер, П. Грейвс-Моррис: пер. с англ. Е. А. Рахманова, С. П. Суетина; под ред. А. А. Гончара М.: Мир, 1986 502 с.: ил.

НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ГНПС

Наумовская А.А.

Научный руководитель: доцент каф. ИКСУ, к.т.н., Рудницкий В.А.

Томский политехнический университет

aanaumovskaya@gmail.com

Введение

Магистральные нефтепроводы играют важную роль в транспортировке нефти и нефтепродуктов. Данный вид транспорта во много раз превосходит остальные виды транспорта по объему поставок нефти и нефтепродуктов.

Главная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), предназначенная для приема нефти с установок промышленной подготовки, ее учета, краткосрочного хранения и последующей закачки нефти в магистральный нефтепровод, является наиважнейшим элементом трубопроводной транспортной системы [1].

Регулирование величины расхода нефти на ГНПС осуществляют путем управления запорным оборудованием. Постоянство расхода нефти при ее транспортировке трубопроводным транспортом позволяет избежать экономических потерь, которые могут возникнуть при недостаточном объеме поставок нефти потребителю, позволяет увеличить эксплуатационный период трубопроводов и запорного оборудования. Поэтому регулирование расхода нефти на выходе ГНПС является важной задачей [1]. Целью данной работы является рассмотрение применения одного из современных методов, а именно метода регулирования на основе нечеткой логики, при регулировании расхода нефти на выходе ГНПС.

Основная часть

Система автоматического регулирования (САР) расхода нефти, которая была рассмотрена в данной работе, основана на методе дросселирования потока нефти. Дросселирование предполагает управление расходом в трубопроводе при помощи регулирующего органа – задвижки. Данный метод является наиболее распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока нефти на выходе насосной станции, то есть на введении дополнительного гидравлического сопротивления [2].

При проведении исследования был рассмотрен классический принцип ПИД-регулирования, который довольно широко применяется в

различных системах, и принцип нечеткого регулирования, который только набирает обороты. САР включает следующие элементы: регулятор, асинхронный двигатель, расходомер, датчик положения, задвижку, участок трубопровода. Для того, чтобы смоделировать САР в пакете Matlab Simulink, необходимо определить передаточные функции звеньев. Передаточная функция участка трубопровода приближенно описывается аperiодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием (1):

$$W_{Oy}(s) = \frac{1}{0,0044s + 1} e^{-4,52s} \quad (1)$$

Передаточная функция (1) была рассчитана в соответствии с исходными характеристиками трубопровода, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики трубопровода

Характеристика	Значение
Удельный вес нефти γ , кг/с	800
Объемный расход жидкости Q , м ³ /ч	500
Длина участка трубопровода L , м	5
Диаметр трубы d , мм	400
Перепад давления на трубопроводе Δp , кг/с/м ²	101971

Передаточная функция асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором имеет вид (2):

$$W_d(s) = \frac{10}{0,2s + 1} \quad (2)$$

Сигнал управления задвижкой формируется на выходе трехпозиционного реле. Значение «+1» - это сигнал на открытие, «0» - положение не меняется, «-1» - сигнал на закрытие.

В качестве коэффициентов передачи датчиков взято значение 1.

Звено ограничение необходимо для того, чтобы процент открытия задвижки варьировался от 0 до 100%.

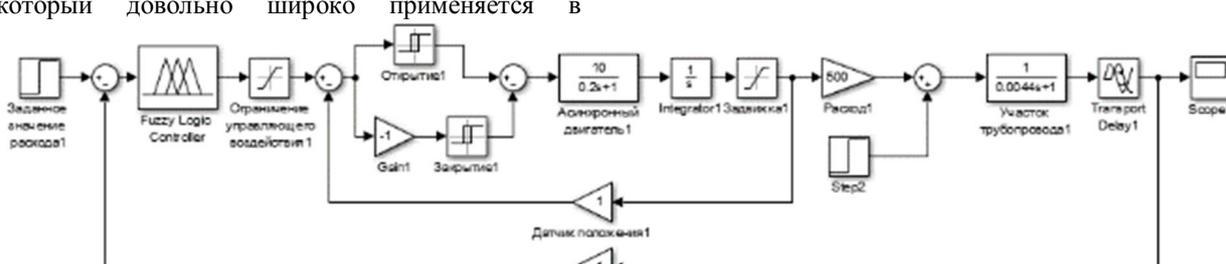


Рис. 1. Система с нечетким регулятором

Модель системы с нечетким регулятором представлена на рис. 1, модель с ПИД-регулятором представляет собой ту же модель, только нечеткий регулятор заменяется ПИД-регулятором.

При настройке ПИД-регулятора был использован метод настройки CHR (Chien-Hrones-Reswick), данный метод настройки также называют модифицированным методом настройки Циглера-Никольса. Использование данного метода позволяет обойтись без вывода системы на границу устойчивости, а использовать, так называемую кривую разгона.

При работе с нечетким регулятором использовался специальный пакет Matlab для работы с нечеткой логикой Fuzzy Logic Toolbox. Нечеткий регулятор основывается на ПИ-законе регулирования по типу Мамдани.

Таблица правил, которая была использована при настройке нечеткого регулятора представлена на рис. 2 [3].

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Рис. 2. Таблица правил для нечеткого регулятора

В результате моделирования были получены графики переходного процесса, представленные на рис. 3.

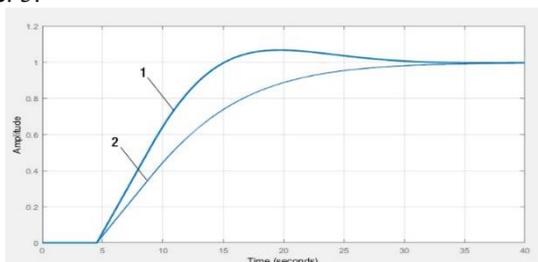


Рис. 3. Графики переходных процессов: 1 – ПИД-регулятор, 2 – нечеткий регулятор

Для того, чтобы произвести сравнительный анализ графиков переходного процесса используем прямые показатели качества переходного процесса, то есть те показатели, которые возможно оценить непосредственно по виду переходной характеристики. При сравнении были рассмотрены величина перерегулирования и время переходного процесса, они представлены в таблице 2.

Таблица 2. Прямые показатели качества переходного процесса

Тип регулятора	Перерегулирование, %	тп.п., сек.
ПИД-регулятор	6,62	27,1

Нечеткий регулятор	0	29
--------------------	---	----

Использование нечеткого регулятора позволило добиться отсутствия перерегулирования, хотя при этом немного увеличилось время переходного процесса. Трубопровод является инерционным объектом, потому переходный процесс в 29 секунд является приемлемым. Отсутствие перерегулирования является значительным преимуществом, так как перерегулирование при переходном процессе в магистральном трубопроводе может привести к быстрому износу стенок трубопровода и даже к аварийной ситуации, так как гидравлические удары могут привести даже к разрыву трубопровода. Аварии, связанные с утечками нефти, являются огромным ущербом для экологии, также приводят к большим экономическим потерям.

Вывод

В данной работе была представлена модель системы автоматического регулирования расхода нефти на выходе ГНПС магистрального нефтепровода. В данной системе были использованы два типа регуляторов: ПИД-регулятор и нечеткий регулятор. Переходные процессы в системах с различными типами регуляторов были смоделированы при помощи пакета Matlab Simulink. В результате сравнения прямых показателей качества переходных процессов можно сделать вывод, что использование нечеткого регулятора позволило добиться наилучшего результата в данном примере. Возможно, при использовании иного метода настройки ПИД-регулятора можно добиться лучших показателей. Достаточно перспективным направлением в настоящий момент является использование классических методов регулирования в совокупности с новыми методами, например, использование ПИД-регулятора и регулятора на основе нечеткой логики в совокупности, данная тема достаточно интересна для проведения будущих исследований.

Список литературы:

1. Вайншток С.М. Трубопроводный транспорт нефти, в 2 т. / С.М. Вайншток, Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак, М.В. Лурье, В.М. Писаревский, А.Д. Прохоров, А.Е. Сощенко, А.М. Шаммазов - М.: Недра, 2002. - Т.1. - 407 с.
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
3. Нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы [Электронный ресурс]: режим доступа - http://www.bookasutp.ru/Chapter5_7.aspx, свободный (дата обращения 01.10.16).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ВИДЕООРИЕНТИРАМ

Чугунов Р.А., Александрова Т. В.

Научный руководитель: Александрова Т.В., старший преподаватель каф. ИКСУ
Томский политехнический университет
manofnovel@gmail.com

Решением задач навигации и управления мобильными робототехническими средствами сегодня занимаются такие компании, как Amazon (использует робототехнику для автоматизации складских процессов, рис. 1), Google (разработка решений для беспилотных и роботизированных автомобилей), iRobot (роботы для частных потребителей, правительственных структур и промышленных предприятий) и другие [1]. Для управления мобильными роботами данные компании синтезируют алгоритмы локализации, планирования пути, определения препятствий, построения карты и другие.



Рис. 1. Роботы на складе компании Amazon

Существуют различные способы решения проблемы навигации. Одним из них является навигация по видеоориентирам, в основе которой лежат методы компьютерного зрения. Но эти методы хорошо работают лишь в средах, параметры которых значительно не изменяются (например, освещение), в сложных же условиях работа данных методов затруднена и требует перенастройки. Особенно это характерно для роботов Outdoor типа, так как параметры внешней среды могут сильно изменяться из-за погодных условий и других факторов. Для решения данных проблем может применяться метод искусственных нейронных сетей, построенных по принципам организации биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [2], [3], [4].

Преимуществом метода нейронных сетей в управлении является то, что он позволяет синтезировать закон управления с помощью одной лишь выборки обучающей информации. Выборка содержит входные данные (это могут быть изображения с камеры) и соответствующие им выходные данные. Выходные данные специфичны для каждой конкретной задачи, например, в задачах распознавания образов на изображениях выходом может быть информация о том, какой образ присутствует (или отсутствует) на каждом изображении. Таким образом, при наличии выборки входных воздействий и соответствующих

им выходных воздействий, метод нейронных сетей позволяет синтезировать сложную функцию, отображающую новые входные воздействия в выходные. Поэтому нейронные сети можно использовать для управления мобильным роботом, имеющим сенсоры, при наличии базы знаний для обучения. Кроме того, если алгоритм не обучен в какой-то определенной среде, всегда можно собрать новую базу знаний для обучения. Обучение алгоритма в нескольких различных средах позволит создать набор параметров для нейронной сети (обученные веса связей между нейронами), тогда в различных ситуациях будет возможность переключаться между обученными в различных средах сетями.

Для синтеза алгоритма управления использовался мобильный робототехнический комплекс Robotino (рис. 2) производства компании Festo Didactic. Используемый метод позволяет управлять угловой скоростью робота, скорость прямолинейного движения остается постоянной (всенаправленные колеса робота расположены по окружности с углом в 120 градусов между их осями). Управление угловой скоростью робототехнического комплекса достаточно для решения задачи стабилизации на линии. Сам алгоритм реализован на языке программирования C++ с применением библиотек компьютерного зрения OpenCV.



Рис. 2. Внешний вид Robotino

Синтезированная нейронная сеть имеет три слоя. В общем случае все нейронные сети прямого распространения имеют три и более слоев, поскольку все нейронные сети должны иметь входной и выходной слои, а также один или более скрытых слоев. Относительно небольшое число слоев сети позволяет алгоритму работать в реальном времени благодаря малому объему необходимых вычислений. Входной слой созданной сети состоит из 384 нейронов, соответствующих пикселям нижней половины изображения, получаемого после уменьшения размерности черно-белого изображения с камеры (разрешение изображения уменьшалось с 640x480 до 32x24, чтобы ускорить вычисления). Скрытый

слой состоит из 500 нейронов. Кроме этого, и в первом, и во втором слоях есть по одному нейрону смещения, равному 1. Выходной слой состоит из 17 нейронов. Активация определенного нейрона выходного слоя означает выбор алгоритмом управления определенной угловой скорости. Угловая скорость может быть выбрана сетью из диапазона от -64 град/с до 64 град/с с шагом 8 град/с. Функцией активации нейронов является сигмоида (логистическая функция).

Собираемая база знаний для обучения представляет собой массив входных данных X размерностью $M \times N$ (где M – число кадров в обучающей выборке, N – число нейронов в первом слое) и массив выходных данных Y размерностью $M \times L$ (M – число кадров в выборке, L – число нейронов в последнем слое). Массив выходных данных содержит информацию о соответствующей каждому изображению с камеры угловой скорости робота. После набора необходимого количества обучающих примеров нейронная сеть обучалась методом обратного распространения ошибки. После обучения угловая скорость определялась работой нейронной сети.

Для сбора базы знаний для обучения нейронной сети могут использоваться различные методы. Например, робот может управляться вручную или соответствующую угловую скорость каждому изображению будет выбирать эксперт. При реализации данного алгоритма управления на другом техническом средстве, например, автомобиле, можно записывать в базу знаний информацию с датчиков или камер, а также текущий угол поворота рулевого колеса. В данной работе для удобства сбора базы знаний использовался П-регулятор. Угловая скорость робота регулировалась в зависимости от отклонения центра линии на изображении с камеры от середины данного изображения. Регуляторы нередко применяются в задачах стабилизации и слежения [6], однако для них требуется выбор оптимальных коэффициентов, а это зачастую не является тривиальной задачей. В то же время аналитический расчет коэффициентов регулятора для сложных робототехнических систем может быть довольно трудоемок. Кроме того, управление с применением регулятора не является адаптивным, для управления системой после изменения внутренних параметров или параметров внешней среды в общем случае требуется перенастройка регулятора. Однако при использовании нейронных сетей может потребоваться лишь некоторое время для их обучения на новой обучающей выборке. Таким образом, П-регулятор в этой работе используется только для сбора базы знаний для обучения, однако его применение не является обязательным для данного метода.

Чтобы определить качество управления были построены траектории движения робота при его

управлении нейронной сетью и П-регулятором (рис. 3). Полученные результаты показали, что сеть способна стабилизировать робота на линии не хуже П-регулятора, даже будучи обученной им же. Однако преимуществом сети является её адаптивность. Если изменить параметры поля, камеры или самого робота, то для работы регулятора в общем случае придется переделать как алгоритм поиска центра линии на изображении, так и коэффициенты регулятора. В то же время для метода ИНС требуется лишь собрать новую базу знаний.

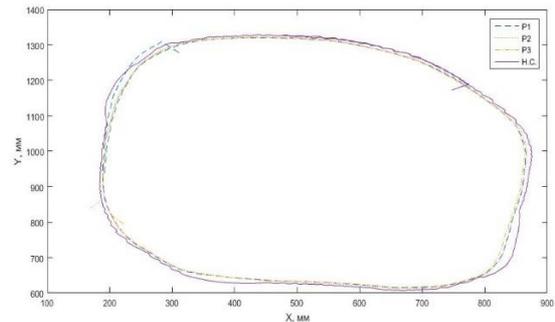


Рис. 3. Траектории движения

Список литературы

1. Производители и разработчики робототехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://robotrends.ru/robopedia/proizvoditeli-i-razrabotchiki-robototehniki.-katalog> (дата обращения: 16.10.2016)
2. ALVINN, an autonomous land vehicle in a neural network [Электронный ресурс]. – URL: <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2874&context=compsci> (дата обращения: 16.10.2016)
3. Mobile robots' modular navigation controller using spiking neural networks [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231214000976?> (дата обращения: 16.10.2016)
4. Neural network-based adaptive tracking control of mobile robots in the presence of wheel slip and external disturbance force [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231215018172?> (дата обращения: 16.10.2016)
5. Design of a high-speed line following robot that smoothly follows tight curves [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615002190?> (дата обращения: 16.10.2016)
6. Optimization of PID Control for High Speed Line Tracking Robots [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915038302> (дата обращения 16.10.2016)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Цайтлер А. С.
Е. М. Яковлева

Томский политехнический университет
asc12@tpu.ru

Введение

В современном мире в условиях производства все чаще на помощь человеку приходят роботы. Например, использование роботов-дронов для мониторинга определенной местности, роботов-манипуляторов для перемещений в пространстве каких-либо грузов, и еще множество других возможных вариаций. Разработка новых алгоритмов и принятие альтернативных решений проблем роботостроения позволяют удешевлять и совершенствовать производство роботов, наделяя их все более новыми и разнообразными возможностями. Необходимым условием для функционирования некоторых из них является автономность их перемещений. Для этого исполнительному механизму необходимо «понимать» собственное положение в окружающем пространстве. Для решения данной проблемы применяется одометрия – использование данных о движении приводов роботов для оценки их перемещения в пространстве.

Наиболее распространены следующие четыре метода одометрии [1]:

- Применение энкодеров;
- Применение инерциальных измерительных устройств (ИИУ);
- Визуальная одометрия;
- Применение GPS или ГЛОНАСС.

Визуальная одометрия использует последовательность изображений, полученных с робота; применение последнего метода подразумевает связь со спутниками. Первые два метода используют датчики, получающие сведения о работе непосредственно исполнительных механизмов робота, то есть это – навигация «вслепую». Поэтому выделим их в отдельную группу и изучим недостатки и преимущества каждого из них и приведем вариант реализации для схем с инерциальными измерительными приборами.

Применение энкодеров

Это одна из самых простых и доступных схем реализации одометрии. Энкодер – это прибор, преобразующий угол поворота вращающегося объекта в электрический сигнал, с помощью которого можно определить этот угол (см. рис. 1).

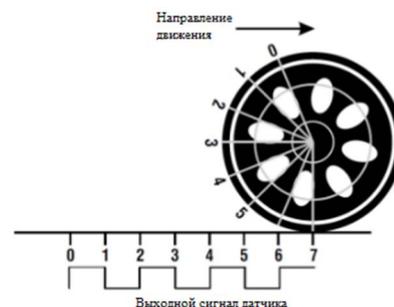


Рис. 1. Схема работы энкодера.

Зная диаметр колеса и количество отсчетов энкодера за один оборот можно вычислить расстояние, пройденное объектом:

$$L = \pi \cdot D \cdot \frac{N}{n}$$

где L – пройденное расстояние, D – диаметр колеса, N – число отсчетов энкодера за промежуток времени и n – число отсчетов за один оборот [2].

Этот метод хорош простотой и дешевизной, но имеет ряд существенных недостатков. Среди них невозможность учета проскальзывания колес, низкая точность, связанная с низкой частотой обработки сигнала, что ведет к невозможности отслеживать даже минимальные различия в «пробеге» колес, и невозможность реализации на летательных и плавающих аппаратах.

Применение инерциальных измерительных приборов

В данном методе оценка движения объекта в пространстве основывается на показаниях закрепленного на объекте инерциальных чувствительных элементов – гироскопа и акселерометра. Эти датчики произведены по МЭМС-технологии, что расшифровывается как микроэлектромеханические системы, что означает, что устройства объединяют в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты [3].

Реализация такого устройства подразумевает наличие электронного вычислительного устройства в составе схемы. В данном случае таким устройством является микроконтроллер, получивший в последнее время широкое распространение в области проектирования систем автоматического управления.

В качестве микроконтроллера был предложен Arduino в силу его дружелюбности по отношению к новичкам, многофункциональности и относительной дешевизны. Кроме того, Arduino предлагает

множество библиотек. Таким образом, может быть выбран любой гироскоп, использующий в качестве выходного интерфейса SPI/I2C.

Для реализации данного метода предполагается использование микросхемы MPU-6050. Эта схема снабжена акселерометром, гироскопом и термометром.

Акселерометр определяет величину линейных ускорений, которые испытывает система. Путем интегрирования этой величины можно перейти к скорости движения, повторное интегрирование покажет перемещение. Однако, интегрирование приводит к накоплению ошибки, а сам акселерометр подвержен помехам. Для устранения этой проблемы используются различные фильтры: Калмана, «альфа-бета» и др. Эти фильтры математически сложны, однако здесь на помощь приходит Arduino. Выбранный микроконтроллер имеет библиотеку «Kalman.h», которая поможет применить фильтр Калмана к расчетам.

Гироскоп вычисляет угловую скорость объекта по трем осям (см. рис. 2). Из этой величины путем интегрирования можно получить угол поворота объекта по той или иной оси. Угол вращения объекта относительно продольной оси X называется *углом крена*; угол вращения объекта относительно поперечной оси Y – *угол тангажа*; вращение вокруг вертикальной оси Z называется *углом курса* (или рыскания). Первые два отвечают за положение объекта в пространстве относительно плоскости земли. Угол рыскания определяет направление движения. Например, для подсчета пройденного пути нам понадобятся все три величины. Измерение первых двух углов поможет учесть неровность поверхности передвижения объекта, а последний – учесть поворот объекта. Для определения положения в пространстве составных частей робота-манипулятора также необходимы значения всех трех углов.

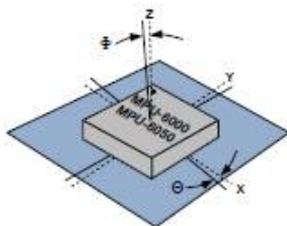


Рис. 2. Положение осей относительно печатной платы.

Принцип работы гироскопа заключается в том, что, когда он вращается относительно любой из осей, возникающий эффект Кориолиса является причиной вибраций, которые воспринимаются конденсатором. Полученный сигнал усиливается, демодулируется и фильтруется с целью получения напряжения, значение которого пропорционально угловой скорости объекта. Это напряжение оцифровывается с помощью включенного в схему 16-разрядного аналого-цифрового преобразователя [4]. Этот сигнал подается на микроконтроллер.

Закрепив микросхему MPU-6050 на объекте, положение которого необходимо отслеживать,

добившись сопряжения с микроконтроллером Arduino (интерфейс подключения – I2C, библиотека ‘MPU6050.h’) можно отслеживать отклонения объекта от первоначального положения в каждый момент времени. Необходимо учитывать, что Arduino работает с логикой напряжения 5В, а датчик рассчитан на 3.3В, т.е. для схемы необходим двусторонний конвертер логических уровней.

Таким образом, делаем вывод о том, что использование инерциальных измерительных приборов для оценки перемещения объекта в пространстве возможно, но при этом имеет ряд сложностей, связанных с математическим вычислением пройденного пути, и с устранением ошибок интегрирования, а также помех, которым подвержены датчики. Однако, этот метод дает высокую точность и надежность.

Заключение

В силу ограничений на применение энкодеров, лучшим решением будет использование систем, включающих инерциальные измерительные приборы. Однако, модернизация такой системы путем объединения некоторых методов будет вполне целесообразна. Например, объединение инерциальных систем со спутниковой системой навигации.

Список использованных источников

1. Методы оценки положения объекта в пространстве / Жуков Р.В. // Молодежный научно-технический вестник №10 – М.: Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э.Баумана», 2013.
2. Description of Used Sensors and Physical Principles [электронный ресурс] // журнал SciEP. URL: <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/45/index.html> (дата обращения: 19.10.2016).
3. Микроэлектромеханические схемы // Википедия: [Сайт]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэлектромеханические_системы.
4. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification. Revision 3.4. // InvenSense Inc., 2013.

МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ С ДЕРЕВЬЕВ

Бологов А. А.

Научный руководитель: Тырышкин Александр Васильевич

Томский политехнический университет

bologov.andrey.94@mail.ru

Введение

Чтобы съесть вкусный плод, нам достаточно сорвать его с ветки. Похожим методом пользуются специальные промышленные машины для сбора фруктов. Одни из них помогают людям собирать урожай прямо с деревьев.

Уборка фруктов, пожалуй, один из самых деликатных видов сельскохозяйственных работ. И если картофелеуборочные машины и зерновые комбайны человечество придумало очень давно, то во фруктовых садах присутствие технической цивилизации как-то особо не отмечается. А ведь на дворе XXI век. Надо соответствовать.

Зачем нужны такие механизмы? Все дело в том, что когда обычный человек собирает лишь ведро фруктов, специальная машина за это время успевает принять их тонны. Также очень мало рабочей силы для сбора урожая, так как сложно найти рабочую силу, готовую работать за маленькую заработную плату, поэтому до 20% урожая успевают испортиться еще на дереве, до того момента пока его сорвут [1]. А ведь это важно — своевременно собрать урожай и быстро обработать спелые плоды для большей прибыли.

Конечно, в обычном сельском саду такая спецтехника «не пройдет». Но для сбора с плантаций, где плодовые деревья изначально высаживаются ровными рядами на плоской поверхности. Шаг посадки тоже желательно соблюдать одинаковым. Чтобы специальная машина спокойно могла сама подъехать к дереву и собрать с него плоды. Все это применяют для автоматизации процессов, что приводит к фантастической экономии времени и уменьшению трудозатрат [2].

Целью данного проекта является разработка манипулятора для сбора плодов с деревьев, отличающийся тем, что он содержит трубопровод, компрессор и управляющее устройство компрессором, компрессор имеет возможность подавать/всасывает воздух по трубопроводу в зависимости от угла наклона трубопровода относительно горизонтали, определяющийся управляющим устройством компрессора.

Актуальность работы заключается в необходимости собрать плоды, без какого-либо их повреждения и за короткое время, пока плоды не переспели.

Уникальность данного проекта заключается в том, что создаваемая система не имеет аналогов на территории Российской Федерации.

Описание устройства

Область применения: изобретение относится к сельскому хозяйству и предназначено для сбора плодов, растущих на деревьях.

Известно устройство для улавливания плодов при стряхивании с деревьев (патент РФ № 324994, МПК А01D46/26, А01D46/24, опубл. 01.01.1972), содержит поддон, образованный полотнищами из гибкого материала и накопителем. Недостатком данного устройства является то, что плоды, во время стряхивания с деревьев, при падении могут повредиться.

Прототипом предполагаемого устройства для сбора фруктов является уже известный робот "Глазастый осьминог" фирмы "Vision Robotics" [3]. Недостатком данного робота является низкая производительность.

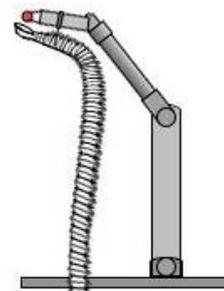
Задачей предполагаемого изобретения является обеспечение безопасной транспортировки фруктов до накопителя, при этом увеличивая производительность манипулятора при сборе фруктов.

Решение поставленной задачи достигается тем, что предполагаемый манипулятор содержит трубопровод, по которому будут транспортироваться фрукты до корзины, с компрессором и блоком управления компрессором. В течение сбора фруктов по трубе подается/всасывается воздух компрессором, в зависимости от угла наклона относительно горизонтали. Блок управления определяет угол наклона трубы и подает управляющий сигнал для компрессора.

Работа компрессора, при положительном угле наклона трубы относительно горизонтали, заключается в том, что подается поток воздуха в трубу для замедления падения плода. Работа компрессора, при отрицательном угле наклона трубы относительно горизонтали, заключается в том, что всасывается воздух, что позволяет втянуть плод в трубу.

При изменении угла наклона трубы управляющее устройство изменяет силу подачи воздуха.

На фиг. 1 представлена фронтальная проекция манипулятора (1) с трубопроводом (2)



Фигура 1. Манипулятор для сбора фруктов.

Расчет мощности компрессора

Для транспортировки фруктов до корзины, мы используем шахту, в виде трубы. Когда плод срезают он прямиком попадает в шахту. Что бы плод не повредил свою целостность при приземлении или при ударе об стенку, необходимо замедлить его скорость падения. Для этого используем компрессор, который нагнетает воздух в трубу, но при этом он должен притормаживать падающие плоды в трубы, а не выбрасывать их из трубы.

Поэтому произведем расчет максимальной мощности компрессора которая нам понадобится, используя следующие формулы [4,5].

Среднесуточная производительность определяем как количество накаченного воздуха компрессором, который проходит за время работы $t=16$ час установки в сутки, $Q = \frac{m}{t}$

Массу воздуха в трубе определим по уравнению состояния идеального газа: $m_B = \frac{PVM_B}{RT}$,

где P - давление воздуха, V - объем воздуха в трубе, $M_B = 0.029$ кг/моль - молярная масса воздуха, $R = 8.31$ Дж/(м*кг) - универсальная газовая постоянная, $T=303$ К - температура окружающей среды.

Для расчета мощности компрессора воспользуемся следующими формулами:

По формуле из закона Бернули находим давление воздуха в трубе: $P = \frac{v^2 * \rho}{2}$

где v - скорость потока воздуха, м/с; ρ - плотность газа при температуре транспортирования, кг/м³; P - давление воздуха в трубе, Н/м²;

Скорость потока воздуха находим по формуле из закона Жуковского - Бернулли: $v = \sqrt{\frac{2 * F}{\rho * S * C_y}}$

где $F=mg$ - подъемная сила, Н; m_p - масса плода, падающего с ускорением свободного падения $g = 9.8$ м/с² по трубе, кг; S_p - площадь сечения плода, м²; $C_y = 1.5$ - коэффициент подъемной силы;

Определим время нахождения воздуха массы m_B в трубе: $t = \frac{l}{v}$

где l - длина трубы, v - скорость потока воздуха.

Техническую производительность установки определяем по методике, изложенной в работе:

$$Q_T = \frac{Q_C * k * k_1}{t}$$

где: $k = 1,5$ - коэффициент неравномерности подачи материала в пневматическую линию в течение суток, $k_1 = 1,25$ - коэффициент, учитывающий перспективы производительности.

Определяем секундный расход воздуха: $Q_B =$

$$\frac{Q_T}{3600 * \rho * \mu}$$

где μ - весовая концентрация материала

Величина общих потерь давления в сети определяется по формуле:

$$\sum P_C = \left(\lambda \frac{\sum l_{прив.}}{d_T} + \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot g^2}{2g} (1 + k\mu) + \rho \cdot \mu \sum H + \Delta P_{разг.} + \sum \Delta P_{отв.};$$

где: $\lambda = 0,02$ коэффициент трения чистого воздуха о стенки; $\sum l_{прив.} = 5$ м. - сумма для всех участков горизонтальных, вертикальных и эквивалентных отводов; $\zeta = 1$ - коэффициент местного сопротивления на входе в трубопровод; k - принимается = 0,4; $\sum H$ - сумма длин вертикальных участков = +1м;

$\Delta P_{разг.}$ - потери давления на разгон, рассчитываются по формуле: $\Delta P_{разг.} = K_p \cdot \mu \frac{\rho v^2}{2g}$;

$K_p = 2,0$ - коэффициент сопротивления разгонного участка.

Рассчитываем мощность привода вентилятора по формуле: $N = \frac{K_1 \cdot Q_B \cdot K_2 \cdot \sum P_C}{102 \cdot \eta}$;

где: $K_1=1,15$ - коэффициент, учитывающий подсосы в сети; $K_2=1,1$ - коэффициент неучтенных потерь в транспортном трубопроводе; η - к.п.д., принимается в зависимости от выбранного типа воздуходувки.

Заключение

На данный момент уже произведены начальные расчёты, необходимые для дальнейшей разработки и проектирования системы, составлено техническое задание, выполнен его анализ и привлечены все необходимые силы, средства и ресурсы.

Литература

1. Сельское хозяйство. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://rg.ru/2011/09/13/frikti.html>
2. Сельское хозяйство. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.cntd.ru/458204409.html>
3. Глазастый осьминог. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.membrana.ru/particle/3195>
4. Подъемная сила. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%8A%D1%91%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0
5. Расчет пневмотранспортировочной системы для мобильного робота по сбору клюквы. / А.В. Тырышкин., А.М. Комиссаров, 2016 – 8с.

РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОЙ КОЛЕСНО-ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Барышева З. Ю.

Научный руководитель: Тутов И.А.
Томский Политехнический Университет
zoia.barysheva@bk.ru

Введение

Актуальным в последнее время становится решение задач, связанных с подвижными колёсно-транспортными платформами. Они используются в спасательных операциях, таких как разминирование взрывных устройств или поиск человека под завалом, решение бытовых проблем, например, робот-пылесос, также для решения научно-исследовательских задач, например, сортировка предметов или нахождение кратчайшего выхода из лабиринта. Подвижная платформа занимает основное место в оценке надёжности робота, так как в случае ее поломки, остальные функции даже не будут использованы. В связи с этим возникает потребность в разработке надёжной передвижной платформы. Цель данной работы: разработка подвижной колёсно-транспортной платформы.

Описание принципа работы устройства

Платформа состоит из двух частей: управляющей и исполнительной. Управляющий сигнал генерируется на мультивибраторе, и поступает на исполнительную часть, которая включает в себя логику, драйвер и двигатели постоянного тока.

Для управления одним двигателем робота необходим драйвер двигателя с Н-мостом, для преобразований управляющих сигналов малой мощности в токи, достаточные для управления моторами. Используется схема с Н-мостом, так как робот должен часто изменять направление движения, на рисунке 1 приведена электрическая принципиальная схема с соответствующими обозначениями для одного двигателя, для второго схема аналогична [1].

Н-мост выполнен на транзисторах VT11, VT12, VT13, VT14, с помощью дополнительных транзисторов VT9, VT10 выполнено объединение управления синфазными ключами (сигнал А управляет транзисторами VT11 и VT14, сигнал В - транзисторами VT12 и VT13). Каждый из транзисторов VT11, VT12, VT13, VT14 шунтирован диодом, так как велика вероятность пробоя высоким напряжением в момент переключения управляющего сигнала.

Если уровень сигнала А высокий – ток протекает через резистор R13 и транзисторы VT9 и VT14. После открытия транзисторов VT9 и VT14 ток начинает течь через транзистор VT11, резистор R15 и VT9, в результате чего открывается транзистор VT11 [2].

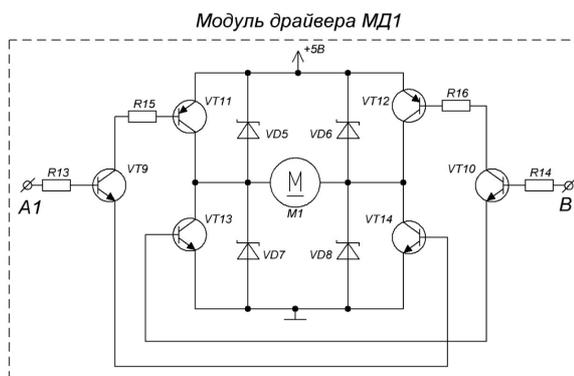


Рис. 1. Н-мост для управления первого двигателя

Когда уровень сигнала А становится низким - транзисторы VT9 и VT14 закрываются. Ток прекращает протекать через закрытый транзистор VT11.

Управляющие сигналы А и В, регулируются за счет входного ШИМ сигнала и направления движения.

Для выбора направления движения робота (Forward, далее применяется сокращение F) используется джампер. Джампер — перемычка, позволяющая замыканием (размыканием) нескольких контактов сконфигурировать электрическую цепь, обычно слаботочную.

Логика должна удовлетворять следующим требованиям:

- Если джампер направления установлен на 5В, то вращение двигателя осуществляется по ходу часовой стрелки;
- Если джампер направления установлен на землю, то вращение двигателя осуществляется против хода часовой стрелки;
- При отсутствии ШИМ сигнала, движения нет;

Данную логику можно реализовать с помощью инверторов и 2ИЛИ-НЕ [3]. На рисунке 2 представлена логика для управления двигателями, с соответствующими обозначениями для одного двигателя, для второго схема аналогична.

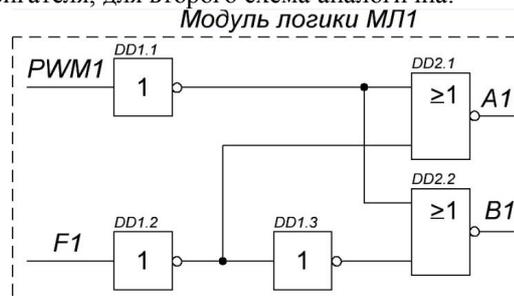


Рис. 2. Логика управления двигателем

ШИМ сигнал генерируется на мультивибраторе. В цепочку контроля каждого мультивибратора включён датчик – фототранзистор [4]. Когда источник света одинаков для двух цепочек, мультивибратор выдаёт сигналы с равным периодом для обоих моторов, и они работают с одной скоростью. При этом робот движется прямолинейно. В случае, когда на один из фототранзисторов падает больше света, чем на другой, мультивибратор нарушает баланс и на один из моторов поступает больше энергии, чем другой. В этом случае один из моторов работает быстрее, а другой медленнее и робот поворачивает в сторону света. Если источника света нет - робот будет двигаться прямолинейно, и находиться в поиске до тех пор, пока не найдёт источника света. Равномерность движения достигается регулировкой переменных сопротивлений. В цепочку, для эффекта, включены два светодиода, которые посажены на коллекторы транзисторов и мигают в зависимости от количества света видимого роботом.

Конечная схема и макет устройства представлены на рисунках 3 и 4, соответственно.

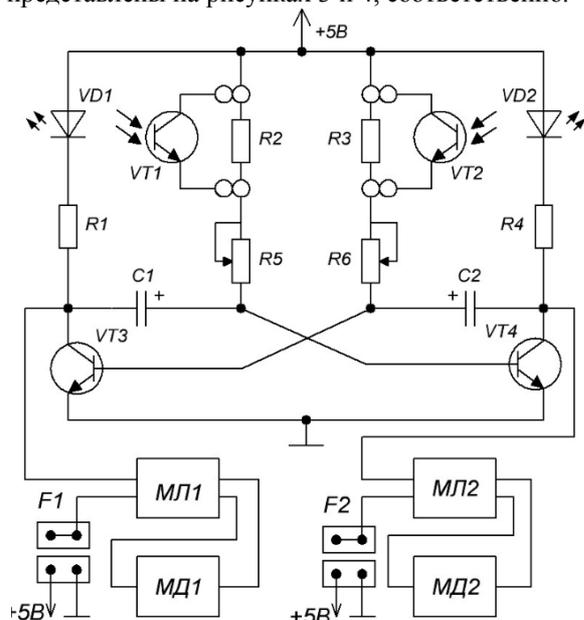


Рис. 3 Принципиальная электронная схема управляющей части платформы

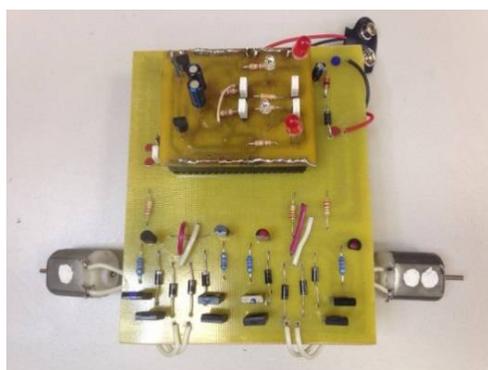


Рис. 4. Макет подвижной колёсно-транспортной платформы

Заключение

На макете устройства были проведены испытания, в ходе которых была доказана работоспособность данной платформы в различных условиях. Так же было установлено, что для корректной работы мультивибратора, необходимо больше энергии, из-за чего питание платформы проседало, в связи с этим была произведена доработка платформы, а именно разделено питание мультивибратора, микросхем и драйвера, для снижения сопротивления шина питания и земля сделаны максимально толстыми. Также добавлены стабилитрон и два конденсатора. Керамический конденсатор для микросхем, защищает от помех на основном питании платы. Электролитический конденсатор в цепи питания, в случае просадки обеспечит энергией мультивибратор и микросхемы

На данный момент производится разработка редуктора и шасси робота. В будущем планируется использовать вместо мультивибратора сменный модуль для подключения контроллеров AVR в DIP40 корпусах, таких как АТМega16, АТМega32, АТМega8535. Микроконтроллер планируется использовать для решения задачи поиска кратчайшего выхода из лабиринта.

Список литературы

1. Хоровиц, Пауль. Искусство схемотехники : пер. с англ. / П. Хоровиц, У. Хилл. — 7-е изд. — Москва: Бином Мир, 2011. — 704 с.: ил. — Предметно-именной указатель: с. 701-702. — ISBN 978-5-9518-0351-1. — ISBN 978-5-03-003817-9.
2. Сергеев, В. М. Электроника: Учебное пособие / В. М. Сергеев; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2000-Ч. 1: Элементная база, аналоговые функциональные устройства. — 2000. — 128 с.
3. Интегральные микросхемы: справочник. — М.: Физико-математическая лит-ра: Наука, 1993 Т. 2. Вып. 1: Микросхемы для телевидения и видеотехники. — 1993. — 312 с.: ил. — Библиогр.: с. 307.
4. Гусев, В. Г. Электроника : учебное пособие / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. — Москва: Высшая школа, 1982. — 495 с.

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И ФИКСАЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОРМОВОЙ СТАНЦИИ

Теплюк А. Д.

Б. И. Пякилля

Томский политехнический университет

t-alenka@inbox.ru

Введение

Механизация и автоматизация сельского хозяйства повышают производительность труда, способствуют увеличению выпуска сельскохозяйственной продукции, росту её качества. Эти процессы тесно связаны с применением индустриальной технологии производства в сельском хозяйстве, совершенствованием планирования и управления [1].

Кормление крупнорогатого скота является одним из наименее механизированных процессов, в то время как на него приходится 30-40% общих трудозатрат на ферме [2]. Актуальность разработки автоматизированной кормовой станции связана с малой эффективностью современных российских комплексов по содержанию коров: нехватка квалифицированных кадров, низкая производительность и т.д. [3] В связи с этим целью данной работы является разработка части данного комплекса, а именно системы идентификации и фиксации коровы.

Описание автоматизированной кормовой станции

Разрабатываемая автоматизированная кормовая станция должна выдавать каждой корове определенный корм в заданном количестве в соответствии с рационом, составленным животноводом. На начальном этапе такая система должна включать в себя бокс и калитку, необходимые, чтобы другие коровы не мешали приему пищи, и корова не могла покинуть бокс до поступления пищи, систему идентификации, чтобы определить корову и найти соответствие между ней и ее кормом, кормушку, куда будет поступать пища, дозатор, чтобы выдавать необходимое количество корма, и бункеры, где он будет храниться.

Описание системы идентификации и фиксации

Работу системы поясняет схема, приведенная на рисунке 1. Дана упрощенная схема, чтобы показать принцип ее работы.



Рис. 1. Схема системы

Когда корова заходит в бокс, она подходит к кормушке и ступает на платформу, расположенную на земле прямо перед кормушкой, сигнал идет на электропривод, чтобы калитка закрылась за ней. Остановка калитки производится по срабатыванию концевого датчика. Также сигнал поступает на считыватель, чтобы получить информацию с метки о том, какая корова зашла и сколько ей корма нужно. После того, как корова поела, она делает шаг с платформы, и калитка открывается.

Система фиксации коровы

Данная система представлена боксом (оградой) и калиткой. В сельском хозяйстве обычно применяются распашные калитки. Они используются для перегона животных, для регулирования их скорости движения, а также для закрывания.

В качестве материала для изготовления калиток используется металл, поскольку необходимо, чтобы калитка (и бокс) выдерживала воздействие, которое корова может оказать на неё, притом масса коровы доходит до 700кг. Преимущественно используются различные виды стали, например, углеродистая конструкционная сталь (ГОСТ 1050-88) и легированная конструкционная сталь (ГОСТ 4543-71)[4].

По своей конструкции калитки отличаются геометрическими параметрами (длина и ширина всей калитки, диаметр балки), а также различными соединениями балок.

Для данной системы был выбран двигатель асинхронный АИР63А6. Данный тип двигателя был выбран, прежде всего, из-за длительного срока службы (предполагается, что системе нужно обеспечить минимальное обслуживание, чтобы не требовалось частое вмешательство мастера). Поскольку для калитки необходимо обеспечить малое число оборотов и мощность двигателя не должна быть большой (из-за того, что работу совершает сила трения), была выбрана эта модель асинхронного двигателя.

Поскольку высокая точность перемещения калитки не требуется (необходимо, чтобы дверь открывалась и закрывалась), была выбрана зубчатая передача. Основная ее функция, помимо перемещения калитки, – это ее фиксация в каждой крайней точке. Исходя из этого, был выбран червячный редуктор.

Червячный редуктор был выбран по следующим причинам:

- 1) способен обеспечить фиксацию калитки в крайней точке;
- 2) находится в действии в течение непродолжительного времени;
- 3) плавность и бесшумность работы;
- 4) компактность (особенно важно при большом передаточном числе).

Система идентификации крупного рогатого скота

Существуют различные способы мечения коров: клеймение, бирки, мечение выщипыванием [5]. Но данные способы не могут быть использованы в автоматизированной кормовой станции, поскольку при этом возникает проблема считывания номера, поэтому в настоящее время широко применяются устройства, основанные на RFID-технологии.

RFID (радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках [6].

В качестве считывателя был выбран наиболее выгодный с финансовой точки зрения аналог фирмы Texas Instruments RI-RFM-007B, поскольку данный считыватель удовлетворяет требованиям (считывание метки с расстояния 0,5м) и другие аналоги стоят дороже.

Необходимым условием при выборе RFID метки является выбор необходимой частоты, так как для разных целей используются различные частоты. Для животноводства используются низкие частоты (125-134кГц) [7], чтобы идентифицировать животных без вреда для их здоровья.

Так был выбран комплект из 10 штук электронных меток для животных DJ-D22 с частотой колебания 134,2кГц. Вместо того, чтобы использовать их для прокола уха, можно вставить в ошейник.

Программируемый логический контроллер

Контроллер является связующим звеном между системой идентификации и фиксации. В качестве контроллера была выбран программируемый логический контроллер ввиду своей широкой распространенности в промышленности. Для рассматриваемой системы автоматизированного кормления было необходимо обеспечить 8 аналоговых входов (для системы идентификации и фиксации, а также для системы доставки корма, которая была рассмотрена в другой работе), память менее 1МБ (для хранения базы данных коров).

Программируемый логический контроллер – электронная составляющая промышленного контроллера, специализированного (компьютеризированного) устройства, используемого для автоматизации технологических процессов [8].

Был выбран ПЛК160 фирмы ОВЕН, так как на данном этапе он способен обеспечить необходимое количество входов и выходов, а также объем памяти. В будущем к нему можно будет подключить все необходимые устройства.

Заключение

Автоматизация сельского хозяйства является одной из перспективных отраслей на российском рынке. В связи с этим необходимо вести разработку не только автоматизированных станций, но и таких устройств как робот-дояр, транспортеры для корма, смесители и измельчители, а также робот-ветеринар для диагностики состояния здоровья животного.

В рамках данной работы сделана лишь часть автоматизированной кормовой станции, но для того, чтобы автоматизировать животноводство, необходимо создать вышеприведенные в заключении элементы и объединить их в одну общую систему.

Список использованных источников

1. Автоматизация в сельском хозяйстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://yunc.org/Автоматизация_в_сельском_хозяйстве
2. Приготовление, доставка и раздача кормов при кормлении крупного рогатого скота. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.activestudy.info/prigotovlenie-dostavka-i-razdacha-kormov-pri-kormlenii-krupnogo-rogatogo-skota/>
3. Кооператив Народное Здоровье. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://domnz.ru/node/2197>
4. Стройметиз. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://smetiz.ru/catalog/stal/about/>
5. VET ugolok. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://vetugolok.ru/skot/korovy/mechenie.html>
6. RFID-технология. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID>
7. RFID центр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://rfidcenter.ru/page/frequencies-ranges/>
8. Программируемый логический контроллер. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Программируемый_логический_контроллер

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА DARWIN-OP

Стерехова В.С., Протопопов А.А.

Научный руководитель: Е.Е.Шеломенцев, ассистент каф. ИКСУ
Томский политехнический университет
vss45@tpu.ru

Введение

DARwIn - OP - антропоморфная мобильная платформа, приводимая в движении расположенными в сочленениях звеньями. Верхние конечности робота имеют по 3 степени подвижности каждая, нижние конечности – по 6 (рис.1).

Управление движением такого объекта требует проведения кинематического анализа конструкции. Также необходимо провести всесторонний анализ особенностей динамики и кинематики мобильного робота для того, чтобы добиться стабильного движения в различных условиях окружающей среды.

Параметры Денавита-Хартенберга. Для описания кинематики модели воспользуемся представлением Денавита-Хартенберга. Так как для перемещения робота в пространстве во многих случаях необходимы нижние конечности, а также ввиду симметричности конструкции, далее будем рассматривать только правую нижнюю конечность робота. Ниже на рисунке 1 представлена модель мобильного робота.

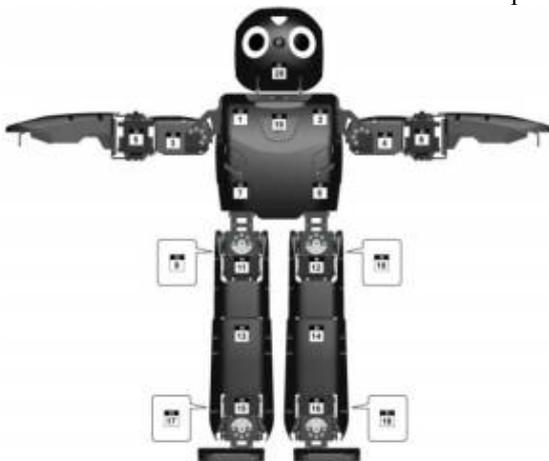


Рис. 1. Нумерация серводвигателей и суставов робота.

Расчет задачи кинематики производится по каждой степени подвижности, то есть для каждого сустава. Рассмотрим параметры Денавита-Хартенберга для правой ноги [2]. Ниже в таблице 1 представлены результаты расчета.

Таблица 1. Параметры Денавита-Хартенберга для правой ноги

i	a_{i-1}	L_{i-1}	d_i	Θ
1	90	0	0	Θ_7+90
2	-90	0	0	$\Theta_{11}-90$
3	0	L_4	0	Θ_9
4	0	L_5	0	Θ_{13}
5	90	0	0	Θ_{17}
6	0	L_f	0	Θ_{15}

Параметры a_{i-1} , L_{i-1} , d_i , Θ определяются углом поворота и длиной звена [4].

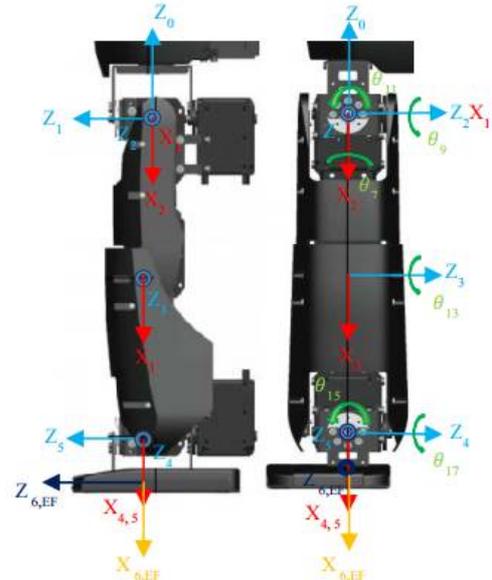


Рис. 2. Изображение плоскостей движения каждой степени свободы правой ноги.

Построим матрицу перехода из одной системы в другую (1):

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Теперь рассчитаем прямую задачу кинематики для правой ноги, целью которой является вычисление позиции и ориентации звеньев. С помощью уравнения (1) построим 6 матриц перехода для каждой системы координат [3].

$$\begin{aligned} {}^0T_1 &= \begin{bmatrix} -S_7 & 0 & C_7 & 0 \\ C_7 & 0 & S_7 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^1T_2 &= \begin{bmatrix} C_{13} & -S_{13} & 0 & L_5 * C_{13} \\ S_{13} & C_{13} & 0 & L_5 * S_{13} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^2T_3 &= \begin{bmatrix} S_{11} & 0 & C_{11} & 0 \\ -C_{11} & 0 & S_{11} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^3T_4 &= \begin{bmatrix} C_{17} & 0 & S_{17} & 0 \\ S_{17} & 0 & -C_{17} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^4T_5 &= \begin{bmatrix} C_9 & -S_9 & 0 & L_4 * C_9 \\ S_9 & C_9 & 0 & L_4 * S_9 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^5T_6 &= \begin{bmatrix} C_{15} & -S_{15} & 0 & L_f * C_{15} \\ S_{15} & C_{15} & 0 & L_f * S_{15} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

А теперь, с помощью формулы (3) построим матрицу перехода от системы координат предполагаемого схвата к системе координат С – центра робота. Система координат показана на рисунке 3.

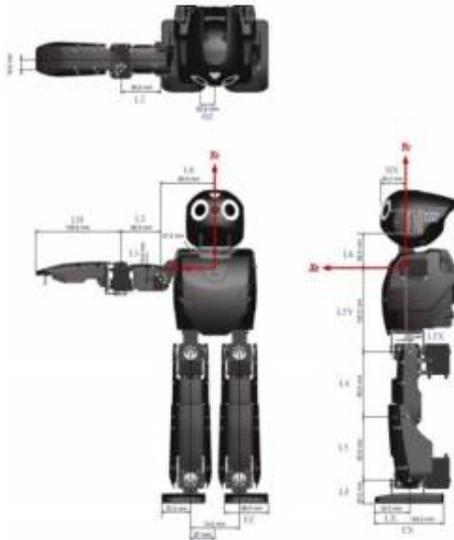


Рис. 3. Начальная система координат мобильного робота [1]

$$[{}_{EF}T] = [{}_{EF}T][{}^0T(\theta_7, \theta_9, \theta_{11}, \theta_{13}, \theta_{15}, \theta_{17})] \quad (3)$$

$${}^0T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -LTX \\ 0 & 0 & 1 & -LTY \\ 0 & -1 & 0 & LTZ \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Далее решим обратную задачу кинематики для правой ноги антропоморфного робота, для того что бы определить углы поворотов движителей, соответствующие заданному положению стопы [5].

$${}^5X = {}^5T \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\mu =$$

$$\sqrt{(p_x + LF * {}^5T)^2 + (p_y + LF * {}^5T)^2 + (p_z + LF * {}^5T)^2}$$

$$\theta_{13} = \text{acos}\left(\frac{\mu^2 - L4^2 - L5^2}{2 * L4 * L5}\right) \quad (7)$$

$${}^5IT = ({}^5T)^{-1} \quad (8)$$

$$\eta = \sqrt{({}^5IT(14))^2 + ({}^5IT(15))^2} \quad (9)$$

$$\Gamma = \sqrt{({}^5IT(14))^2 + ({}^5IT(15) - LF)^2} \quad (10)$$

$$\theta_{15} = \text{sign}({}^5IT(14)) * \text{acos}\left(\frac{\eta^2 - \Gamma^2 - LF^2}{2 * \Gamma * LF}\right) \quad (11)$$

$$\theta_{11} = \text{asin}({}^5T(7)) * \cos(\theta_{15}) - {}^5T(11) * \sin(\theta_{15}) \quad (12)$$

$$\theta_7 = \text{atan2}\left(\frac{{}^5T(5) * \cos(\theta_{15}) - {}^5T(9) * \sin(\theta_{15})}{-\cos(\theta_{11})}\right)$$

$$\frac{{}^5T(6) * \cos(\theta_{15}) - {}^5T(10) * \sin(\theta_{15})}{\cos(\theta_{15})} \quad (13)$$

$$\lambda = -p_x + (\sin(\theta_7) * \sin(\theta_{11})) + p_y * (\cos(\theta_7) * (\sin(\theta_{11})) - p_z * (\cos(\theta_{11})) - LF * ({}^5T(9) * \sin(\theta_7) * \sin(\theta_{11})) -$$

$${}^5T(10) * \cos(\theta_7) * \sin(\theta_{11})) + {}^5T(11) * \cos(\theta_{11}) \quad (14)$$

$$\Xi = -p_x * (\cos(\theta_7)) - p_y * (\sin(\theta_7)) - LF * ({}^5T(9) * \cos(\theta_7) + {}^5T(10) * \sin(\theta_7)) \quad (15)$$

$$\theta_9 = \text{atan2}((-L5 * \sin(\theta_{13}) * \lambda) + \Xi * (L4 + L5 * \cos(\theta_{13})), \lambda * (L4 + L5 * \cos(\theta_{13})) + (L5 * \sin(\theta_{13}) * \Xi)) \quad (16)$$

$$\Psi = \text{atan2}(-{}^0T(1) * (\sin(\theta_7) * \sin(\theta_{11})) + {}^0T(2) * \cos(\theta_7) * \sin(\theta_{11})) - {}^0T(3) * \cos(\theta_7), {}^0T(1) * \cos(\theta_7) + {}^0T(2) * \sin(\theta_7)) \quad (17)$$

$$\theta_{17} = \Psi - \theta_9 - \theta_{13} \quad (18)$$

Проверка решения. Возьмем реальные координаты (19) для правой ноги, решим обратную задачу кинематики и реализуем движение ноги в симуляторе.

$${}_{RE}X = \begin{bmatrix} 35.03 \\ 84.9 \\ 19.52 \end{bmatrix} \quad (19)$$

получим, что $\theta_1=10$, $\theta_3=20$, $\theta_5=30$, $\theta_{19}=5$, $\theta_{20}=0$, $\theta_7=10.34$, $\theta_9=-19.32$, $\theta_{11}=-30$, $\theta_{13}=-35$, $\theta_{17}=-15.01$, $\theta_{15}=9.99$. На рисунке 3 показан результат симуляции



Рис.3. Симуляция мобильного робота

Заключение. В данной работе были решены Прямая и обратная задачи кинематики. Для проверки точности решения прямой задачи кинематики был использован симулятор Webots, а для проверки решения обратной задачи кинематики были использованы уравнения прямой задачи кинематики. Проверка решений показала, что задачи решены верно.

Список используемых источников:

1. Кинематика DARwIn-OP [Электронный ресурс]: http://support.robotis.com/en/product/darwinop/reference_s/reference/hardware_specifications/mechanics/kinematic_s.htm
2. Spong, Mark W., Seth Hutchinson, and Mathukumalli Vidyasagar, "Robot modeling and control" Vol. 3. New York: Wiley, 2006.
3. Kofinas, E. Orfanoudakis, and M. G. Lagoudakis, "Complete analytical forward and inverse kinematics for the NAO humanoid robot" Journal of Intelligent & Robotic Systems 77, No. 2, pp. 251-264, 2015.
4. J J. Craig, "Introduction to robotics: mechanics and control" Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, Vol. 3. 2005.
5. K.Khokar, P. Beeson, and Rob Burridge, "Implementation of KDL Inverse Kinematics Routine on the Atlas Humanoid Robot" Procedia Computer Science 46, pp. 1441-1448, 2015.

ОБЗОР И АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШТАТНОГО ПОСТА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ С РАДИАЦИОННЫМ И ХИМИЧЕСКИМ ФАКТОРАМИ

Костин С.В.

Томский политехнический университет

Xkos92@gmail.com

Введение

Особую опасность представляют объекты химической и атомной промышленности. Работающее изношенное оборудование является постоянной угрозой здоровью обслуживающего персонала, а любая нештатная ситуация может привести к аварии или катастрофе. Поражающие факторы, возникающие при этом, образуют экстремальные условия для выживания в них не только спасаемых, но и личного состава спасателей, ликвидирующих последствия аварий [1].

В случае крупной аварии на предприятии атомной промышленности с радиационным и химическим фактором, человек не в силах ликвидировать эти последствия без вреда для своего здоровья или жизни.

Уменьшить степень участия человека при проведении работ в опасных условиях можно, используя робототехнические комплексы. В связи с этим весьма актуальным является создание, модернизация и эксплуатация робототехнических комплексов, предназначенных для проведения работ по предупреждению или ликвидации последствий нештатных ситуаций.

Описание и работа РТК

Робототехнические комплексы получили широкое применение после случившейся аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Робототехнические комплексы служат для предотвращения, локализации зараженных объектов и ликвидации подобных аварий [1].



Рис.1. Мобильный робототехнический комплекс №27

Одной из основных задач является разведка зараженных участков для информирования личного состава спасателей и иных аварийно-спасательных служб.

С помощью дистанционно - управляемого оборудования производится сбор информации, которая необходима для прогнозирования и контроля чрезвычайной ситуации. Дополнительное навесное оборудование предназначено для расширения функциональных возможностей и выполнения с помощью МРК различных технологических операций.

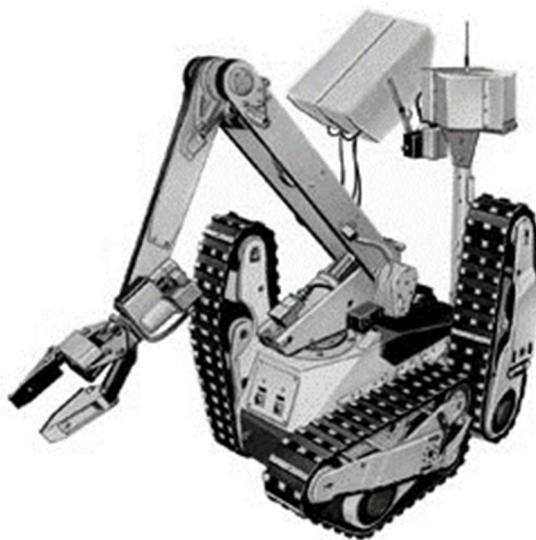


Рис.2. Мобильный робототехнический комплекс №35

Команды управления задаются оператором на пульте управления путем нажатия на соответствующие джойстики, тумблеры, кнопки и переключатели [2].

Команды поступают на пультовую часть канала дистанционного управления, где происходит формирование командных посылок, которые затем преобразуются в цифровой код удобный для передачи по кабельной линии связи или по радиолинии. На этот же блок поступает сигнал диагностики контролируемого устройства - напряжение аккумуляторной батареи и показания датчика крена-дифферента [2].

При управлении штатным пультом дистанционного управления (ПДУ) (Рис.3), создается угроза повреждения манипулятора или транспортируемого опасного груза. Пульт дистанционного управления требует определенных навыков и долгого обучения для грамотной и эффективной эксплуатации ходовой части и манипулятора, так, как управление робототехническими комплексами семейства МРК воспроизводится аналоговыми джойстиком и кнопочным переключением звеньев манипулятора.

Именно поэтому оператор тратит большое количество времени на изучение управлением роботом в пространстве, ориентируясь только по видеоизображению, полученное с камер, установленных на корпусе робота. Из – за отсутствия обратной связи и интуитивного управления оператор не может гарантировать высокую точность движения манипулятора и избежать повреждений.



Рис.3. Пульт дистанционного управления для мобильного робототехнического комплекса

В ходе постоянной эксплуатации робототехнического оборудования (проведение учений личного состава спасателей по уникальному сценарию аварии) пульт дистанционного управления имеет выработку. Тем самым управление при помощи аналоговых джойстиков становится не точным и создает угрозу повреждения звеньев манипулятора и иных узлов робототехнического комплекса.

В настоящее время стоит острый вопрос о снабжении подобных структур (пожаротушение, поисково-спасательные, аварийно – спасательные и газоспасательные службы) современными робототехническими комплексами. В первую очередь приобретение мобильных робототехнических комплексов доступно не всем спасательным службам и иным структурам из - за своей высокой стоимости. Это сильно влияет на спрос мобильных роботов, а также инвестирование денежных средств в разработку новых платформ робототехнических комплексов и модернизацию уже существующих. Соответственно эти факторы сильно тормозят прогресс данной отрасли, что приводит к серьезной блокировке развития технических средств по сравнению с иностранными аналогами.



Рис. 4. Модернизированный пульт дистанционного управления для семейства МРК

Специальное конструкторско-технологическое бюро прикладной робототехники МГТУ - основной производитель отечественной робототехники. Их роботы широко используются в федеральной службе безопасности, аварийно – спасательной службе и МВД. В течении последних 5 лет конструкторское бюро плотно занимается созданием боевых роботов на платформе МРК-27 для Вооруженных сил РФ.

Список литературы

1. Северов Н.В. Волик О.А. Оценка применения робототехники в чрезвычайных ситуациях и при ликвидации последствий террористических актов. Новогорск, 2002г., 415 с.
2. Руководство по эксплуатации МРК-27.

КАЛИБРОВКА ТИПОВЫХ МАГНИТОМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ HMC5883L

Собецкий А.В.

Научный руководитель: А.С. Фадеев

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

avs69@tpu.ru

Введение

Магнитометр – это устройство, измеряющее напряженность магнитного поля. В настоящее время благодаря небольшим габаритам и низкой стоимости наибольшую популярность приобрели цифровые микросхемы, содержащие в своем составе магниторезистивные датчики, позволяющие измерять напряженность магнитного поля вдоль трех взаимоперпендикулярных осей – X, Y, Z, как показано на рисунке 1.

Одним из таких датчиков является HMC5883L компании Honeywell. Он является типовым представителем магнитометров общего назначения [1], применяемых в мобильных устройствах, автомобильных навигационных системах, квадрокоптерах и др.

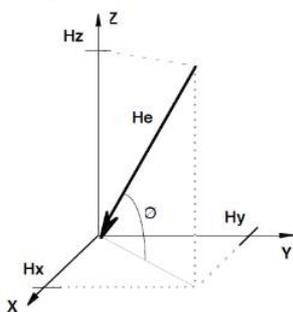


Рис. 1. Расположение осей типового магнетометра

Направление и величина модуля магнитного поля земли рассчитывается по значениям напряженности каждой из осей магнетометра (1.1) [2]:

$$|He| = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (1.1)$$

Наиболее часто магнетометр используется в качестве компаса, т.е. для определения направления на север. Тогда предполагается, что z-составляющая напряженности $H_z = 0$, и направление компаса в градусах определяется по формуле 1.2:

$$He = \varphi - \frac{180}{\pi} \cdot \arctan \frac{H_x}{H_y} \quad (1.2)$$

Где $\varphi = 90$, если $H_y > 0$ и $\varphi = 270$, если $H_y < 0$.

В случаях, когда $H_y = 0$, $He = 180$ (если $H_x < 0$) или $He = 0$ (если $H_x > 0$)

Постановка проблемы

На практике измеренные величины магнитного поля могут быть как близки к таковым в реальности, так и иметь существенную

погрешность, которая обуславливается следующими причинами [3]:

- наличие искусственных полей вокруг датчика, например, магнитов или проводов питания;
- искажение уже имеющегося магнитного поля, например, присутствием вблизи датчика элементов из никеля или железа;
- неперпендикулярность осей сенсора.

Первые две причины помех достаточно просто устраняются либо измерением величин искажения и введением смещения при расчете напряженностей, либо устранением самой причины помехи.

Для того, чтобы исключить влияние третьей причины, необходимо провести калибровку датчика.

Процедура калибровки

Магнитометр закрепляется на бруске формы параллелепипеда и подключается по протоколу I2C к микроконтроллеру Arduino, который в свою очередь передает данные с датчика на компьютер с заданной периодичностью, например, раз в 200 мс.

Поставив брусок на горизонтальную поверхность, и повернув его в этой плоскости на 360 градусов, вектор магнитной индукции очертит круг на мнимой сфере (Рисунок 2).

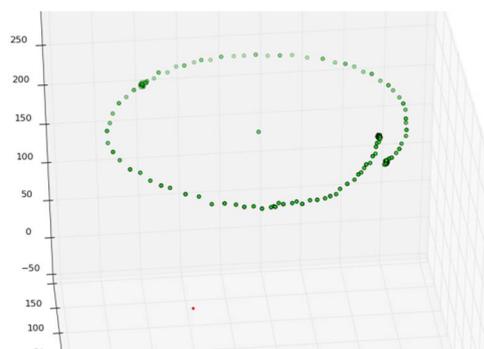


Рис. 2. Значения вектора магнитной индукции при полном обороте

Перевернув брусок на противоположную сторону, и снова повернув на 360 градусов, получим еще один круг на сфере вокруг вектора гравитации. Соединив центры этих кругов, получим прямую, параллельную одной из осей датчика. По отклонению полученной прямой и определяется поправка, которую необходимо внести.

Вся процедура калибровки сводится к вычислению матрицы трансформации и смещения [4]. Порядок получения откалиброванных данных показан на рисунке 3.

$$\begin{matrix} \text{Откалиброванные данные} \\ \downarrow \\ \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{nc} \\ Y_{nc} \\ Z_{nc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} \\ \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \\ \text{Матрица трансформации} \qquad \qquad \text{Смещение} \end{matrix}$$

Рис. 3. Получение откалиброванных данных с помощью матриц смещения и трансформации

Алгоритм получения матрицы трансформации:

1. Для каждой из сторон бруска снять координаты двух точек P_{1i} и P_{2i} . Причем вторая точка получается вращением бруска на 180 градусов относительно первоначального положения.

$$P_{1i} = (X, Y, Z), P_{2i} = (X, Y, Z)$$

где $i = 1, 2 \dots 6$ – номер стороны.

2. Найти центры кругов вращения по двум точкам каждой из сторон (2.1).

$$P_{ci} = \frac{P_{1i} + P_{2i}}{2} \quad (2.1)$$

3. Соединить противоположные центры, получив взаимное расположение осей сенсора (Рисунок 4).

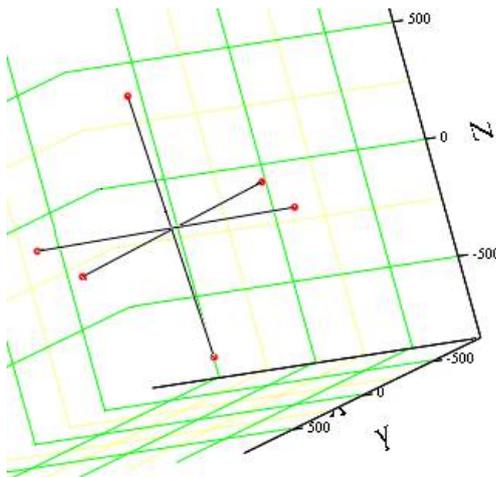


Рис. 4 – Взаимное расположение осей неоткалиброванного датчика

4. Вычесть противоположные вектора друг из друга и получить тройку векторов, показывающих реальное взаимное расположение осей. На ось, соответствующую каждому такому вектору, указывает его самый значимый член.
5. Разделить каждый вектор на самый значимый член, получив колонки матрицы размерностью 3×3 .
6. Матрица, обратная данной и есть матрица трансформации.

Определение матрицы смещения:

1. Найти центры трех прямых, образованных соединением двух противоположных центров кругов (2.2):

$$X_{ci} = \frac{P_{ci} + P_{cj}}{2} \quad (2.2)$$

2. Матрица смещения B рассчитывается по формуле 2.3.

$$B = \frac{X_{c1} + X_{c2} + X_{c3}}{3} \quad (2.3)$$

5. Результат калибровки представлен на рисунке

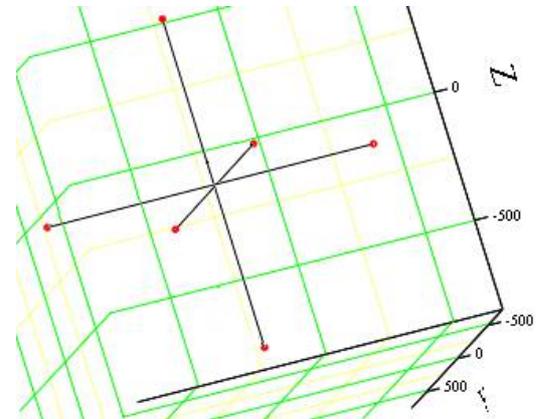


Рис.5. Взаимное расположение осей датчика после калибровки

Заключение

В результате калибровки датчика HMC5883L были получены матрицы трансформации и смещения, исправляющие неточности в расположении осей внутри корпуса микросхемы. С помощью полученных матриц можно в реальном времени на микроконтроллере получать откалиброванные значения.

Список использованных источников

1. Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960> (дата обращения 05.09.2016).
2. Compass Heading Using Magnetometers: техническая документация [Электронный ресурс]. – URL: https://aerospace.honeywell.com/en/~media/aerospace/files/application-note/an203_compass_heading_using_magnetometers.pdf (дата обращения 01.10.2016).
3. Magnetometer [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vectornav.com/support/library/magnetometer> (дата обращения 02.10.2016).
4. Advanced hard and soft iron magnetometer calibration for dummies [Электронный ресурс]. – URL: <http://diydrones.com/profiles/blogs/advanced-hard-and-soft-iron-magnetometer-calibration-for-dummies> (дата обращения 02.10.2016).

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДОСТУПА К ОБЪЕКТАМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Пастушенко Д.С.

Паньшин Г.Л.

Томский политехнический университет
dsp7@tpu.ru

Введение

В современном мире становятся всё более востребованными разработки в области автоматизации учета и контроля. И одна из основных проблем на предприятии – это учет ключей и доступа сотрудников к каким-либо объектам, будь то помещение, или автомобиль.

На сегодняшний день аналогами подобной системы на рынке являются:

1. “Traka touch” от компании “ASSA ABLOY”, Швеция;
2. “Key bank” от компании “Morse Watchmans”, Великобритания;
3. “Keybox” от компании “Creone”, Швейцария.

Приведенные выше аналоги, не смотря на различные комплектации, всё же не могут работать автономно, что необходимо небольшим предприятиям, обладают высокой стоимостью и относительно низкой безопасностью, в связи с этим, проект имеет большой потенциал в рамках импортозамещения.

Основная часть

Структурно проект будет представлять собой совокупность модулей, которые можно отключать без вреда для работоспособности системы. Структура представлена на рисунке 1.

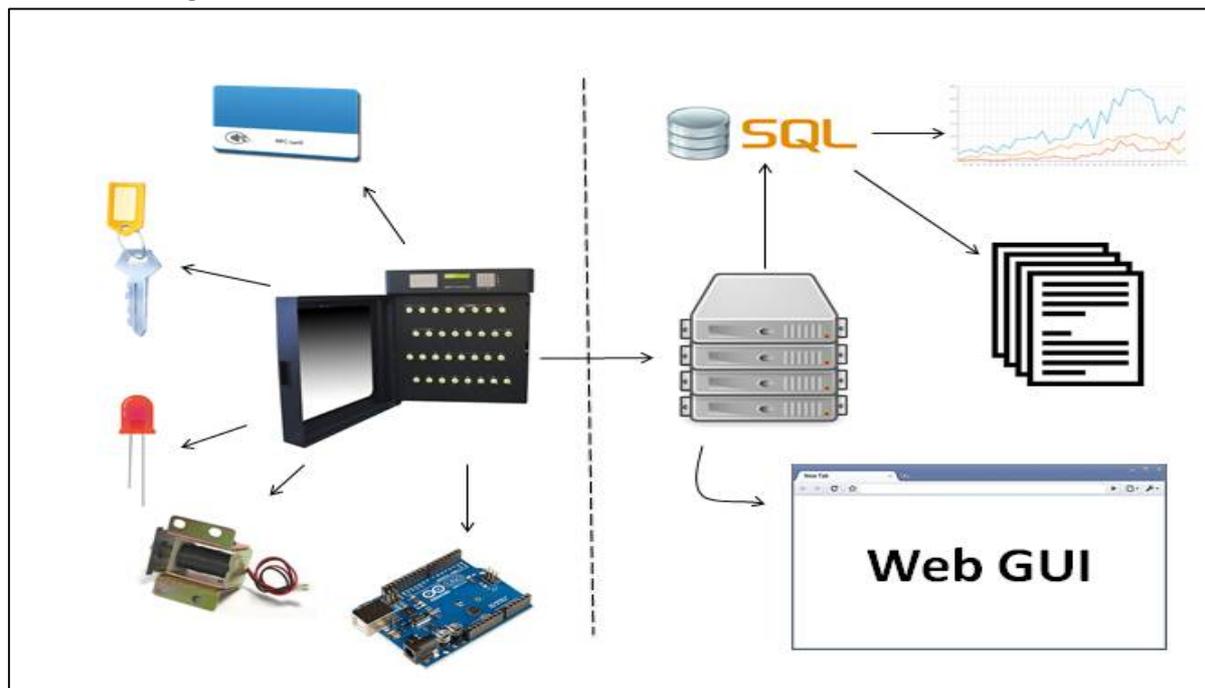


Рисунок 1. Структура проекта

Описание работы системы

Пользователь системы – сотрудник предприятия, с помощью личной NFC карты открывает шкаф для хранения ключей, далее система выбирает информацию из базы данных о том, к каким ключам данный сотрудник имеет доступ в данный момент. На панели шкафа расположены специальные ячейки для ключей с электромагнитными замками под каждый ключ и по два светодиода над каждой из ячеек, зеленый и красный соответственно. Светодиоды предназначены для индикации доступа к каждому

из ключей. Включенный красный светодиод говорит о запрете доступа в данный момент времени к данному ключу, а зелёный о разрешении соответственно.

Система открывает электромагнитные замки тех ключей, к которым пользователь имеет доступ, то есть пользователь физически не сможет взять ключ, к которому он доступа не имеет.

Для реализации управления электромагнитными замками и светодиодами будет использоваться микроконтроллер. В настоящее

время популярными микроконтроллерами являются:

- 1) Siemens Simatic S7-200;
- 2) Arduino UNO/MEGA;
- 3) STM32;
- 4) K1986BE92QI.

Для создания первого прототипа целесообразно использовать микроконтроллер «Arduino UNO/MEGA», из-за его относительно недорогой цены и наличия множества модулей.

В момент, когда пользователь берет ключ, деактивируется кнопка, ранее придавленная специальным брелоком ключа, и информация о том, что пользователь взял данный ключ записывается в базу данных на сервере, а также на сервере ведется журнал в виде файла, в который непрерывно записывается информация обо всех пользователях за промежуток времени.

Для управления системой существует два способа:

1) Разработать программу на ПК. Минусы этого подхода в том, что администратор будет иметь возможность управлять только со своего рабочего ПК.

2) Разработать веб-приложение. Этот вариант является наиболее удобным из-за возможности управления системой с любых устройств и гибкости разработки.

Было принято решение использовать графический интерфейс пользователя в окне браузера, который будет написан на языке программирования «JavaScript». Для обмена данными с сервером была выбрана платформа «Node.js» исходя из перспективности и гибкости. Так как соединение с сервером будет происходить по беспроводной сети wi-fi, необходимо так же установить на микроконтроллер wi-fi модуль.

Так же необходимо обеспечить ручное управление системой в случае непредвиденных обстоятельств, например отключения электропитания, с помощью ключа, доступ к которому имеет только администратор системы. Таким образом, шкаф может быть открыт вручную.

Заключение

Исходя из написанного выше можно сделать вывод о том, что проект является актуальным и коммерчески перспективным. На данный момент разрабатывается часть, реализующая адресацию светодиодов и идентификацию задействованного ключа. После создания первого прототипа и проведения тестов проект будет совершенствоваться и, возможно, изменяться, чтобы соответствовать условиям российских предприятий.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОЛЕСНОГО РОБОТА

Усольцев Д. В., Фадеев А. С.

Научный руководитель А. С. Фадеев, заведующий кафедрой АИКС ИК ТПУ
Томский политехнический университет
dву3@tpu.ru

Введение

Задача слежения по линии, является одной из базовых задач управления. Колесные роботы, движущиеся по линии, применяются в различных отраслях производства, например, для автоматизированного развоза деталей до мест сборки [1].

Задача слежения по линии решается в рамках современных робототехнических соревнований [2]. Большинство решений используют релейное управление или ПИД-регулятор и не учитывают физические параметры платформы колесного робота.

Целью данной работы является разработка системы управления колесным роботом, учитывающей физические параметры платформы.

Разработка опытной модели

Для проведения исследований был собран робот, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.

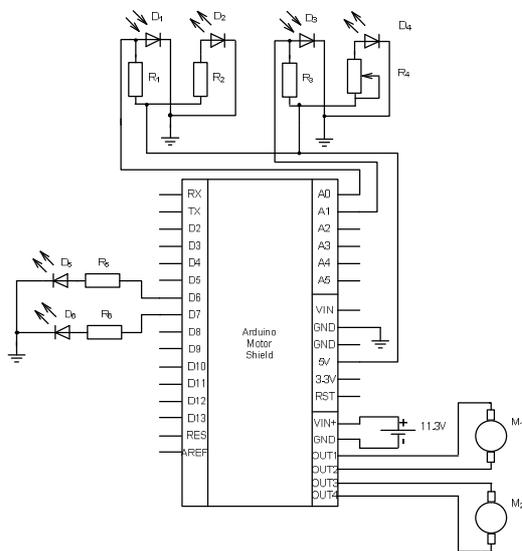


Рис. 1. Принципиальная схема колесного робота

В качестве платформы робота была выбрана двухколесная платформа со стабилизирующим колесом, поворот которой осуществляется путем введения разности хода колес. В качестве микроконтроллера применена аппаратная платформа Arduino UNO. В движение платформа приводится при помощи двух коллекторных двигателей постоянного тока, управляемых посредством контроллера Arduimoto. Положение

робота относительно линии определяется с помощью двух инфракрасных датчиков.

Для компенсации разности показаний датчиков был включен калибровочный потенциометр. Перед запуском робот ставится таким образом, что два датчика находятся по разные стороны от границы линии. Такое применение датчиков позволяет получить значение уставки при запуске колесного робота.

Разработка модели движения

Колесный робот движется с постоянной скоростью v_0 . Поворот осуществляется путем введения разницы скоростей вращения колес определяемой по формуле:

$$\Delta v = v_1 - v_2, \quad (1)$$

где v_1 – скорость движения относительно первого колеса, v_2 – скорость движения относительно второго колеса.

В таком случае скорость движения относительно колес определяется формулой:

$$v_{1,2} = v_0 \pm \frac{\Delta v}{2}. \quad (2)$$

Направление поворота определяется знаком Δv . Если принять $v_0 = 0$, то движение робота можно представить как круговое вращение относительно точки, находящейся в центре на оси между колесами. Диаметр круга D равен расстоянию между колесами робота. Таким образом, при $\Delta v = \text{const}$ угол поворота α определяется как:

$$\alpha = 2\pi \cdot \frac{\Delta v \cdot t}{2 \cdot c} = \frac{\Delta v \cdot t}{D}, \quad (3)$$

где t – время поворота.

В случае, когда $\Delta v \neq \text{const}$, необходимо разбить время поворота t на множество бесконечно-малых интервалов Δt . В таком случае угол поворота определяется как:

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \frac{1}{D} \cdot \int \Delta v(t) dt. \quad (4)$$

В случае, когда $v_0 \neq 0$ и $\alpha = \text{const}$, робот отдалается от границы линии. Расстояние, на которое робот уедет от границы линии за время t может быть найдено как:

$$d = \sin(\alpha) \cdot v_0 \cdot t, \quad (5)$$

В случае, когда $\alpha \neq \text{const}$, необходимо разбить время движения t на множество бесконечно-малых интервалов Δt . Учитывая, что $\sin(\alpha) \approx \alpha$ при малых значениях угла α , конечное выражение для расстояния от границы линии может быть найдено как:

$$d(t) = d_0 + v_0 \cdot \int \alpha(t) dt. \quad (6)$$

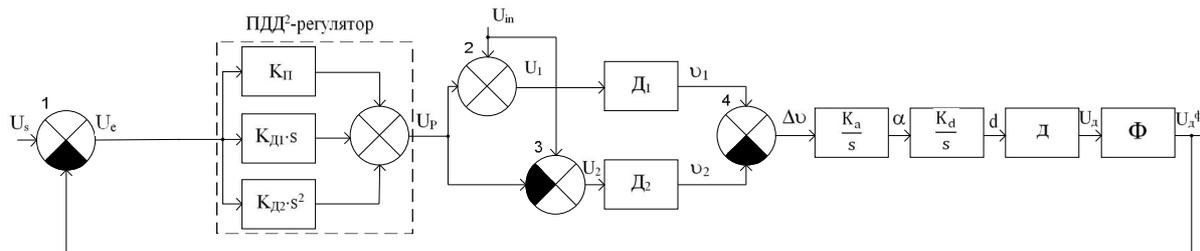


Рис. 2. Структурная схема колесного робота

Разработка системы управления

Для того чтобы колесный робот двигался точно вдоль границы линии, во время движения должно соблюдаться условие $d(t)=0$. Данное условие выполняется при:

- $\Delta d=0$;
- $\alpha(t)=0 \rightarrow \Delta\alpha=0$;
- $\Delta v(t)=0 \rightarrow \Delta(\Delta v)=0$.

Используя формулы (4) и (6) получим:

$$\Delta\alpha(t) = \frac{1}{D} \cdot \int \Delta(\Delta v(t))dt,$$

(7)

$$\Delta d(t) = \frac{v_0}{d} \cdot \int \int \Delta(\Delta v(t))d^2t. \quad (8)$$

Для того чтобы выполнялись условия нахождения на линии, необходимо внести в систему регулятор, связывающий d и Δv через обратную связь и подобрать его параметры таким образом, чтобы компенсировать ошибку регулирования.

Из (7) и (8) следует, что через обратную связь d должна влиять на Δv дважды дифференциально, а α на Δv дифференциально.

Исходя из этого, был выбран ПДД²-регулятор (пропорционально-дифференциально-дважды-дифференцирующий регулятор). Данный регулятор представляет собой продифференцированный ПИД-регулятор [3].

Так как в выбранном регуляторе присутствуют дифференциальная и дважды дифференциальная части, в системе была использована фильтрация значений с датчика посредством медианного фильтра.

Используя выведенные ранее зависимости и выбранный регулятор, была построена структурная схема системы автоматического управления колесным роботом, представленная на рисунке 2.

На данной схеме K_P , K_{D1} , K_{D2} – коэффициенты ПДД²-регулятора; U_p – выходное напряжение ПДД²-регулятора; U_{in} – входное напряжение двигателей без рассогласования; U_1 , U_2 – входное напряжение двигателей с рассогласованием; D_1 , D_2 – коллекторные двигатели постоянного тока; v_1 , v_2 – скорость двигателей; Δv – разность скоростей двигателей; K_a – коэффициент колесной платформы; α – угол поворота; K_d – коэффициент скорости; d – расстояние до границы линии; d –

ИК-датчик линии; U_d – выходное напряжение датчика; Φ – медианный фильтр; $U_d^Ф$ – выходное напряжение фильтра; U_s – задающее воздействие; U_e – ошибка регулирования.

В соответствии со структурной схемой системы была написана программа в программной среде Arduino. Уставка вычисляется при запуске устройства, как полусумма показаний датчиков. Таким образом, робот автоматически настраивается для работы с различными поверхностями.

Заключение

В результате исследования был спроектирован и собран автоматизированный колесный робот, способный распознавать линию и корректировать относительно нее свое движение. Коэффициенты регулятора подбираются в соответствии с расстоянием между колесами D и заданной скоростью движения робота v_0 .

В ходе исследования было выявлено, что примененные двигатели имеют значительно различающиеся индивидуальные характеристики. Наиболее пагубно на динамику системы влияют различные вращающие моменты двигателей и соответствующая нелинейная зависимость скорости вращения двигателей под нагрузкой от поданного на них напряжения.

Список использованных источников

1. ULTIMATE FACTORIES | PORSCHE PANAMERA [Электронный ресурс]. URL: <http://channel.nationalgeographic.com/ultimate-factories/galleries/ultimate-factories-porsche-panamera-pictures/at/an-automated-experience-21977/> (дата обращения 15.09.2016).
2. Календарь мероприятий и конкурсов по робототехнике. [Электронный ресурс]. – URL: <http://edurobots.ru/katalog-meropriyatiya-mira-robototexniki/> (дата обращения 01.10.2016).
3. Применение ПИД-регулятора для управления сложными объектами с запаздыванием [Электронный ресурс]. URL: http://www.amursu.ru/attachments/article/13719/14_9_1-98.pdf (дата обращения 01.09.2016)

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ПАКЕТЕ MATLAB

Колодников М. И.

Научный руководитель А.А. Ефремов
Томский политехнический университет
mik10@tpu.ru

Введение

Наиболее современные принципы построения автоматических систем управления основаны на составлении строгих математических моделей. Тем не менее, большинство объектов и систем имеют определенные ограничения в силу недостаточной формализации [1]. Управление такими системами проводится либо с использованием принципов адаптивного управления, либо с помощью современных интеллектуальных подходов, таких как нейронные сети, экспертные системы и нечеткая логика [2].

Нечеткая логика позволяет учитывать различного рода неопределенности, возникающие при описании и моделировании систем [1-3], и описываемые нечеткими величинами с определенными функциями принадлежности.

Целью данной работы являлась реализация пользовательских функций принадлежности в пакете прикладных программ MATLAB.

Основные понятия нечетких множеств

Нечеткая логика является обобщением классической логики и оперирует понятиями нечеткого множества [1, 2].

Нечетким подмножеством \tilde{S} некоторого множества X называется множество пар

$$\tilde{S} = \{\mu_{\tilde{S}}(x), x\},$$

где $x \in X, \mu_{\tilde{S}}(x) \in [0, 1]$.

Функция $\mu_{\tilde{S}}(x): X \rightarrow [0, 1]$ называется функцией принадлежности (ФП) нечеткого множества \tilde{S} [1]. Она позволяет вычислить степень принадлежности произвольного элемента множества X к нечеткому множеству. Также, среди элементов множества X можно выделить отрезки (A, C) и $[B_L, B_R]$, называемые соответственно основанием и ядром нечеткого множества [3], для которых справедливо:

$$\mu_{\tilde{S}}(x) > 0, \forall x \in (A, C);$$

$$\mu_{\tilde{S}}(x) = 1, \forall x \in [B_L, B_R].$$

Таким образом, нечеткое множество можно также задать четверкой характерных чисел (A, B_L, B_R, C) , при условии, что вид ФП определен. В связи с этим, значительная роль при моделировании нечетких систем отдается форме ФП.

Существует множество типов ФП, из которых самыми широко используемыми являются треугольная, трапециевидная и гауссиана [1, 2]. Значения этих функций могут существенно повлиять на результат моделирования системы и на процесс принятия решений, поэтому для эксперта

важно подобрать такую форму кривой, которая бы была адекватна поставленной задаче.

Полиномиальные ФП 2-го порядка

В работе [3] были предложены ФП LR-типа [1], для которых функциями левой и правой частей являются участки полиномов 2-го порядка:

$$\mu(x) = \begin{cases} f_L(x), & x \in [A, B_L]; \\ 1, & x \in [B_L, B_R]; \\ f_R(x), & x \in (B_R, C]; \\ 0, & x \notin [A, C], \end{cases}$$

где $f_L(x), f_R(x)$ – функции левой и правой частей ФП соответственно.

Форму таких ФП можно варьировать, приравнявая нулю производные функций $f_L(x)$ и $f_R(x)$ либо в точках, где $\mu(x) = 0$, либо в точках, где $\mu(x) = 1$. Таким образом, можно получить 4 различных формы полиномиальных ФП 2-го порядка (рис. 1).

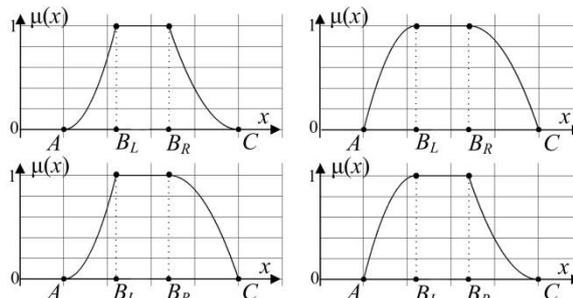


Рис. 1. Возможные формы полиномиальной ФП 2-го порядка

Следует отметить, что если $B_L = B_R = B$, мы получим треугольные ФП, задаваемые тройкой характерных чисел (A, B, C) .

Реализация ФП в пакете MATLAB

Встроенные модули MATLAB позволяют работать с нечеткой логикой и реализовывать собственные функции принадлежности [4]. Реализация пользовательской ФП заключается в создании m-файла в рабочей директории MATLAB:

```
function out = twoPolyMf(x, p)
LP = length(p)-1;
t = p(length(p));
for i=1:length(x)
if (x(i) <= p(1)) || (x(i) >= p(LP))
y(i) = 0;
elseif (x(i) >= p(2)) && (x(i) <=
p(LP-1))
y(i) = 1;
elseif x(i) < p(2)
```

```

if (t == 0) || (t == 1)
    y(i) = (p(1)^2 - 2*p(1)*x(i) + x(i)^2)/((p(1)-p(2))^2);
else
    y(i) = ((p(1)-x(i))*(p(1) - 2*p(2) + x(i)))/((p(1) - p(2))^2);
end
else
if (t == 0) || (t == 2)
    y(i) = (p(LP)^2 - 2*p(LP)*x(i) + x(i)^2)/((p(LP) - p(LP-1))^2);
else
    y(i) = ((p(LP)-x(i))*(p(LP) - 2*p(LP-1)+x(i)))/((p(LP) - p(LP-1))^2);
end
end
end
out = y;
end

```

Данная функция позволяет задавать треугольную или трапециевидную полиномиальную ФП 2-го порядка, конкретная форма которой задается последним параметром в векторе-переменной p . Характерные точки нечеткого числа определяются первыми тремя (для треугольной ФП) или четырьмя (для трапециевидной ФП) значениями вектора p .

Далее в редакторе нечеткой логики MATLAB мы можем вызвать созданный m-файл и задать параметры нечеткой величины (рис. 2).

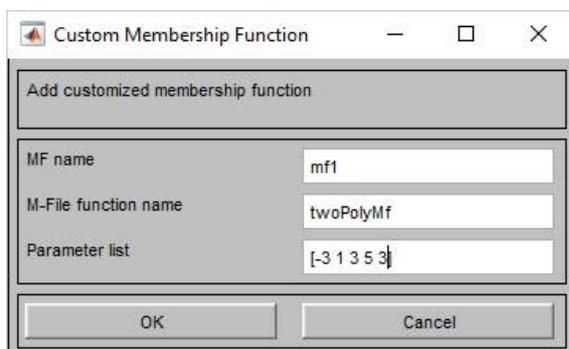


Рис. 2. Пример задания пользовательской ФП

Задаваемая на рис. 2 ФП имеет 5 параметров, следовательно, это трапециевидная ФП с набором характерных точек $\{-3; 1; 3; 5\}$. Конкретная форма ФП определена последним параметром и представлена на рис. 3.

Заключение

Результатом данной работы является реализация возможности использования пользовательских полиномиальных функций принадлежности 2-го порядка при моделировании нечетких систем в MATLAB. Предложенный код m-файла позволяет добиться значительного разнообразия внешнего вида функции принадлежности. Подход, используемый в данной работе, может быть использован для построения иных функций принадлежностей LR-типа.

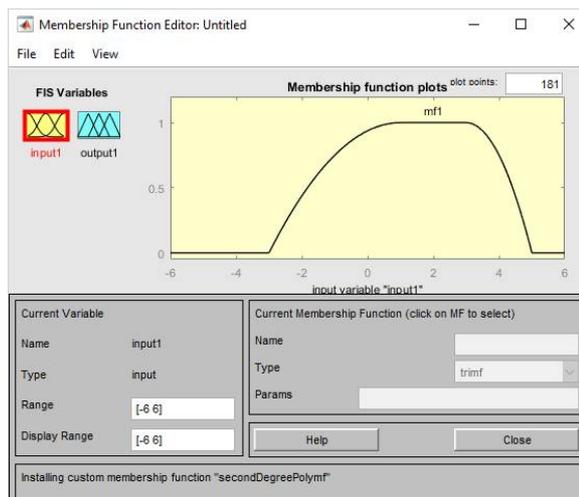


Рис. 3. Пример реализации пользовательской ФП

В дальнейшем планируется использование данных функций принадлежности при моделировании в MATLAB нечетких систем [5], решении задач нечеткой надежности [6], управления и принятия решений.

Список использованных источников

1. Прикладные нечеткие системы : Пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т.Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
2. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах : Учебное пособие / Н.П. Деменков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с.
3. Ефремов А.А. О применении кусочно-непрерывных функций к заданию функций принадлежности нечетких чисел (L-R)-типа / А.А. Ефремов, А.М. Кориков // Вестник науки Сибири. – 2011. - №. 1(1). – С. 340-343.
4. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 : Основы применения : Полное руководство пользователя / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.
5. Luneva E.E., Banokin P.I., Yefremov A.A. Evaluation of social network user sentiments based on fuzzy sets // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. - № 93 (1). - art. no. 012054.
6. Кармачев Д.П., Ефремов А.А. Анализ моделей надежности технических систем с U-образной функцией интенсивности отказов // Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 14-18 апреля 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 185-186.

ЦИФРОВЫЕ ЧАСЫ НА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИНДИКАТОРАХ

Житников А.Д.

Научный руководитель Фадеев А.С., зав. кафедрой АИКС ИК ТПУ
Томский политехнический университет
E-mail: zhitnickow2012@yandex.ru

Газоразрядные индикаторы ИН-14 активно использовались в 50 – 70-х годах. Оборудование, основанное на таких индикаторах, требовало высоких напряжений и потребляло много энергии. С появлением современных средств отображения на жидких кристаллах и светодиодах, использование индикаторов стало экономически не выгодно. Однако необычное для современных технологий исполнение остается привлекательным для реализации винтажных устройств, таких как часы на газоразрядных индикаторах.

Газоразрядный индикатор является знаковым индикатором типа «Nixietube» – прибор, использующий для отображения информации

тлеющий заряд. Используемый в настоящей работе индикатор ИН-14 состоит из тринадцати тонких металлических электродов, из которых двенадцать – катоды, катод соответствует одной цифре или знаку, при этом они включаются индивидуально. Электроды сложены так, что различные цифры появляются на разных глубинах, в отличие от плоского отображения, в котором все цифры находятся на одной плоскости по отношению к зрителю. Трубка наполнена инертным газом – неон с небольшим количеством ртути. Когда между анодом и катодом прикладывается электрический потенциал от 120 до 180 вольт постоянного тока, вблизи катода возникает свечение.

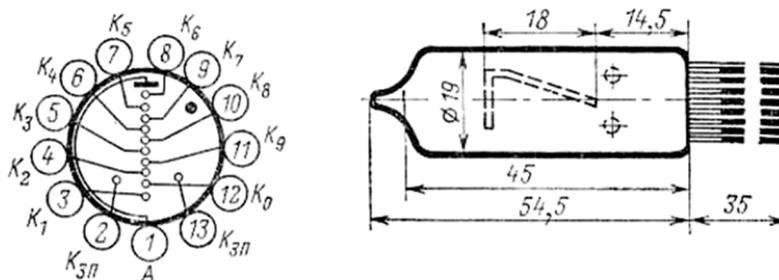


Рис.1 Газоразрядный индикатор ИН-14

Для получения нужного напряжения используется Step-Упреобразователь (Рис. 2), полученный на базе микроконтроллера Arduino, такой выбор обусловлен тем, что управление часами также осуществляется на базе данного микроконтроллера. Ключевым моментом в преобразователе является использование широтно-импульсной модуляции. На выходе микроконтроллера формируются прямоугольные импульсы - сигнал, который постоянно переключается между максимальным (5В) и минимальным (0 В) значениями напряжения.

На выходе преобразователя накапливается напряжение, достаточное для питания индикаторов.

Последующее управление индикаторами строится на дешифраторе K155ИД1 и транзисторных ключах. Управление осуществляется восьмью выводами микроконтроллера, четыре из которых (key1, key2, key3, key4) отвечают за открытие анода на нужной лампе посредством транзисторного ключа.

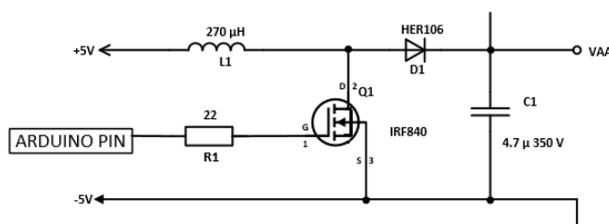


Рис. 2 Схема преобразователя

С помощью других четырех выходов на дешифратор подается числов двоичной форме, которое он переводит в десятичную форму и через соответствующий катод, начинает протекать ток. Таким образом, на нужной лампе загорается нужная цифра (Рис. 3).

Данная схема подразумевает, что в один момент времени может гореть только одна лампа, в противном случае, при синхронном включении, на всех лампах будет гореть одна цифра. Поэтому, для передачи значения времени, состоящего из четырех чисел, нужно включать и выключать лампы по очереди на частоте, при которой человеческий глаз не увидит мерцание.

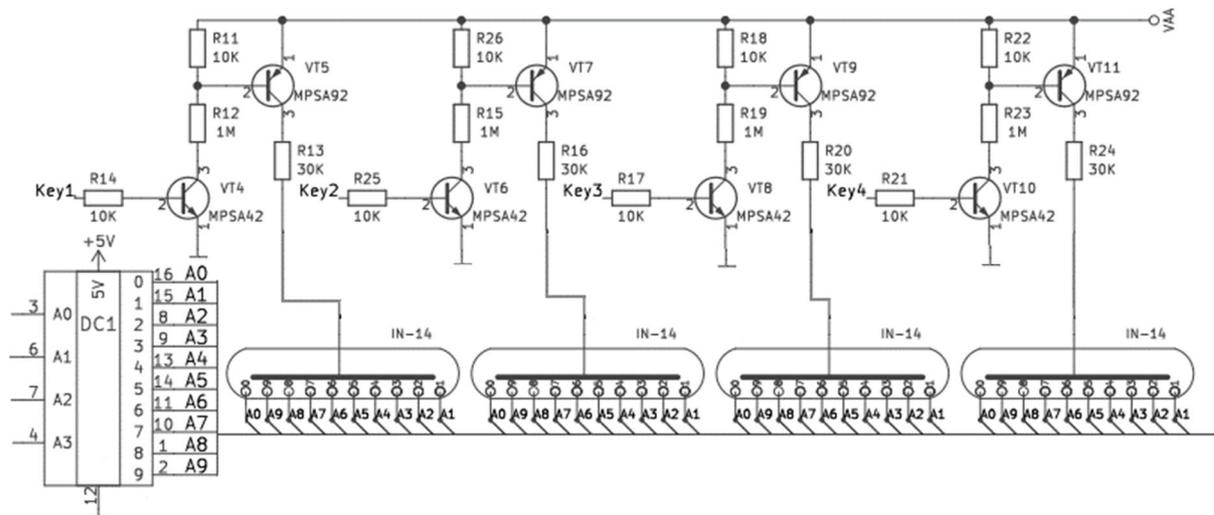


Рис. 3 Управление индикаторами

а точное время на часах отвечает часовой модуль DS3231 (Рис. 4).



Рис. 4 Часовой модуль DS3231

DS3231 представляет собой высокоточные часы реального времени со встроенной термокомпенсацией и протоколом обмена I2C. Наличие данного модуля позволяет не только точно отмерять временные интервалы, но и дает возможность вести отсчет времени, даже когда часы обесточены, эта возможность достигается за счет наличия источника автономного питания на самом модуле. Для возможности управлять работой модуля из микроконтроллера требуется изучить его протокол или можно взять готовые библиотеки DS1307RTC и TIME.

Установка времени осуществляется функцией `time.settime(0,0,0,0,0,0)`, где в скобках устанавливается значение времени в формате (с, мин, ч, день, месяц, год, день недели). Для того, чтобы после каждого перезапуска часы не сбивались на начальные установки, данный код нужно удалить или закомментировать. Для получения значений времени в виде цифр используется функция `gettime()`. В нашем случае нужно получить значение часов и минут, а также разделить это значение на разряды для вывода определенного разряда на определенный индикатор. Для этого нужно использовать деление числа нацело и деление с остатком, полученное число переводим в двоичную систему исчисления и подаем соответствующий сигнал на дешифратор.

В свою очередь дешифратор пропускает сигнал через соответствующий выход на нужный нам катод.

В дополнение к внешнему дизайну под лампами установлены светодиоды WS2812b, которые управляются с того же микроконтроллера, что и часы. Установка таких светодиодов дает возможность подобрать освещение часов по желанию пользователя. Хороший эффект достигается при темно-синем свете светодиодов. Для управления WS2812b также требуется специальная библиотека AdafruitNeoPixel.

Часы на газоразрядных индикаторах ИН-14 на первый взгляд простые и старомодные, однако управляются современной электроникой и обладают высокой точностью отсчета времени. Винтажный стиль в сочетании с подсветкой придает старой технике новый вид. Часы органично смотрятся на фоне новых технологий и могут стать элементом декора или частью интерьера современного дома.

Список литературы

1. Сайт ПАЯЛЬНИК. Все для радиолюбителя – схемы, форум, программы, сервисы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://cxem.net/mc/mc187.php>. Дата обращения 19.10.16
2. IARDUINO все для радиолюбителей [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://lesson.iarduino.ru/page/podklyucheni-e-rtc-chasy-realnogo-vremeni-ds1302-ds1307-ds3231-k-arduino>. Дата обращения 19.10.16
3. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. Дата обращения 19.10.16
4. Adafruit [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.adafruit.com>. Дата обращения 19.10.16

НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИЙ И ГРАНИЦ ДЛЯ РАЗНООБРАЗНЫХ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Борзяк Н.О., Беляев А.С.

Научный руководитель: Александрова Т.В.

Томский политехнический университет
nob2@tpu.ru

Каждый человек хочет упростить свою жизнь и жизнь окружающих. Именно поэтому технологии не стоят на месте, и каждый день совершаются новые открытия. Какие же технологии необходимы людям сегодня? Безусловно, первоочередным приоритетом обладают задачи по облегчению труда, расширению возможностей людей и созданию вспомогательных устройств. Автоматизация процессов набирает обороты и создание искусственного интеллекта уже не за горами. По аналогии с человеком, который воспринимает 80% информации с помощью зрения, компьютер тоже должен быть обучен получать изображения и видео, видеть и воспринимать образы. Область технологии создания машин, которая занимается задачами обнаружения, отслеживания и классификации объектов, называется компьютерным зрением.

Одной из задач из области компьютерного зрения является нахождение линий. Линия – один из самых простых объектов, но работа именно с линией позволяет автоматизировать большое количество процессов. Среди таких процессов:

- обнаружение дороги и создание беспилотных автомобилей (рисунок 1);
- обнаружение взлетно-посадочной площадки или полосы и создание беспилотных летательных аппаратов (рисунок 2);
- сельскохозяйственные работы – уборка злаковых культур;
- распознавание нарушений правил дорожного движения (рисунок 3);
- промышленные процессы, такие как: распознавание конвейера, поиск краев объектов, обнаружение царапин и других дефектов;
- а также множество других процессов в различных сферах: автоматизация складов, системы безопасности, военная техника, медицина, технологии дополненной реальности, промышленность и др.

Таким образом, нахождение линий на изображении или в видео потоке – это основополагающий инструмент для автоматизации множества процессов. Но решению даже такой несложной задачи, как обнаружение и отслеживание линий, могут помешать различные внешние факторы, а именно: цифровой шум изображения, световые блики, недостаточное освещение, тени, недостаточная видимость, погодные условия, неоднозначность границ рассматриваемого объекта (случаи, когда даже человек не может определить границу объекта),

поиск не только прямых линий, но и кривых и ломаных линий, а также многое другое.



Рис. 1. Обнаружение дороги



Рис. 2. Обнаружение посадочной площадки



Рис. 3. Распознавание нарушений ПДД

Самые простые средства для работы с линиями и границами уже встроены в открытую библиотеку компьютерного зрения OpenCV – это преобразование Хафа, детектор границ Кэнни, поиск контуров. Преобразование Хафа позволяет находить прямые линии в хороших условиях, что не всегда соответствует требованиям реальных задач. Оператор Кэнни основан на поиске максимумов первой производной (градиента) изображения. Детектор границ Кэнни на сегодняшний день является одним из лучших детекторов, но даже он не предоставляет достаточно хороших результатов, особенно в изменяющихся условиях. В любом случае для эффективного распознавания и отслеживания линий и границ объектов необходимо вводить в

алгоритм некоторые дополнительные «интеллектуальные» составляющие, которые позволят эффективно убирать шумы, отслеживать положение линии или границы и решать остальные поставленные задачи.

Очевидно, вызывают интерес именно дополнительные «интеллектуальные составляющие». Их применение можно рассмотреть на примере простой программы по нахождению черной линии на светлом фоне для автоматического движения мобильного робота.

Изображение, полученное с камеры, нужно обработать фильтрами для того, чтобы нейтрализовать большую часть шумов. Следующая комбинация фильтров, полученная в ходе экспериментов, позволяет достаточно эффективно решать рассматриваемую задачу:

1. Преобразование цветной картинке в черно-белую.

2. Фильтр размытия по Гауссу.

3. Фильтр для увеличения четкости.

4. Отделение черного от белого.

Преобразование в черно-белую картинку упрощает дальнейшую обработку изображения, так как это позволит работать с одним каналом изображения вместо трех.

Фильтр размытия нейтрализует большую часть шумов, а фильтр для увеличения четкости позволяет вновь восстановить резкость границ на изображении. Оба фильтра основаны на операции свёртки, суть которой заключается в вычислении нового значения пикселя с учетом значения окружающих пикселей. Другими словами, новым значением пикселя является сумма значений исходного и окружающих пикселей, умноженных на определенные коэффициенты.

Разделение изображения на темные и светлые составляющие выделяет черную полосу на светлом фоне. Пример использования описанных фильтров представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Использование фильтров

После фильтрации выбирается строка пикселей на определенной высоте в центре изображения, и находятся места, в которых значения пикселей резко меняются с 0 до 255 и наоборот. Это и есть границы линии. Получив координаты этих границ, можно получить и первую точку линии. Причем, если возникают какие-то несоответствия (например, если найдена только одна граница), то рассматривается строка пикселей на другой высоте. При смене кадра поиск первой точки осуществляется около предыдущего положения и в

меньшем радиусе. Если таким образом точка не найдена, или найдена на значительном удалении от предыдущего местоположения, то положение точки не меняется, так как эта ситуация скорее всего ошибочна (например, из-за влияния световых бликов).

Следующие точки находятся по тому же принципу, но поиск границ линии осуществляется уже по дуге окружности с центром в предыдущей точке. И если появляются какие-нибудь несоответствия (например, точки не найдены), то либо увеличивается радиус поиска, либо ситуация считается ошибочной и сохраняется предыдущее местоположение точки.

На рисунке 5 приведен пример нахождения точек. Этим трех точек вполне достаточно, чтобы описать положение всей линии в пространстве.



Рис. 5. Пример нахождения линии

Таким образом, не задействуется много ресурсов для нахождения всей линии, но находится достаточное для управления количество точек. Также уже найденные точки не теряются, так как алгоритм следует за ними, фильтруя ошибки из-за помех.

Результат работы данного алгоритма в виде траектории в сравнении с обычным способом нахождения линии представлен на рисунке 6. Пунктирной линией обозначена траектория движения мобильного робота по данному алгоритму, а сплошной линией – траектория движения по более простому алгоритму. Необходимо заметить, что пунктирная линия наиболее соответствует реальной рассматриваемой траектории.



Рис. 6. Сравнение траекторий

Использованные источники

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений – М.: Техносфера, 2005. – 1072с.

СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Григорьев Е.А., Саюн В.М.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
egor1993grigoriev@gmail.com

Введение

Светодиодное освещение, которое в настоящее время очень популярно, требует применения специализированных драйверов. Главная задача светодиода драйвера – обеспечить на выходе постоянный стабильный ток, независимо от изменения питающего напряжения и количества светодиодов в цепочке.

Важность источника питания в системе светодиодного освещения подтверждается данными консорциума надёжности светодиодных систем департамента энергетики США [1]. Представлено, что основная причина сбоев в работе светодиодных светильников заключается в выходе из строя источника питания. Именно источник питания определяет надёжность осветительного прибора и влияет на эффективность работы всей системы освещения.

В работе описывается источник питания со стабилизацией по току на основе микросхемы HV9910, которая нашла широкое применение в драйверах для светодиодов благодаря простоте схемного решения и низкой стоимости.

Описание параметров микросхемы

За основу управляемого драйвера был взят ЧИП HV9910(фирма MicrochipTechnologyInc, США) – высокоэффективный недорогой ШИМ-стабилизатор тока светодиодов [1]. Отличительная особенность – возможность работы как в низковольтных приложениях, например в блоках управления автомобильными светодиодными фарами с питанием от 12 В, так и в приложениях декоративного освещения улиц и помещений, получающих напряжение от электрических сетей 220В. HV9910 – универсальный стабилизатор тока сверхярких светодиодов с напряжением питания от 8В до 450В и выходным током более 1А обеспечивает максимальную гибкость и великолепные параметры конструкции.

Основные свойства:

- более 90% эффективность;
- от 8В до 450В – диапазон напряжения питания;
- обеспечивает стабилизированный ток через светодиоды;
- обеспечивает стабилизированный ток через светодиоды от нескольких миллиампер до более чем 1А;
- возможность управления как одним светодиодом, так и цепочкой из сотен светодиодов, соединённых последовательно или параллельно-последовательно;

– ШИМ регулятор выходного тока через специальный вывод.

В основе конструкции микросхемы заложены технологии от производителя, обеспечивающие прочную изоляцию полупроводниковых структур при входных напряжениях до 450В. Постоянство яркости цепочки светодиодов осуществляется за счёт стабилизации выходного тока, при этом значения этого тока легко программируются от нуля до максимума, как с помощью навесного резистора, так и с помощью внешних низкочастотных ШИМ импульсов в диапазоне до нескольких килогерц. Выходная мощность нагрузки управляется внешним MOSFET транзистором на фиксированной частоте до 300 КГц. Использование HV9910 обеспечивает гибкость управления светодиодами и увеличивает срок их службы. Диапазон рабочих температур от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Микросхема HV9910 позволяет очень просто реализовать стабильный источник тока для питания светодиодов. Схема включения может быть разной, она может быть классической понижающей (buck), повышающей (boost) либо инвертирующей (buck-boost). Стандартная схема включения микросхемы HV9910 приведена на рисунке 1. Микросхема очень удобна наличием собственного встроенного регулятора напряжения, который позволяет питать ее без применения дополнительной обмотки (от дросселя или трансформатора). Она имеет вывод для программирования частоты переключения и выводы для реализации функции димминга.

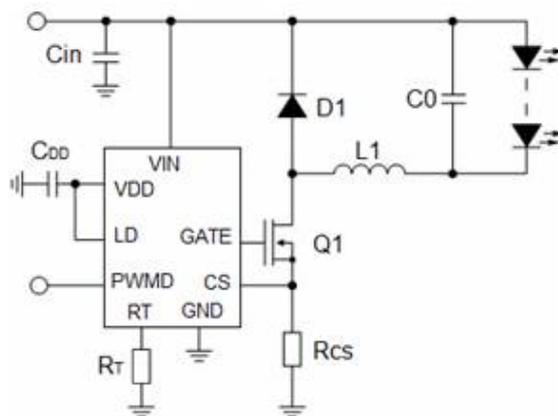


Рис. 1. Схема включения микросхемы HV9910

HV9910, главным образом, предназначена для низкобюджетных светильников, где не требуется высокая стабильность выходного тока, и

используется в приборах, где время жизни светильника не так важно. Однако большинство российских инженеров массово внедряют данную микросхему в светильники для ЖКХ, системы уличного освещения, светильники для транспорта. Рассмотрим работу микросхемы, чтобы понять основные причины, препятствующие использованию данной микросхемы в ответственных применениях.

Микросхема стабилизирует ток на светодиодах по пиковому значению. Значение тока снимается непосредственно с резистора датчика тока R_{CS} , ток поступает на компаратор (вывод микросхемы CS) и сравнивается с опорным сигналом 250мВ. Если напряжение на R_{CS} превышает 250мВ, происходит выключение ключа Q_1 .

Разработка источника питания

Создание началось с разработки печатной платы для монтажа электронной схемы управляемого драйвера. Печатная плата разрабатывалась и вычерчивалась с помощью программы «Corel druw» (рисунок 2) с последующим экспортом в файл PLT для работы с программным обеспечением «NCStudio» которое, в свою очередь, связано непосредственно с фрезерным станком, изготавливающим печатные платы.

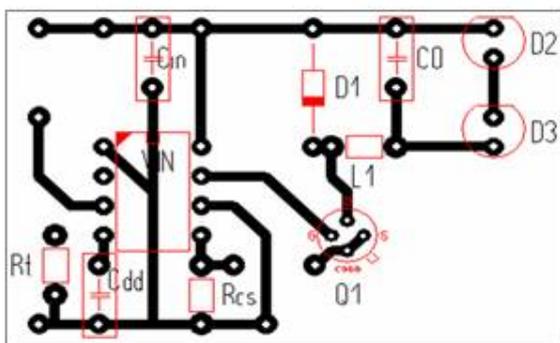


Рис. 2. Внешний вид печатной платы

Монтаж радиодеталей осуществлялся в два этапа. На первом этапе производилась пайка микросхемы SMD (англ. Surface mounted device) монтажом в паяльной печи с инфракрасным разогревом. Печь программируется на определенный температурно-временной график, который выдается фирмой-производителем радиодетали, и с помощью паяльной пасты специального химического состава радиодеталь закрепляется на свое посадочное место. На втором этапе производится монтаж радиодеталей вручную при помощи паяльной станции с регулируемой температурой нагрева жала паяльника.

После сборки электронного прибора производится настройка его параметров при помощи осциллографа. Основным параметром настройки является стабилизация тока в 350 мА

для стабильной и безаварийной работы сверхярких осветительных светодиодов. Далее собранный управляемый драйвер проходит стендовые испытания в течение 7 дней на возможные срывы в его работе (рисунок 3).



Рисунок 3 – Собранный печатная плата управляемого драйвера

После этого драйвер помещается в законченное изделие в виде светодиодной лампы с цокольным патроном и 9-ю светодиодами со световым потоком 1080 люмен и потребляемой мощностью в 12 ватт монтируется в корпус и может использоваться вместо лампы накаливания мощностью 100 ватт.

Заключение

При использовании готовых источников питания невозможно использовать нестандартные режимы включения светодиодов, различные конфигурации конструкций осветительных приборов. Кроме этого об оптимизации работы таких устройств в системах освещения речи не идет. Поэтому для оптимизации питания светодиодных приборов освещения, а также для обеспечения управления работой светодиодами приходится создавать собственные конструкции источников питания с подключением к внешнему контроллеру управления системой освещения. В связи с этим нами были проанализированы не готовые модули источников питания, а интегральные микросхемы ведущих фирм производителей.

Список использованных источников

1. Microchip Technology Inc. HV9910B Universal High-Brightness LED Driver. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005344A.pdf>
2. Отчет компании «LSRC» LED Luminaire Lifetime: Recommendations for Testing and Reporting [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://energy.gov/sites/prod/files/2015/01/f19/led_luminaire_lifetime_guide_sept2014.pdf.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМОЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ»

Балабенко С.В., Беляев А.С.
Научный руководитель, Тутов И.А.
Томский политехнический университет
svb25@tpu.ru

Для обучения специалистам робототехнике в мире создано множество различных платформ. Для обучения азам робототехники компания Lego разработал конструктор Mindstorms, позволяющий обучать разные возрастные категории. Разработано огромное количество конструкторов, основанных на платах Arduino и аналогах. Однако для развития глубоких компетенций в области таких платформ остается совсем немного. Для развития таких компетенций разрабатываются роботы, позволяющие выполнять более широкий спектр задач. Данные роботы должны иметь определенные масса-габаритные составляющие и контроллеры, позволяющие разработку интеллектуальных систем управления. Однако большинство из них узко специализированы и разрабатываются в рамках грантовых и проектных разработок.

Поэтому целью данной работы является разработка робота и программного обеспечения для управления контроллерами нижнего уровня. Проблема отсутствия российских роботов, обеспечивающих данный функционал, подчеркивает актуальность данной разработки.

Для большинства задач робототехники используются мобильные роботы, способные выполнять наибольшее количество промышленных задач. Среди них наибольшее распространение получают колесные роботы. Такого типа робототехнические комплексы разработаны многими передовыми фирмами, например, Ubot от Kuka [1], Robotino от Festo [2].

Для мобильных роботов самой распространенной стоит задача навигации, включающая в себя определение местоположения, определение пути, определение препятствий, движение по траектории, построение карты местности и т.д. Поэтому для решения данной задачи было решено разработать иерархию программного робота для решения как минимум поставленной задачи. То есть мобильная робототехническая платформа должна передвигаться, использование двигателей, и датчики определения показаний с них. Наиболее характерные датчиками, устанавливаемыми на двигатель, являются энкодеры и датчики тока и напряжения. Управление колесами и считывание показателей с датчиков тока и напряжения будет выполняться контролем управления двигателями, для возможности реализации стабилизации скорости и токов, необходимой для любого мобильного робота в одном контроллере. А

показания с энкодеров будут, обрабатывается двумя другими контроллерами, для создания мехатронного модуля 2 поколения и возможности объединения всех контроллеров на одну шину данных для упрощения процесса передачи данных на контроллер верхнего уровня, который работает так же с прочей периферией. В итоге была разработана структурная схема робота (рис. 1).

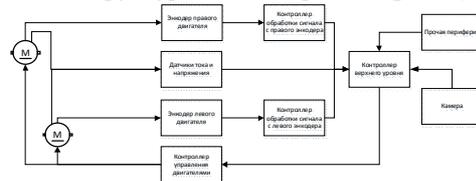


Рис.1. Структурная схема мобильного робота

Управление роботом делится на два уровня (верхний и нижний). К нижнему уровню управления относятся контроллеры управления двигателями и датчиков. Данная схема упрощает работу оператора, так как ему не предстоит придумывать алгоритм связи с элементами управления мобильной платформы, все эти связи оформляются в виде библиотек и хранятся в контроллере верхнего управления. Датчики тока служат для решения задачи оптимального управления. Связь верхнего и нижнего уровня управления осуществляется по стандартному протоколу RS 485.

Ознакомившись с принципом работы энкодера, была разработана плата, указанная на рисунке №2. Она будет обрабатывать значения импульсов в нужный для нас пакет данных.

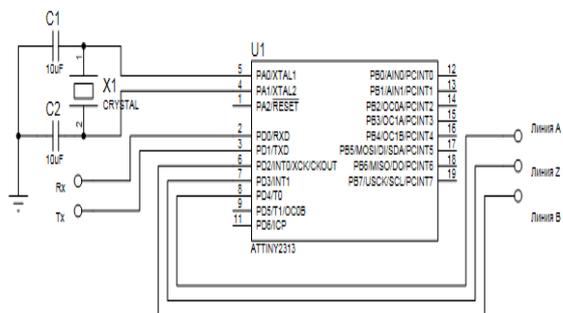


Рис.2. Принципиальная схема обработки значения энкодера

Контроллер производит подсчет значения количества оборотов колеса и подсчет угла. При получении с контроллера верхнего уровня команды контроллер отправляет по протоколу UART данные с энкодера. Алгоритм работы контроллера указан на рисунке 4.

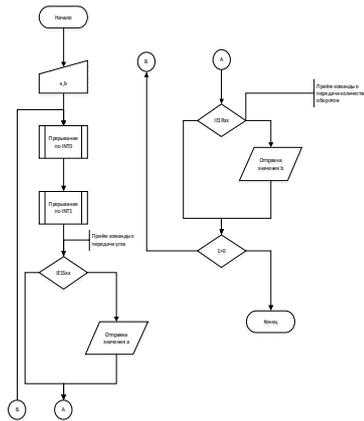


Рис.3. Блок-схема контроллера обработки данных с энкодера

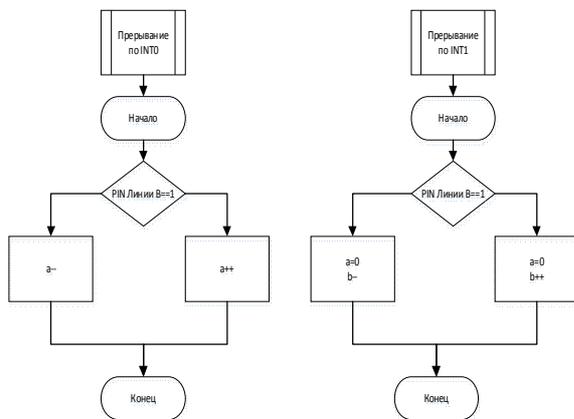


Рис.4. Блок-схема контроллера обработки данных с энкодера (продолжение)

Разработка команд управления

Существует большое количество проблем при передаче данных. Пакеты могут искажаться или приходить не полностью. Чтобы избавиться от данной проблемы были разработаны наборы команд для связи верхнего и нижнего уровня.

Команды имеют одинаковые первые и два последних символа, это нужно для проверки правильности приёма и передачи пакета данных.

Таблица 1. Список команд для управления двигателями

Действие	Команда
Движение прямо	IDOSYYxx
Изменить скорость правого двигателя	IDRSYYxx
Изменить скорость левого двигателя	IDLSYYxx
Остановиться	IDOS00xx

Таблица 2. Список команд для определения скорости и количества оборотов двигателей

Действие контроллера верхнего уровня	Команда	Действие контроллера нижнего уровня
Узнать количество оборотов с правого колеса	IE1Rxx	Отправка значения количества оборотов правого колеса
Узнать количество оборотов левого колеса	IE2Rxx	Отправка значения количества оборотов левого колеса
Узнать скорость вращения правого колеса	IE1Sxx	Отправка значения скорости правого колеса
Узнать скорость вращения левого колеса	IE2Sxx	Отправка значения скорости левого колеса

Заключение

На данный момент собрана механическая часть мобильной платформы, реализован нижний уровень. Так же ведётся работа по нахождению оптимального контроллера верхнего уровня. В дальнейшем будет производиться разработка программного обеспечения для интеграции верхнего и нижнего уровня управления роботом и превращения этих алгоритмов в библиотеки, для возможности использования их в процессе обучения.

Литература

1. Kuka youBot [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.youbot-store.com> (дата обращения: 10.10.16).
2. Festo. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.festo-didactic.com/ru-ru/4441/robotino> (дата обращения: 10.10.16).
3. Большаков А. А., Лисицкий Д. Л. Управление движением мобильного робота // Вестник АГТУ, №. 1

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТА-ГЕКСАПОДА

Мяхор Д.А.

Томский политехнический университет,
MyDiAl2009@gmail.com

Введение

Спасать жизни людей - сложное и ответственное, но чрезвычайно опасное призвание. Каждый день представители данной профессии рискуют получить травмы или даже умереть вследствие несчастного случая. Среди всех катастроф достаточно большой процент приходится на обвалы в шахтах и разрушение зданий. Первостепенная задача спасателя – объективная оценка обстановки, в которой проводится поисково-спасательная операция, так как от того, насколько будет качественно проведена подготовка, зависит безопасность, прежде всего, самих спасателей. В случаях, когда участие человека в проведении разведки недопустимо, оправдано использование дрона, который передаёт информацию об окружающей обстановке оператору, получающему удалённо сведения с камер и других датчиков. Таким образом, открывается возможность удалённого планирования операций, что приведёт к снижению риска для жизни спасателей. Однако, существует несколько нерешённых сложных задач, которые препятствуют эффективной работе подобных робототехнических систем: проблема создания робота, способного обладать достаточной проходимостью по сильно пересечённой местности и проблема получения необходимого количества информации для максимально подробной проработки плана спасательной операции. Именно решению этих задач посвящена данная научно-исследовательская работа.

Выбор платформы для создания дрона

Как было сказано ранее, одной из острых проблем, на пути к созданию удалённо управляемого робота-разведчика, является сложность реализации устройства, обладающего достаточной проходимостью в условиях завалов.

В ходе исследования была рассмотрена возможность использования для дрона шести робототехнических платформ: антропоморфная (человекообразная), колёсная и гусеничная, гексапод (6 конечностей), паукообразная (8 конечностей), змеевидная, шарообразная.

Был проведён анализ платформ и выявлены их достоинства и недостатки [1]:

Колёсные и гусеничные

Достоинства:

- высокие скоростные показатели;
- лёгкое изменение траектории движения,
- плавность и равномерность движения,
- разворот на месте.

Недостатки:

- сложность преодоления препятствий с резким перепадом высоты (ямы);
- сложность преодоления препятствий выше уровня нижней трети колеса (уступ);
- движение только в двух направлениях, находящихся в плоскости колёс;
- сложность реализации перемещения в любом направлении с места без учёта разворота;
- сложность удержания горизонтальной ориентации корпуса на поверхности с различными уровнями высот.

Шагающие роботы (антропоморфная, гексапод, паукообразная платформы)

Преимущества:

- преодоление препятствий с резким перепадом высоты (яма);
- возможность преодоления препятствий высотой до уровня крепления конечности (уступ);
- разворот на месте;
- возможность реализации движения в любом направлении с места;
- возможность удержания горизонтальной ориентации корпуса на поверхности с различными уровнями высот.

Недостатки:

- небольшая скорость перемещения;
- возможна неравномерность движения;
- сложность реализации конструкции (преимущественно для двуногих роботов);

Змеевидный робот

Достоинства:

- компактные размеры;
- возможность проникать в труднодоступные места.

Недостатки:

- сложность создания конструкции и алгоритмов передвижения;
- невозможность переноса роботом полезного груза.

Шарообразная платформа не рассматривается в анализе, так как очевидна её невозможность использования для создания роботов, осуществляющих движение в пересечённой местности.

Кроме того, был создан опрос, в котором приняло участие 42 человека (рисунок 1). Согласно мнению респондентов безоговорочные лидеры: паукообразная платформа и гексапод.

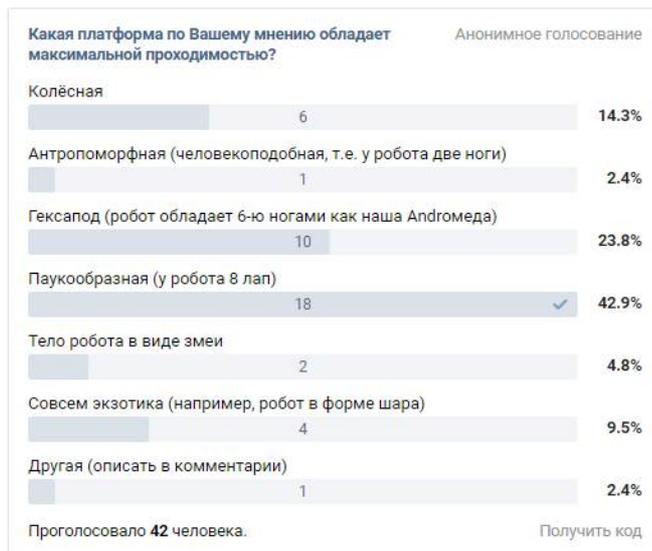


Рисунок 1. Распределение голосов респондентов

Учитывая все достоинства и недостатки платформ, а также результаты опроса, была выбрана шагающая платформа гексапод, обладающая оптимальным соотношением между сложностью реализации конструкции и устойчивостью.

Конструкция и электронные компоненты

Основу двигательной системы разрабатываемого гексапода составляет 18 мощных сервоприводов MG995, работающих в диапазоне напряжений 4.8 – 7.2 В и обладающих крутящими моментами, соответственно, 8.5 кг · см - 10 кг · см. За управление роботом отвечает плата Arduino Mega. Робот работает автономно от Li-Po аккумулятора NVISION ёмкостью 2500 мАч. Контроль переразряда осуществляет бортовой сигнализатор низкого напряжения. Система управления и силовая часть подключены соответственно на прямую и через понижающий импульсный преобразователь напряжения НОВBYWING 8А. Прототип конструкции собственной разработки сделан из фанеры толщиной 3 мм (рисунок 2). Планируется переход на алюминий либо карбон.

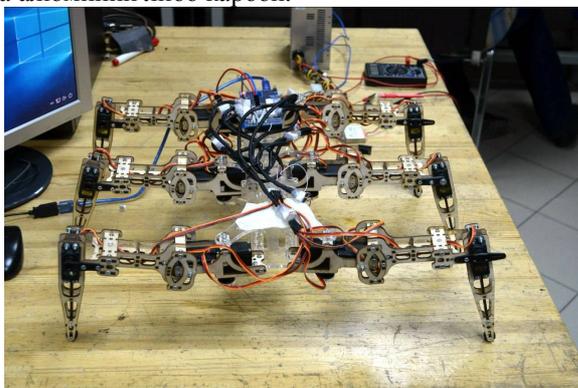


Рисунок 2. Конструкция робота на текущий момент

Разработка системы движения по пересечённой местности

Одна из основных задач проекта – создание программно-аппаратного комплекса, обладающего достаточной проходимостью на сильно пересечённой местности. В данном направлении ведутся работы по созданию алгоритма, который в зависимости от показаний датчиков касаний, расположенных на конечностях робота, а также ультразвукового дальномера и стереокамеры корректирует модель ходьбы робота согласно перепадам высот пересечённой местности. Алгоритм выполняется на одноплатном компьютере NVIDIA Jetson TK1, работающем под управлением операционной системы Linux Ubuntu (рисунок 3). В качестве стереокамеры используется игровой контроллер Microsoft Kinect. На данный момент реализованы функции определения лиц людей, классификации предметов по геометрической форме и цвету, а также построения карты двухмерной глубины попадающего в поле зрения объектива стереокамеры.

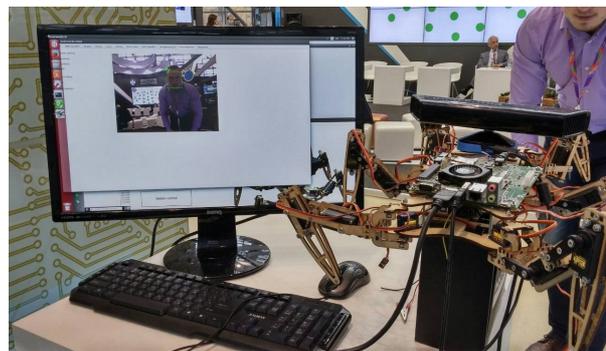


Рисунок 3. Демонстрация возможностей системы распознавания объектов

Заключение

Использование разрабатываемого робота в спасательных операциях позволит существенно снизить риск для жизни и здоровья спасателей.

Литература

1. Луцкий В. Исследование адаптивных алгоритмов передвижения шестиногого шагающего робота // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2013. – № 5. – С. 52–55.

MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS USING WIRELESS SENSOR NETWORK TECHNOLOGY BASED ON NI MYRIO PLATFORM

Evgenia S. Bauer, Lyudmila V. Galsanova
Scientific adviser – Lyudmila I. Khudonogova
National Research Tomsk Polytechnic University
obidos@yandex.ru

Introduction

Today wireless data collection and monitoring systems have become a reality due to wireless sensor network (WSN) technology. WSN consists of a big amount of distributed in space devices called nodes, which contain a set of sensors, microcontroller, and a radio transceiver for communication over distances up to 100 m.

WSN is applied in a wide range of fields. Measurement of temperature, pressure, humidity and luminance level can be carried out by WSN both inside and outside a building. Thus, WSN is frequently used for conditions control in industrial premises. Moreover, WSN allows to collect measurement data from areas which are difficult or impossible to access due to harsh environment.

The purpose of this work is to develop a WSN application, obtaining and transmitting measured data from sensors by means of software for data collection.

1 Hardware

In this work, a role of WSN node was performed by an embedded hardware device National Instruments (NI) MyRIO. NI MyRIO is a reconfigurable and reusable tool for creating engineering applications for industrial control, robotics, and mechatronics. It features a dual-core programmable processor and a customizable Xilinx field programmable gate array (FPGA). The FPGA capabilities along with onboard memory and built-in Wi-Fi allow to deploy applications remotely and run them without a remote computer connection [1].

Environmental parameters measurement was carried out by 10 degrees of freedom inertial measurement unit (IMU) sensor. IMU-sensor contains accelerometer, gyroscope, compass, and barometer microcircuits. In this work, the barometer microcircuit LPS331AP was used. It determines atmospheric pressure and temperature [2].

The LPS331AP is an ultra-compact absolute piezoresistive pressure sensor. It includes a monolithic sensing element and an IC interface able to take the information from the sensing element and to provide a digital signal to the external world. The sensing element consists of a suspended membrane realized inside a single mono-silicon substrate [3]. Basic mechanical characteristics of the barometer microcircuit are reduced in Table 1.

Figure 1 shows WSN installation connection scheme. Obtained data from IMU-sensor are transferred to MyRIO via Inter-Integrated Circuit (I²C) bus and then from MyRIO to central node via Wi-Fi.

I²C is data serial bus for communication integrated circuits, which is commonly used to connect low-speed peripheral components with a motherboard, embedded systems and mobile phones.

Table 1 – Mechanical characteristics of the barometer microcircuit

Parameter	Value
Operating temperature range, °C	from -40 to 85
Full accuracy temperature range, °C	from 0 to 80
Absolute accuracy temperature, °C	±2
Operating pressure range, mbar	from 260 to 1260
Relative accuracy over pressure, mbar	±0,1
Absolute accuracy pressure over temperature, mbar	±2
Pressure output data, bits	24
Temperature output data, bits	16

The data are transmitted via two communication lines – Serial data line (SDA) and Serial clock line (SCL). There are a master and a slave: master generates the clock pulse and slave receives the clock and responds when addressed by the master. A two-wire bus can have up to 127 devices what is significant for WSN application.

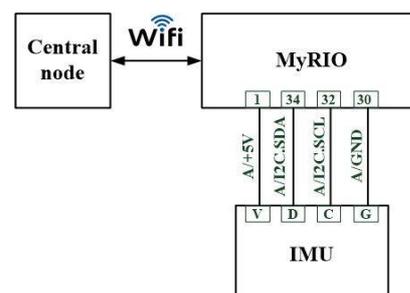


Figure 1 – WSN installation connection scheme

2 Register configuration

In order to read the data from sensor it is necessary to configure registers.

Register is a device used to store n -bit binary data, and performing transformation on them. The microcircuit comprises a set of registers which are used to control its operation and to obtain pressure and temperature data. Register Address is used to identify them and to read or write data via the serial interface.

For obtaining temperature and pressure data, one input and five output registers were used. Input Register CTRL_REG1 (control register) is composed of 8 bits, located at address 20h: as it is shown in Table 2.

Table 2 – Input register configuration

7	6	5	4	3	2	1	0
PD	ODR2	ODR1	ODR0	DIFF_EN	DBDU	DELTA_EN	SIM
0	1	0	1	0	0	0	0

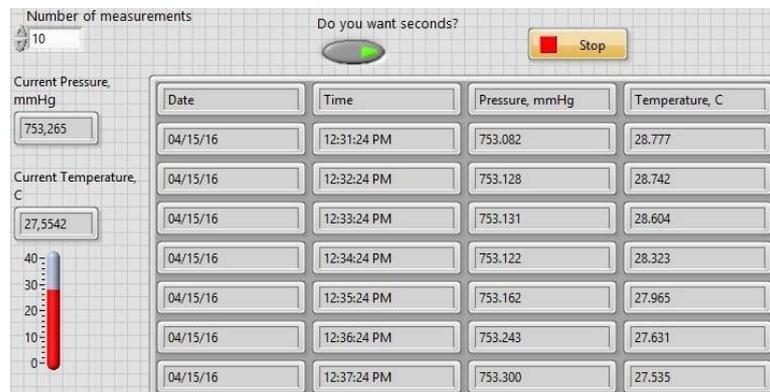


Figure 2 – Front panel

PD bit allows to turn on the device. The device is in power-down mode when $PD = '0'$. The device is active when PD is set to $'1'$. **ODR2 - ODR1 - ODR0** bits allow to change the output data rates of pressure and temperature samples. The value is $'101'$ which corresponds to output data rates 7 Hz for both pressure and temperature output. **DIFF_EN** bit is used to enable the circuitry for computing of differential pressure output. If $DIF_EN='0'$, the circuitry is turned off. **BDU** bit is used to inhibit the output registers update between the reading of upper and lower register parts. If $BDU = '0'$, the lower and upper register parts are updated continuously. **SIM** bit selects the SPI serial interface mode. When SIM is $'0'$ the 4-wire interface mode is selected [3].

Output registers are located at addresses from 28h to 2Ch. Registers of output pressure data are $PRESS_OUT_XL (P_{XL})$, $PRESS_OUT_L (P_L)$, and $PRESS_OUT_H (P_H)$. To convert the obtained pressure values into appropriate units (mbar) it is necessary to use the formula (1).

$$P_{out}(mbar) = \frac{(P_H \cap P_L \cap P_{XL})_{dec}}{4096} \quad (1)$$

Next, let us consider the temperature data: $TEMP_OUT_L (T_L)$, $TEMP_OUT_H (T_H)$. Formula (2) is used to convert the temperature data into Celsius degrees.

$$T(^{\circ}C) = 42.5 + \frac{(T_H \cap T_L)_{dec}}{480} \quad (2)$$

3 Software

In this work, a program for collecting data from IMU-sensor using NI MyRIO was developed in graphical programming environment LabVIEW. The data are transmitted using the standard IEEE 802.11 (Wi-Fi) for wireless communication. The 802.11 standard defines two types of equipment: a client, which is typically a computer, and an access point that serves as a bridge between wireless and wired networks.

Figure 2 shows front panel of program. User should specify only the number of measurements. Information about current pressure and temperature are shown on numeric indicators. The data are automatically measured once per minute and summarized in a table along with time and date.

Program operates by the following algorithm: firstly, the reference to I²C channel is opened; secondly, the transfer rate of I²C channel is configured; then, the data are written to I²C slave device and specified number of bytes is read until all the data are read off. Finally, the FPGA target is reset.

Conclusion

In order to control environmental parameters and obtain relevant information about pressure and temperature, the program for collecting and transmitting data using NI MyRIO instrument and 10 degrees of freedom IMU-sensor was developed. The program allows to remotely measure pressure and temperature values and send measurement data to user computer via Wi-Fi. Due to WSN technology application, proposed measurement application gives an opportunity to cover large areas and monitor the parameters in regions which are difficult to access.

References

1. NI myRIO [e-resource]: URL: <http://www.ni.com/myrio/> (дата обращения: 15.05.2016).
2. IMU-сенсор на 10 степеней свободы. [e-resource]: URL: <http://amperka.ru/product/troyka-imu-10-dof> (дата обращения: 15.05.2016).
3. LPS331AP. [e-resource]: URL: https://www.pololu.com/file/download/LPS331AP.pdf?file_id=0J622 (дата обращения: 21.05.2016).

INFORMATION SIMILARS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Kremlyov I.A., Leonov S.V.
National Research Tomsk Polytechnic University
ivankremlyov@mail.ru

Annotation

This article describes the steps of the electromechanical actuator simulation of spacecraft antennas. Nowadays, there is almost no information in the scientific literature on the description of the stages of modeling. It confirms the need demand for the emergence of new research in this area. Considerable attention is paid to the synthesis of the optimal ratio of dimensions and parameters for a given output characteristics of electromechanical systems. In addition, this article attention is paid to the history of the development of high-precision systems. Materials of the article will be interesting to specialists in the area of electrical engineering, computer and information technology. [1] In conclusion, the article summarizes some of the results of the study of electromechanical drive of spacecraft antennas. The findings expand the knowledge of the possible potential of computer software systems modeling the objects.

Main body

Modern development of precision systems and devices have begun in the 1970's along with creation of the "Luch" spacecraft on which simultaneous and independent guidance of four antennas, two of which were large-size, was required. Here the principles of digital control have been realized. For calculation and analysing precision systems we use modern technologies. [2]

Special program complexes for calculation of parameters of electromagnetic fields become more and more popular. One of the most powerful tools for solutions of this task is the Maxwell program by the ANSYS company. ANSYS Maxwell is the leading software for modeling of two-dimensional and three-dimensional electromagnetic fields used for a research and designing of two-dimensional and three-dimensional models, sensors, transformers, engines and other electromechanical and electric devices of various application. It is based on a finite-element method and precisely calculates harmonious, and also static electric and electromagnetic fields and transition processes in field tasks.

The main task of work is the electromagnetic analysis of the engine which can be successfully executed with use of opportunities of addition of RMXprt. It allows to accelerate process of optimization of model and gives opportunity of more exact description various features of geometry.

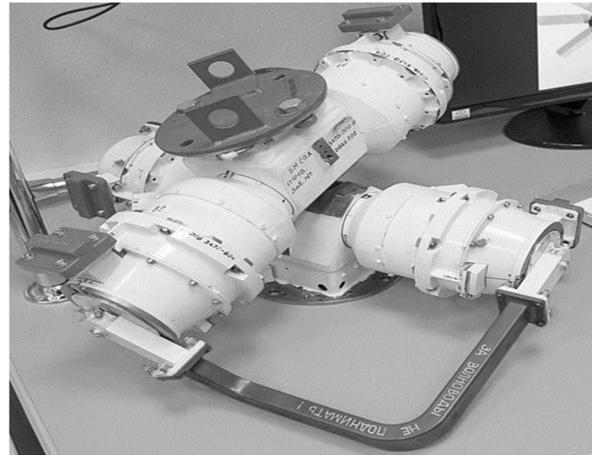


Fig.1 Model of the synchronous motor

Often research of magnetic fields of various devices is complicated by a task of the exact description of geometrical properties of magnetic system. For the description of geometry of magnetic system there is a possibility of use of CAD - applications, the model can be executed in any computer-aided engineering Then for calculation of parameters of the engine properties were appointed. By a practical way it is established that incorrect matching of materials considerably distorts a picture of the electromagnetic field. After the analysis of influence of geometrical characteristics of the electric motor on its external static characteristics, options of the most effective fulfillment of a tooth zone from a line item of decrease in pulsations of the electromagnetic moment were determined. [3]

Important task is synthesis of optimum ratios of the sizes and parameters according to the set output characteristics of electromechanical systems. On the one hand - it is dictated by high cost and deficiency of the used materials that stimulates accomplishment of electromechanical converters of energy with the minimum costs of these materials on condition of achievement enough high specific and energy rates. On the other hand – essentially new designs which are subject to a detailed research are continuously developed. For example, when designing magnetic systems with concentration of a magnetic flux the habitual scheme of engineering designing is violated, as a rule. [4]

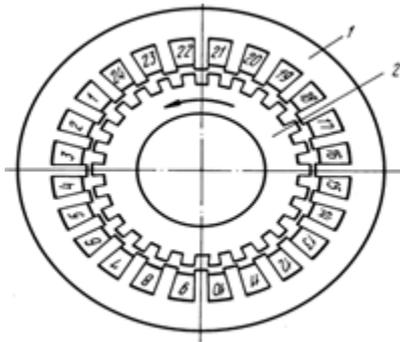


Fig.2 Model of motor

The project of electromechanical system with permanent magnets single-digit and completely is defined by set of a large number of data: constructive sizes and winding data; the active, isolation and constructional characteristics of materials; and also tension, currents, rotating speed, etc.

The review of application of retrieval methods for optimization shows that most of them is anyway already approved. However comparative estimates are complicated because of their use in development of different types of electromechanical transformers for different functions of the purpose and restrictions. And still it is possible to mark that if the optimality criterion is set not in an explicit form. [5]

Conclusion

For the majority of applications of permanent magnets as a part of electromechanical devices, from the point of view of an energy efficiency the question of their placement and fixture in mobile and motionless elements of magnetic system is actual. At the same time, we try to obtain the maximum values of energy characteristics minimization of magnetic resistance. It is known that the best magnetic flux in an air gap can provide radially located prismatic permanent magnet.

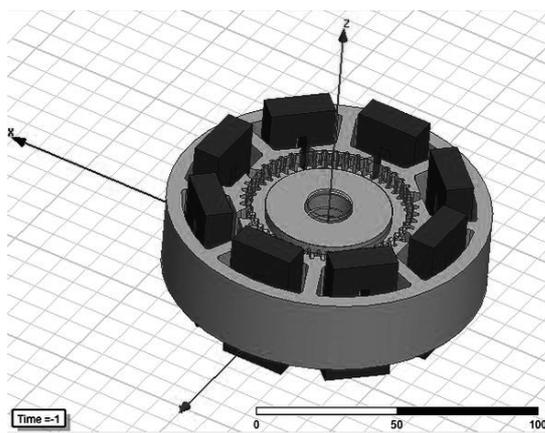


Fig.3 Simulation of the motor in Ansys Maxwell

However, fixture of a permanent magnet of this form isn't reliable, without use of the feedwell, a framework or bolt connections. Comparison of flows of dispersion of several prismatic magnets with different execution of a side surface for the purposes of

the most reliable fixture was executed. If to accept the main magnetic flux of a magnet for 100%, then flow size in other cases will be 98, 96 and 95% respectively provided that width of a magnet is much more than its thickness. It is offered to keep the size of a magnetic flux with ensuring reliable fixture of a magnet by use of a groove in a side surface.

References

1. Informal website of the ANSOFT Maxwell program [an electronic resource]. Access mode: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/>
2. Kurbatov E. M. Current state of precision electromechanical systems and devices of development and production of JSC ISS. //A forum of school students, students, graduate students and young scientists with the international participation "Space instrument making". – Tomsk, 2013. – T. 1. – Page 40-41.
3. Kremlyov I. A., Gilev V. A., Zelenin M. V. Modeling of the synchronous motor with an electromagnetic reduction of speed in Ansys Maxwell. //III Youth international forum "Intellectual Power Supply Systems". – Tomsk, 2015. – T. 2. – Page 211-214.
4. Leonov S. V., Zhiganov A. N., Kerbel B. M., Fyodorov F., Makaseev Yu. N., Kremlyov I. A. Analysis of influence of geometry of permanent magnets on an energy efficiency of electromechanical systems//News of higher educational institutions. Physics. 2016. T. 59. No. 2. Page 126-130.
5. Leonov S. V. Questions of modeling of magnetic field of electromechanical systems with permanent magnets.

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Молодёжь и современные информационные технологии

Сборник трудов
XIV Международной научно-практической конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных

Том I

Издательство Томского политехнического университета, 2017

На русском и английском языках



Tomsk Polytechnic University
Quality management system
of Tomsk Polytechnic University was certified by
NATIONAL QUALITY ASSURANCE on BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ, 30, Lenina Ave, Tomsk, 634050, Russia
Tel/fax: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru