XIX МОЛОДЕЖНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ УЧАЩИХСЯ, СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

«НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ – 2017»

(TECHNOLOGY&SYSTEMS-2017)

Посвящается году Экологии в России

19 апреля 2017

МОСКВА
МГТУ им. Н. Э. Баумана
2017

УДК: 681.328

19-ая Молодежная международная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2017". - г. Москва, 19 апреля 2017 г., НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана. 387 с.

Тематика молодежной международной научно-технической конференции учащихся, студентов, аспирантов и молодых ученых НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ (TECHNOLOGY&SYSTEMS-2017) охватывает широкий круг фундаментальных и прикладных исследований: современные технологии цифрового производства, синхронные технологии сквозного проектирования электронных систем, фундаментальные вопросы наноинженерии, GRID - технологии, САПР, интернет/интранет технологии и телекоммуникации, системы управления базами данных, знаний, экспертные системы и искусственный интеллект и многие другие.

В научную программу конференции вошли более 50 секционных и стендовых докладов и программно-технических разработок.

Конференция входит в научную программу МГТУ им. Н. Э. Баумана «Студенческая научная весна» и приурочена к году Экологии в России.

Все доклады, включенные в сборник трудов конференции, воспроизведены в авторской редакции, всю ответственность за предоставленные материалы несут авторы докладов.

При цитировании публикации конференции следует указывать только фамилию, имя и отчество авторов докладов, указанные научные руководители авторами не являются и выполняют роль внутренней экспертизы, включенных в программу молодежной конференции работ молодых исследователей.

Материалы конференции имеют свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные или частичные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Редколлегия сборника:
В.А. Шахнов, член-корреспондент РАН, профессор, д.т.н., зав. кафедрой "Проектирование и технология производства ЭА" МГТУ им. Н. Э. Баумана, председатель оргкомитета конференции.
А.И. Власов, доцент, канд. техн. наук, зам. председателя оргкомитета.
В.А. Соловьев, доцент, руководитель экспертной комиссии.
В.Г. Перепелицын, Ученый секретарь.

® Оформление кафедра ИУ4
"Проектирование и технология производства ЭА"
МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017
® Авторы докладов

Подписано к печати 01 марта 2017 года

Заказ №03.02.117 Объем 94 п.л. Тираж 500 экз.

2017 год экологии в России

Молодежная международная
научно-техническая конференция
учащихся, студентов, аспирантов
и молодых ученых

Организаторы конференции:

- Московский Государственный технический Университет им. Н. Э. Баумана;
- Autodesk, Inc;
- Факультет "Информатика и системы управления" МГТУ им. Н. Э. Баумана;
- Кафедра "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры" (ИУ4) МГТУ им. Н. Э. Баумана;
- Кафедра "Системы автоматизированного проектирования" (РК6) МГТУ им. Н. Э. Баумана;·
- Фонд содействия развитию науки, инноваций и технологий;
- Московское областное региональное отделение Союза машиностроителей России;
- ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро»;
- НИИИН МНПО «СПЕКТР»;
- ООО "Алл Импекс 2001";
- ООО «Совтест АТЕ»;
- АО «ЮЕ-Интернейшнл»;
- Издательский дом «Электроника».

Информационная поддержка:
Журнал «Наука и образование» (http://technomag.edu.ru/)
Журнал «Электронные компоненты» (http://www.elcp.ru);
Журнал «Информационные технологии»;
Журнал «Датчики и системы».

Оргкомитет конференции

Шахнов В.А.	–	председатель, зав. каф. ИУ4 МГТУ им. Н. Э. Баумана;
Карпенко А.П.	–	сопредседатель зав. каф. РК6 МГТУ им. Н. Э. Баумана;
Джанджгава Г.И.	–	Президент, Генеральный конструктор ОАО "Раменское приборостроительное конструкторское бюро", член бюро Центрального совета Союза машиностроителей России;
Клюев В.В.	–	директор НИИИН МНПО «СПЕКТР»;
Лыткин П.Д.	–	генеральный директор ОАО "Раменское приборостроительное конструкторское бюро", председатель Московского областного регионального отделения Союза машиностроителей России;
Евсеев М. И.		генеральный директор ООО Алл Импекс 2001
Дмитриев Н.П.		директор подразделения продаж АО «ЮЕ-Интернейшнл»;
Марков И.В.		генеральный директор ООО "Совтест АТЕ";
Матвеев В.А.	–	руководитель НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана;
Пролетарский А.В.	–	декан факультета «ИУ» МГТУ им. Н. Э. Баумана;
Соловьев В.А.	–	председатель экспертной комиссии, доцент МГТУ им.Н.Э.Баумана;
Костиков В.Г.	–	зам. председателя, профессор ОАО «Концерн Алмаз-Антей»;
Власов А.И.	–	зам. председателя, доцент МГТУ им. Н. Э. Баумана;
Перепелицын В.Г.	–	Ученый секретарь;
Алфимцев А.Н.	–	зам. руководителя НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана по научной работе;
Демин А.А.		Председатель Совета молодых ученых кафедры ИУ4;
Стешенко В.Б.	–	ОАО «Российские космические системы»;
Шевчун В.Н.	–	начальник отдела научно-исследовательской работы студентов и молодёжи МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Экспертная комиссия

Председатель экспертной комиссии: Соловьев В.А.

члены экспертной комиссии: В.В.БЕЛОУС, А.Н. БОЖКО, Т.М. ВОЛОСАТОВА, Д.М.ЖУК, В.Б.МАНИЧЕВ, В.А. МАРТЫНЮК, Н.В. ПИВОВАРОВА, В.А.ТРУДОНОШИН, В.Г.ФЕДОРУК, А.Е. АВЕРЬЯНИХИН, А.А. АДАМОВА, А.И.АРАБОВ, Б.В.АРТЕМЬЕВ, В.А. ВЕРСТОВ, В.Н. ГРИДНЕВ, А.А. ДЕМИН, Д.А.АМИНЕВ, В.П.ЖАЛНИН, Л.В.ЖУРАВЛЕВА, Л.А. ЗИНЧЕНКО, Ю.В.ИВАНОВ, Э.Н.КАМЫШНАЯ, А.А.КАРПУНИН, А.Е. КУРНОСЕНКО, А.В.ЛАВРОВ, В.В.ЛЕОНИДОВ, Н.В.МАКУШИНА, В.В.МАКАРЧУК, К.А. МУРАВЬЕВ, Е.В.РЕЗЧИКОВА, С.Г.СЕМЕНЦОВ, М.Д.СЕРГЕЕВА, Н.А. СЕРГЕЕВА.

Официальный сайт конференции http://iu4.ru

(электронные материалы прошедших конференций по адресу: http://iu4.ru/)

ГРАФИК МЕРОПРИЯТИЙ КОНФЕРЕНЦИИ

№	Мероприятия	Дата, Время	Ауд.
1	Регистрация участников конференции	19.04. 9.00-10.00	По месту проведения секции
2	Открытие конференции. Выступления представителей организаторов. Пленарные доклады	19.04 10.00-10.30	По месту проведения секции
3	Секция: Интеллектуальные системы	19.04 10.00-17.00	ауд.229 гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана
4	Секция: Наукоемкие технологии	19.04 10.00-17.00	ауд.278, гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана
5	Награждение победителей научно-технической программы конференции	Заседание ученого совета 31.05.2017	Зал заседаний ученого совета

В зависимости от времени прибытия докладчиков программа может быть изменена.
Просим следить за объявлениями оргкомитета.

Адреса и телефоны для контактов

Председатель оргкомитета:
Член-корреспондент РАН, профессор, д.т.н. Шахнов Вадим Анатольевич
тел. (499) 263-65-52
e-mail: shakhnov@iu4.bmstu.ru

Зам. председателя оргкомитета:
к.т.н., доцент Власов Андрей Игоревич
тел. (499) 263-65-53

Председатель экспертной комиссии:
доцент Соловьев Владимир Анатольевич
тел. (499) 263-65-53

Ученый секретарь:
Перепелицын Валентин Георгиевич
тел. (499) 263-65-53

Секретариат оргкомитета:
Максимова Елена Александровна
тел. (499) 263-65-53

Адрес оргкомитета: 105005, 2-ая Бауманская 5, МГТУ им. Н. Э. Баумана, стр.1, "ИУ-4".

Дорогие друзья!

МГТУ им. Н.Э. Баумана имеет богатый опыт подготовки инженеров различных специальностей. Выпущены десятки тысяч специалистов, среди которых такие известные во всем мире, как С.П. Королев, А.Н.Туполев, В.Г. Шухов, И.Я. Стечкин, Н.А. Доллежаль и многие, многие другие. 19-я конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы» посвящена году Экологии в России.

5 января 2016 года Президент России Владимир Путин подписал указ, в соответствии с которым 2017 год в России объявлен годом экологии. Цель этого решения — привлечь внимание к проблемным вопросам, существующим в экологической сфере, и улучшить состояние экологической безопасности страны.

Ученые нашего университета всегда проявляли бережное отношение к окружающей среде, находили такие пути развития инженерных решений, которые были наиболее значимыми для страны и соответствовали тенденциям развития науки, техники, технологии и традициям МГТУ им. Н.Э.Баумана.

К сожалению, звание «Инженер» становится как бы виртуальным: университеты перешли к выпуску бакалавров и магистров. Но в МГТУ им. Н.Э. Баумана традиции подготовки инженеров не исчезли. Университет по-прежнему видит главным в своей работе подготовку современных специалистов, независимо от названия их квалификации. Надеюсь, что участие в настоящей конференции станет значительным этапом в вашей творческой деятельности, дорогие бакалавры, магистры, аспиранты, еще одним шагом к профессиональному мастерству и совершенству.

Специалист в области современных технологий должен обладать обширными знаниями в различных областях и, прежде всего, в математике, физике, химии, информатике, прикладных и специальных науках. Учитывать требования эргономики и экологии. Он должен обладать такой эрудицией, которая позволит ему в быстро меняющихся экономических условиях находить сферу приложения своих знаний, опыта, способностей. Это особенно важно в связи с тем, что наш университет занимает ведущее место в работах по развитию ресурсных научных центров. Надеюсь, что многие участники нашей конференции будут в числе специалистов, стоящих у порога новых открытий, новых свершений, сформулированных в "Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации", утвержденной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. №642.

Желаю успеха всем участникам конференции!

Председатель Научно-координационного совета МГТУ им. Н. Э. Баумана по «Наноинженерии»,
заведующий кафедрой «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» МГТУ им. Н. Э. Баумана,

Заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАН, докт. техн. наук, профессор

В.А. Шахнов

Уважаемые бауманцы!

IX Молодежная международная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы» посвящена году Экологии в России.

Говоря о подготовке кадров, необходимо задуматься и над обучением специалистов, которым предстоит решать задачи по диверсификации военного производства с учетом требований экологии.

История не стоит на месте – встают новые масштабные проблемы, которые требуют стратегических решений. Наступивший XXI век – это время перехода на новый, шестой, технологический уклад, краткая формула которого – преобладание «инфо-, био-, нано-, когнитивных технологий».

ОАО «РПКБ» уделяет первостепенное значение внедрению современной "зеленой" электроники. Перед участниками конференции стоят новые, перспективные задачи, чтобы создать условия, при которых в недалекой перспективе производители с полным на то правом смогли бы называть свою продукцию "зеленой".

Как и 80 лет назад, проблема для нашего государства и общества стоит очень остро – «или мы пробежим расстояние, отделяющее нас от передовых экономик мира, или нас сомнут». Для успешного решения столь масштабной задачи нужны, в первую очередь, кадры – новое поколение творческих, инициативных и ответственных специалистов, способных принимать смелые решения и реализовывать их на практике. И здесь многое зависит от нынешней учащейся молодежи – от ее упорства, творческой активности, трудолюбия и самоотверженности. Сегодня государством предпринимаются значительные усилия по развитию научно-образовательной сферы и привлечению молодежи в науку и промышленность высоких технологий.

Не остаются в стороне и передовые промышленные предприятия. ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро» – признанный мировой лидер и крупнейший в России разработчик интегрированных комплексов бортового радиоэлектронного оборудования для авиационных летательных аппаратов – выступило инициатором создания Технопарка «Раменское», ядром которого станет инжиниринговый центр приборостроения и интеллектуальных встраиваемых систем. Проект создания Технопарка «Раменское», получивший международный статус, был поддержан и одобрен ГК «Ростехнологии», Губернатором Московской области, руководством и учеными МГТУ им. Н.Э. Баумана. Особое внимание в рамках проекта Технопарка уделяется работе по подготовке специалистов, обладающих компетенциями мирового уровня и способных создавать продукты и технологии, востребованные на глобальном рынке.

IX Молодежная международная научно-техническая конференция, основная тематика которой соответствует проблемам развития технологий шестого уклада, нацелена на раскрытие и развитие творческого потенциала молодежи – это одно из направлений нашей совместной работы по подготовке инженеров и ученых будущего.

Желаем всем участникам конференции плодотворной работы и творческих успехов!

Президент, Генеральный конструктор ОАО «РПКБ»,
Заслуженный деятель науки РФ,
докт. техн. наук, профессор
Г.И. Джанджгава

Генеральный директор ОАО «РПКБ»
П.Д. Лыткин

СЕКЦИЯ 1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Читальный зал преподавателей (ауд.229), гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Начало в 10.00.

1. МЕТОДЫ ЛАНДШАФТНОГО АНАЛИЗА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАСТРОЙКИ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ
Агасиев Т.А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
2. РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ
Воробьев Е.А.,АлетдиновР.Х.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
3. ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА КОМПАНИЙ IT-ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ
Андрусенко А. С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
4. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕХНИЧЕСКИМ ИЗДЕЛИЯМ
Бочаров В.А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЛИДА ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ NX –TEAMCENTER
Бушмина А.В., Кишкурно Е.Э., Молотков И.Ю.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
6. ПЕРЕНОС ЛИЦЕВОЙ АНИМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Чиркова А.С., Шуров Д.Л.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
7. МЕТОД МНОГОДИСЦИПЛИНАРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДУЛЯ, ВСТРАИВАЕМОГО В CAD-СИСТЕМУ
Щетинин Г.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ7, Москва, Россия
8. СИММЕТРИЧНЫЕ АЛГОРИТМЫ ШИФРОВАНИЯ
Прудковский Н.С.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия
9. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ НИЗКОУРОВНЕВОЙ ПРОГРАММНОЙ ЭМУЛЯЦИИ
Давыдов В.Н.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия
ПРИМЕНЕНИЕ МАРКЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ
Козов А.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.
10. ИЗМЕРЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН
Калистратов А.П., Федосеев Д.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ5, Москва, Россия

11. КОНЦЕПЦИЯ СИНХРОНИЗАЦИИ СУЩНОСТЕЙПРИ ПОМОЩИ СЕРВИСНОЙ ШИНЫПРЕДПРИЯТИЯ

Луценко А.Э.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

12. СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Малышев А.П.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

13. МЕТОДИКИ ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Михайличенко С.С., Лукьянова К.Д.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

14. РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ В ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМА CAD

Нынныров а А.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

15. СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ МЧС РОССИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Остудин Н.В.
Университет ГПС МЧС России, кафедра системного анализа и антикризисного управления, Санкт-Петербург, Россия

16. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗЧИКОВ

Порошина В.И.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

17. СУРРОГАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Прокопьева С.М.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

18. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЯЦИОННОЙ И ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ. ОБЗОР РЕАЛИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НИМИ ЧЕРЕЗ ORM

Гончаровский Е. Г.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

19. О НОВОМ ПОДХОДЕ К КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ОДНОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Сахаров М.К.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

20. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА ХАОСА ПРИ ПОСТРОЕНИИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Сазонов В.С.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия

21. АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Семенов И.И.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

22. ПРОБЛЕМЫ СЕРИАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В РАМКАХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Сериков И.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

23. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТ КОМПОЗИТНЫХМАТЕРИАЛОВС ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ И РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ТИХОНОВА

Щетинин В.Н.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

24. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

Сотников П.И.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

25. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ЦЕЛЬЮ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Спасёнов А.Ю.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

26. СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ

Валиуллин А.М.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

27. ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ

Яковенко М.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ3, Москва, Россия

28. ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА IT-КОМПАНИЙ

Ямченко Ю.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра РК6.

СЕКЦИЯ 2

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мультимедийная ауд.278, гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Начало в 10.00.

1. ГЕОМЕТРИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МПП
Антонова Д.О.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОВОДЯЩЕГО РИСУНКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
Кондаков Н.А., Казаков В.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
3. СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ШУМА
Ванройе Н.К., Стрельников О.М.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРХЛЁГКОЙ РАКЕТЫ
Астапов К.Р.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГИСТРАЦИОННОГО ЗНАКА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА "СЛАБЫХ ЭКСПЕРТОВ"
Богданов Д.А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
7. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК И СТРКТУР СРЕДСТВ МЕЖСПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ
Дегтрярев А.О.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
8. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СХЕМ С КВАРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ
Джандаров А.Р.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
9. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ НАСОСОМ В ПРОСТЫХ СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
Евтушенко Д.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
10. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГРАФЕНА
Силаев В.М., Ечеистов В.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
11. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАТОВ «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АУДИО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ»
Григорьев П.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
12. ГЕОМЕТРИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МПП
Гусев М.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
13. ЛАМПОВЫЙ ГИТАРНЫЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ С ЭФФЕКТОМ «ДИСТОРШН»
Хальзев С.Е.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

14. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ

Иванов В.А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

15. АППАРАТНО-ПРОГРАММЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ПЛОСКОСТИ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Колесников М. А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

16. АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВ С ИСТОЧНИКОМ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ АУДИОДАННЫХ

Комахин М.О.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

17. О ВОЗМОЖНОСТЯХ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ КОМАНД ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СОРЕВНОВАНИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Косолапов Д. А.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.

18. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО АППАРАТА НА МАГНИТНОЙ ПОДУШКЕ

Лябога А.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

19. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Лапшинов С.А.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.

20. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ШАБЛОНОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЫБОРУ ПРОТОТИПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Лебедев А.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

21. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ ОТ МОЩНОСТИ ПРИ ЕЕ НАНЕСЕНИИ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Макарова М.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра МТ11,

22. ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ

Козлова И.К., Максименко Е.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ3, Москва, Россия

23. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АНАЛИЗУ ЗАДАНИЙ СОРЕВНОВАНИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Нижников А.О., Медведев Г.М., Юдин А.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.

24. МЕТОДИКА КОНВЕРТАЦИИ ФАЙЛОВ DXF 2 URSCRIPT

Новиков И.П.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

25. ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОРПУСА МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Петров М.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.

26. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДВУХЛУЧЕВОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА ПО ОПТОВОЛОКОННОМУ КАБЕЛЮ

Попов Д.В.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

27. ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ RFID-КАРТ
Ефремов Е.А., Ковалевский А.Е.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-6, Москва, Россия
28. АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПИТАНИЯ RFID ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ
Сарайкин Д. С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
29. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
Силаев В.М., Тюрин И.Ю., Забнев В.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
30. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА АНАЛОГИЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ХРАНЕНИЯ КАБЕЛЕЙ
Трифонов А.А.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
31. РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПО ЗАМЕНЕ NI-CD АККУМУЛЯТОРА ЭЛЕКРИЧЕСКОЙ ОТВЁРТКИ ПУТЁМ РЕВЕРС-ИНЖЕНИРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ
Умбатова М. Э.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
32. ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ НА СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫВОДАХ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ, РАБОТАЮЩЕЙ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ
Ванройе Н.К.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
33. УМЕНЬШЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ
Рогожин А.А., Васильев Д.Д.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра МТ11, Москва, Россия
34. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНАРНОСТИ СЛОЕВ В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ МЕТОДАМИ ТРИЗ
Василова Е.В., Евдокимов Г.М., Бачурин А.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
35. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСКРАСКИ ГРАФОВ В ЗАДАЧАХ ГРАНУЛЯЦИИ ИНФОРМАЦИИ
Верстов В.А., Барановская П.Б., Соколов П.А.,
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
36. ПОИСК КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ ГРАФЕ
Бачурин А.С., Гусев М.В., Дмитриев В.Е.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.
37. ЭКСТРАКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ SPICE-МОДЕЛИ КНИ МОП-ТРАНЗИСТОРА ИЗ САПР ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ TCAD
Яшин Г.А., Чистяков М.Г., Новоселов А.С.
МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУ4.

Воплощайте ваши блестящие идеи
Находите лучшие решения на основе широкого ассортимента компонентов и технологий от RS Components
www.rsrussia.ru
Широкий выбор товаров от ведущих мировых производителей
Быстрая доставка компонентов от 1 шт.
Бесплатные САПР, инструменты и ресурсы для разработки
Официальный дистрибьютор RS Components в России ООО «ЮЕ КСР»
RS

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

RS COMPONENTS РАБОТАЕТ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ И ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

Кривандин С.С.
RS Components Russia (ООО «ЮЕ КСР»), Москва, Россия

RS COMPONENTS WORKS FOR ENGINEERS AND INVENTORS

Krivandin S.S.
RS Components Russia (YE CSS LLC), Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается предложение RS Components для инженеров, изобретателей, гиков, мейкеров, инноваторов: передовые компоненты и инструменты, бесплатные САПР, популярные одноплатные компьютеры, инженерное сообщество, техническая документация, тематические подборки компонентов и проектов.

Annotation
The article presents the value offer of RS Components who is providing all engineers, inventors, geeks, makers with innovative components and tools, free CAD tools, popular single-board computers, engineering community, technical documentation, thematic selections of components and projects.

Введение

Ускоряющееся развитие технологий стимулирует инженеров, разработчиков, проектировщиков, изобретателей создавать все более сложные, удобные, инновационные электронные изделия. Для создания нового продукта и быстрого вывода на рынок необходимо иметь в наличии самые современные компоненты, детали, приборы и инструмент. Как решается эта задача? Инженер самостоятельно или с помощью отдела снабжения ищет необходимые комплектующие у десятков поставщиков, согласует цены, сроки поставки, условия оплаты и т.д. Все эти процессы отнимают драгоценное время и отвлекают от главного - создания нового изделия. Где же решение? Предлагаем рассмотреть номенклатуру и сервис, представленные компанией RS Components [1, 2]. Что это за компания?

1 RS Components – глобальный дистрибьютор товаров для инженеров

RS Components – глобальный дистрибьютор товаров для инженеров с штаб-квартирой и складами в Великобритании. На складах представлено более 500 тыс. компонентов, комплектующих, приборов, инструмента, приспособлений от более чем 2500 производителей. Такое разнообразие позволяет инженеру выбрать все необходимое для проекта в одном месте и получить заказанную посылку через 2-3 недели. Ассортимент включает отладочные платы, активные, пассивные и электромеханические компоненты, корпуса, источники питания, измерительные приборы, паяльное оборудование.

RS Components следит за новыми технологиями и стремится обеспечить инженеров актуальными новинками, особо выделяя самые актуальные направления: Интернет вещей (IoT), LoRaWAN™, светодиодное освещение, коммуникационные решения, одноплатный компьютер Raspberry Pi для IoT и т.п. Этой тематике посвящены специальные страницы на сайте компании, которые содержат техническую информацию, подборки товаров, примеры выполненных проектов.

Нам доверяют свыше 1 миллиона инженеров во всем мире, которые уже по достоинству оценили удобство работы с RS Components. Наличие товара на складе, возможность заказа любой позиции от 1 шт. или в самой минимальной партии, консультации опытных технических специалистов, сжатые сроки поставки – это лишь небольшая часть наших преимуществ, которые позволяют инженерам экономить время и усилия.

В помощь инженерам-разработчикам создано сообщество DesignSpark.com, где инженеры со всего мира делятся опытом разработки, ведут блоги, выкладывают примеры реализации проектов, публикуют обзоры, общаются по актуальным вопросам. Сайт содержит средства проектирования, 3D-модели, референс-дизайны, техническую документацию, обучающие видеоролики и видеообзоры.

2 Бесплатные САПР, ресурсы и инструменты для разработки DesignSpark

На сайте DesignSpark.com также можно найти средства проектирования, библиотеки моделей компонентов, в том числе 3D-модели, а также обширную базу данных компонентов с информацией, доступны ли они для покупки или готовятся к снятию с производства.

Средства проектирования включают три совместимые по моделям и форматам данных САПР. Эти САПР доступны для бесплатного скачивания и применения [3].

DesignSpark PCB – САПР, предназначенная для разработки и проектирования печатных плат. Программа DSPCB выполняет авторазмещение компонентов и автотрассировку связей печатного рисунка, результаты которых можно корректировать вручную. Программа свободна от практических ограничений на размер платы, число выводов компонентов, число слоев платы и на форматы выходного файла. Поэтому ее можно использовать не только для рисования схем и рисунка печатной платы, но и для создания файлов для производства. Форматы выводных файлов: Gerber, Excellon, DXF, IDF. В САПР встроена инженерных расчетов. Результаты проектирования печатной платы можно также вывести на экран в виде 3D-модели (рис.1), что очень полезно для ускорения разработки.

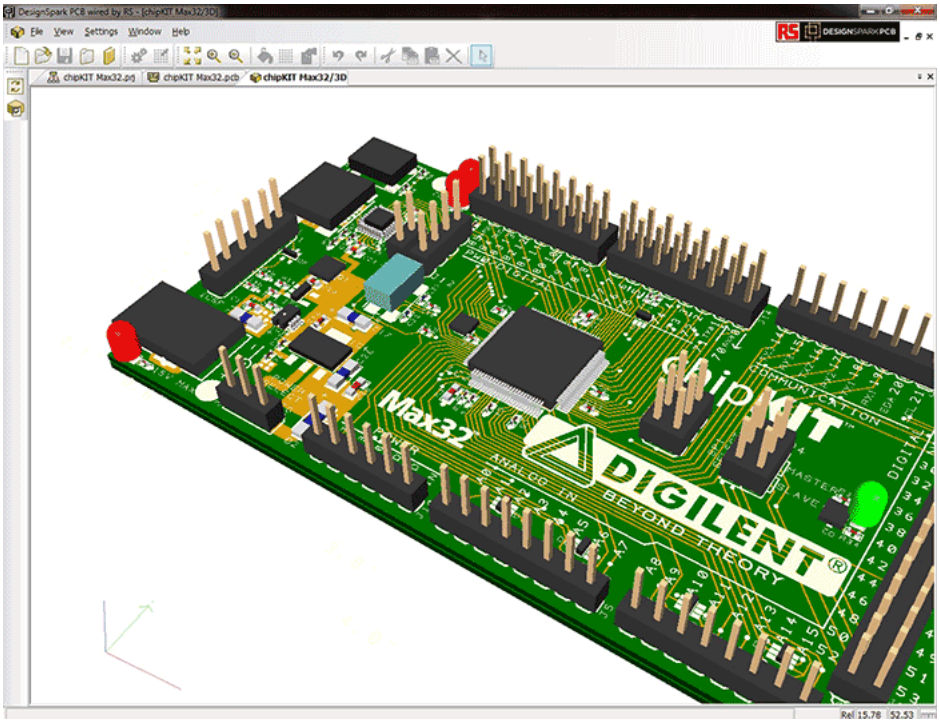


Рис. 1. Трехмерная модель печатной платы в САПР DesignSpark PCB

DesignSpark Mechanical – программа трехмерного моделирования различных устройств. Интуитивно понятная, она является идеальным средством для быстрого перехода с 2D на 3D проектирование. В САПР реализован принцип прямого моделирования, возможность импорта 2D моделей, экспорт файлов для 3D печати (рис.2), используется большое количество готовых 3D моделей компонентов, доступных в более чем 20 различных форматах. Программа легка в освоении и предоставляет мощные средства для проектирования корпусов, элементов ручного управления, механических деталей, рычагов привода роботов и т.д.

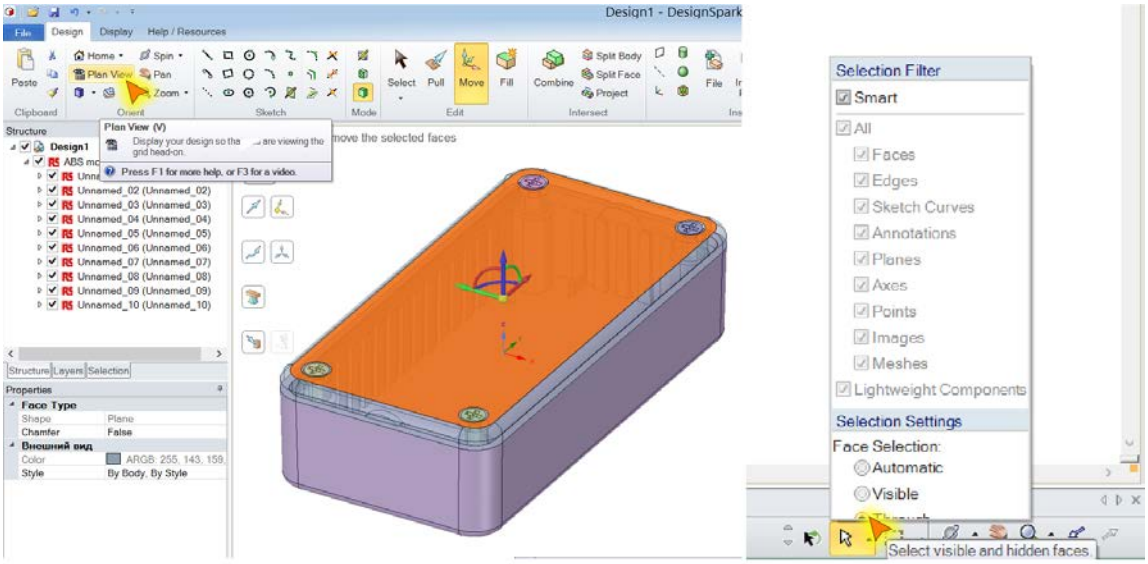


Рис. 2. Проектирование корпуса прибора в САПР DesignSpark Mechanical

Полнофункциональная САПР DesignSpark Electrical создана для проектирования электрических систем и шкафов управления и автоматизации. Ее основные достоинства: автоматическая нумерация вводов, линий и элементов схемы, библиотека, включающая свыше 250 тыс. моделей, удобный интерфейс, возможность импортирования и экспортирования DWG файлов.

Применение этих САПР позволяет полностью спроектировать изделие, начиная от печатной платы и заканчивая размещением модулей в шкафу управления.

3 Одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi

Raspberry Pi, пожалуй, самый популярный одноплатный микрокомпьютер с высокой производительностью и разнообразным применением [4, 5]. На момент выхода данной статьи последней наиболее функциональной моделью является Raspberry Pi 3 Model B (рис. 3). Компьютер оснащен 64-битным четырехъядерным процессором ARMv8 с тактовой частотой 1,2 ГГц, модулями Wi-Fi 802.11 b/g/n и Bluetooth 4.1 LE. Объем оперативной памяти составляет 1 Гбайт. Вариант Raspberry Pi 3 Compute module отличается другой реализацией разъемов и интерфейсов. На Raspberry Pi изначально можно установить Linux ОС, Raspbian, Pidora Fedora. Модули и устройства на основе Raspberry Pi 2 и Pi 3 могут работать также под управлением Windows 10 IoT Core и могут стать основой различных промышленных систем автоматизации и управления, домашних интеллектуальных систем, подключаемых к IoT.

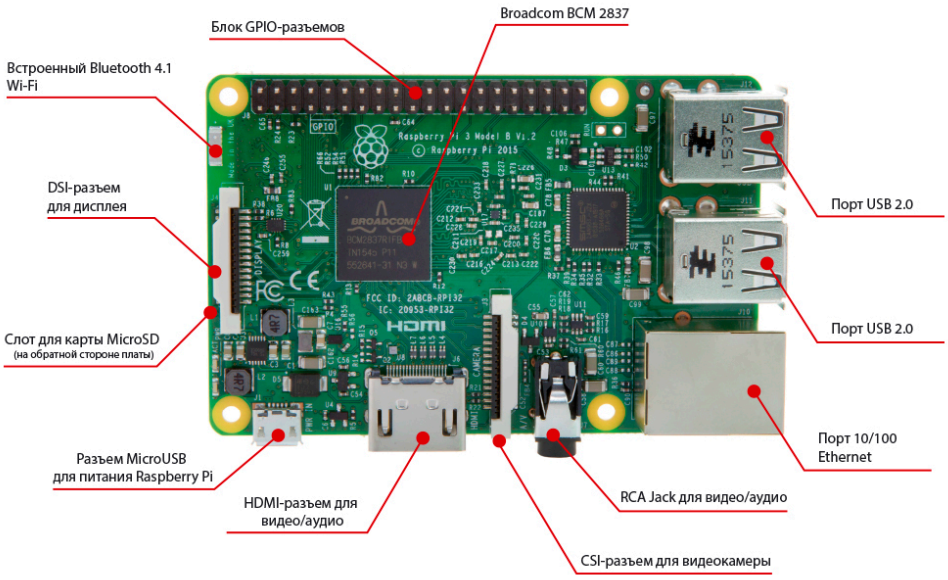


Рис. 3. Внешний вид одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 Model B

Одноплатный компьютер Raspberry Pi применяется в телекоме как контроллер маршрутизаторов, в промышленной автоматизации как основа специализированного ПЛК, в рекламе как медиа-сервер для управления медиа-контентом в торговых центрах, на транспорте (автобусы, маршрутки), в промышленности как управляющий компьютер высокоточных сложных станков, в ИТ как основа тонкого клиента пользователя для подключения к терминальному серверу, в домашней автоматизации как основа системы.
Проект Raspberry Pi начался как учебное пособие, развивался как консьюмерский продукт, и сейчас становится все более промышленным. Например, компания NEC Display Solutions выбрала Raspberry Pi в качестве вычислительные модуля для новых широкоформатных дисплеев профессиональной серии MultiSync® с диагональю экрана от 40 до 55 дюймов для Digital Signage и презентаций.

Заключение

RS Components предоставляет широкому кругу разработчиков передовые и одновременно доступные средства для создания перспективных проектов, чтобы каждый мог найти свою нишу в современном рынке, создавая востребованный продукт, реализуя любые инженерные идеи легко, быстро и эффективно.

Литература

1. Шахнович И. RS Components: Уникальные предложения от уникальной компании. – М.: Журнал «Электроника НТБ». 2015. №2.
2. Веб-сайт www.rsrussia.ru
3. Кривандин С.С. Что такое DesignSpark? Комплекс бесплатных САПР! — М.: Журнал «Компоненты и Технологии». 2014. №12.
4. Ермаков Е.В. Raspberry Pi – эффективный инструмент снижения затрат при автоматизации бизнес-процессов – М.: Журнал «ИСУП». 2016. №1.
5. Кривандин С.С., Сергеева А.И. Одноплатный компьютер Raspberry Pi: от учебного пособия до промышленного контроллера – М.: Журнал «Компоненты и Технологии». 2016. №4.

ИНТЕГРАЦИЯ «УМНЫХ» МИКРОНАНОСИСТЕМ В СОВРЕМЕННУЮ ЖИЗНЬ

Урманов Денис Маратович
заместитель Генерального директора по научной работе
ООО "Совтест АТЕ", г. Курск

Компания «Совтест АТЕ» была образована в 1991 году как совместное российско-британское предприятие. Первоначально работа компании сосредоточилась на гарантийном и пост-гарантийном обслуживании компьютеров и оргтехники, ремонте промышленного электронного оборудования как отечественного, так и импортного (оборудование фирмы “Marconi”) производства: станков ЧПУ, блоков питания, промышленных контроллеров и пр.

В 1994 ООО «Совтест АТЕ» становится самостоятельным предприятием с четко выраженными направлениями деятельности: технологическое оборудование, тестовое, испытательное и оборудование для обработки провода/кабеля. На тот момент в штате компании находилось всего 13 человек.

В 2004 году ООО «Совтест АТЕ» стало полноправным членом Международной Ассоциации IPC, объединяющей производителей электротехнических материалов, печатных плат, электроники и оборудования для электроники.

В 2016 году «Совтест АТЕ» переступил порог своего двадцатипятилетия. Говоря о достижениях компании:

«Совтест АТЕ» занимает лидирующую позицию в области разработки, производства и поставки тестового оборудования. Важно отметить, что именно в этой области компания специализируется с момента своего основания.

Компания предлагает широкий спектр решений по 12 отраслевым направлениям, имеет 5 собственных запатентованных изделий и 7 опытно-конструкторских разработок

«Совтест АТЕ» ежегодно получает награды от Правительства страны и местных органов власти, а также своих зарубежных партнеров за высокие показатели в работе.

В настоящий момент ООО «Совтест АТЕ» уже 26 лет успешно работает на электронном рынке России и стран СНГ.

В конце 2005 года, ощущая необходимость применения на практике своих знаний и опыта, «Совтест АТЕ» запускает собственное производство оборудования и разработку программ, предназначенных для контроля качества продукции на различных стадиях производства: от оборудования входного контроля, тестирования печатных плат до сборочных узлов для тестовых систем, используемых в комплексном производстве. Первым образцом оборудования, выпущенного под маркой «Совтест АТЕ» становится локализатор неисправностей на компонентном уровне SFL 2500 (Sovtest Fault Locator), который обеспечивает быстрое и эффективное обнаружение неисправностей в обесточенных аналоговых и цифровых узлах.

Спустя год компания переезжает в новый офис. На его территории располагаются оборудованные по последним технологиям просторные демо-залы, где каждый посетитель может рассмотреть образцы основных видов поставляемого оборудования и убедиться в его качестве. Сегодня это современный офис общей площадью более 3000 кв.метров: развитая внутренняя инфраструктура и IT-структура, рабочие места, аттестованные в соответствии с системой стандартов безопасности труда.

Перейдя от опытного производства к серийному, в 2010 году компания открыла отдельный производственный цех площадью 500 кв. м., соответствующий всем стандартам, предъявляемым к помещениям для производства микроэлектронных изделий. Новое производственное помещение компании успешно прошло ESD-аудит на соответствие стандарту IEC 61340-5-1, что подтвердило оптимальность созданных условий для работы с особо чувствительными электронными компонентами. С

появлением нового производственного цеха, оснащённого помещениями класса чистоты ISO 5 и ISO 7, «Совтест АТЕ» начало производство изделий микроэлектроники по различным технологиям (в том числе по технологии Chip-On-Board). Здесь же была запущена линия поверхностного монтажа, проводился контроль качества производимой продукции с помощью новейшего оптического, ультразвукового, рентгеноскопического оборудования и электроконтроля от всемирно известных производителей. Для реализации собственных производственных целей компания использует оборудование тех же производителей, что поставляет своим Заказчикам. Под брендом Sovtest на отечественный рынок выпускаются:

- функциональный тестер FT-17,
- локализатор неисправностей SFL-1500 и SFL-2500,
- стенд для проверки автомобильных жгутов и тестирования печатных плат STC-1000,
- линейка шкафов сухого хранения серии SDB,
- измерительно-задающие модули для использования в Комплексах функционального тестирования,
- тестовые адаптеры, пробники и клипсы для российских ИМС,
- контактирующие устройства для программаторов.

В 2011 году, как результат 20-летней работы и накопленного опыта, компания «Совтест АТЕ» выпускает свой флагманский продукт – тестер микросхем FT-17 HF, а чуть позже его настольную версию FT-17 DT. Продукция компании пользуется широким спросом на отечественном рынке электроники, получает награды, в частности «100 лучших товаров России».

В это же время «Совтест АТЕ» развивает направление МЭМС-технологий, становится соучредителем Русской Ассоциации разработчиков, производителей и потребителей микроэлектромеханических систем. Компания сотрудничает с множеством российских предприятий, специализирующихся в области МЭМС-систем и изделий на их основе, с крупнейшими зарубежными научно-исследовательскими организациями, в частности — с немецким институтом Fraunhofer, проводит совместные разработки. Результатом этой работы становятся первые инновационные продукты – двухосевой прецизионный инклинометр, двухосевой МЭМС-акселерометр с диапазоном измеряемых ускорений ±30g. Созданные продукты являются примером кооперации, позволяющей очень быстро вывести на российский рынок готовый микроэлектронный продукт, имеющий маркировку «Сделано в России».

В 2015 году ООО «Совтест АТЕ» инициировало строительство нового современного завода площадью более 8800 кв.м, направленного на серийное производство инновационных продуктов: МЭМС-датчиков, систем безопасности и мониторинга различного назначения (в том числе инженерных конструкций), а также тестового и технологического оборудования в рамках программы импортозамещения. Для строительства была использована модель «Индустрия 4.0» - семь автономных производственных модулей, с предусмотренной экономией ресурсов, продуманной логистикой и эргономикой рабочих мест, климат-контролем в цехах, что является обязательным условием при производстве микроэлектроники. На январь 2017 года на новой площадке работают три модуля - слесарно-сборочный участок, участок поверхностного монтажа и корпус офисно-складских помещений. Здесь уже производят светодиодные светильники, шкафы сухого хранения и высокоточные тестеры для промышленного оборудования.

Таким образом, постепенно, но уверенно развиваясь, «Совтест АТЕ» из маленькой дистрибьюторской фирмы по поставке оборудования становится не просто лидером в своей отрасли, гарантирующим высокое качество предоставляемых услуг, но ещё и производителем собственной продукции, проводником передовых технологий для производства электроники, активно осваивающим новые, инновационные направления.

СЕКЦИЯ 1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Читальный зал преподавателей (ауд.229), гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Начало в 10.00.

МЕТОДЫ ЛАНДШАФТНОГО АНАЛИЗА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАСТРОЙКИ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Агасиев Т.А.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Карпенко А.П.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

LANDSCAPE ANALYSIS METHODS FOR AUTOMATED PARAMETER TUNING OF OPTIMIZATION ALGORITHMS

Agasiev T. A.
Supervisor: Dr., Prof., Karpenko A.P.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассмотрены подходы к вычислению значений характерных признаков целевой функции для классификации оптимизационных задач. Предложена модификация метода кластеризации выборки для техник ландшафтного анализа *Cell Mapping*. Выполнено исследование эффективности модифицированного метода.

Abstract
The article is concerned with methods of quantifying an optimization problem's landscape characteristics. Modification of the sample clustering method is proposed for Cell Mapping landscape analysis techniques. The effectiveness of the modified method has also been researched.

Введение

Процесс оптимизации параметров современных инженерных изделий требует значительных вычислительных затрат. Высокие темпы развития технологий создают необходимость в разработке и использовании *CAE*-систем, включающих в себя передовые методы синтеза проектных решений. Эффективность применения алгоритмов оптимизации для решения задач САПР определяет качество проектируемого изделия и стоимость его разработки.

Большинство современных алгоритмов оптимизации имеют свободные параметры, позволяющие управлять их эффективностью. Результат решения оптимизационной задачи во многом зависит от используемых значений свободных параметров, которые, вообще говоря, должны подбираться исходя из особенностей решаемой задачи. Задачу поиска оптимальных значений параметров алгоритма оптимизации называют *мета-оптимизацией*.

Выделяют две группы методов решения задачи мета-оптимизации: *управление* параметрами и *настройка* параметров. Управление параметрами предполагает варьирование значений свободных параметров алгоритма в процессе решения им оптимизационной задачи, что требует модификации исходного алгоритма. Во время каждого запуска алгоритма задача мета-оптимизации решается заново. В случае настройки значения параметров алгоритма не меняются в ходе решения задачи, мета-оптимизатор лишь предоставляет рекомендуемые значения параметров для решения задачи с учетом ее особенностей.

Внедрение методов управления параметрами позволяет избавить неопытных пользователей от необходимости настраивать алгоритм оптимизации перед решением задачи, но лишает специалистов в области оптимизации контроля над процессом решения. Методы настройки параметров позволяют использовать алгоритм без специальных знаний в области методов оптимизации, сохраняя при этом возможность гибкой настройки для опытных пользователей.

Так как настройка параметров предполагает решение задачи мета-оптимизации и накопление информации об эффективности алгоритма для различных типов задач,

актуально определение характерных признаков решаемых задач для их классификации. Вектор характерных признаков задачи содержит информацию об особенностях постановки задачи (определяет пользователь) и особенностях целевой функции. Пользователь алгоритма в большинстве практически значимых случаев не способен определить особенности (характерные признаки) целевой функции оптимизационной задачи (к примеру, степень ее зашумленности).

Для вычисления значений характерных признаков целевой функции используют методы *ландшафтного анализа* [1], применение которых не всегда оправдано из-за дополнительных вычислительных затрат. При решении оптимизационных задач в САПР используют суррогатные модели для аппроксимации целевой функции, что требует составления обучающей выборки перед началом решения. В данной работе методы ландшафтного анализа использованы для определения характерных признаков целевой функции по выборке, составленной для построения суррогатной модели. Для оптимизационных задач в САПР вычислительные затраты на испытания много больше затрат на ландшафтный анализ.

1. Методы ландшафтного анализа функций

Известны методы ландшафтного анализа функций при помощи техники *Cell Mapping*, требующей предварительной кластеризации выборки в пространстве варьируемых параметров [2]. Авторы работы используют простейший алгоритм деления выборки, не учитывающий особенности ландшафта целевой функции. Область поиска в пространстве варьируемых параметров равномерно разбивается на подобласти (ячейки) по каждому из измерений. Для каждой ячейки вычисляют выпуклость, диапазон изменений градиента функции и угол между векторами, соединяющими центр ячейки с "лучшей" и "худшей" точками этой ячейки (с точки зрения значений целевой функции в этих точках). Диапазон изменений градиента характеризует зашумленность исследуемой функции. Угол между "лучшей" и "худшей" точками в ячейке описывает изменения ландшафта функции в данной подобласти пространства варьируемых параметров. Кроме того, вычисляют длины указанных векторов, то есть расстояния от центра ячейки до "лучшей" и "худшей" точек. В случае если функция простая (например, сферическая), то дисперсия этих значений по всей области поиска (по всем ячейкам) невелика, так как соответствующие точки находятся на краях ячеек. Большой разбор значений данного показателя характерен для мульти-модальных функций, поскольку данные расстояния для ячеек с локальными оптимумами значительно отличаются.

Метод *Information Content* позволяет оценить энтропию значений целевой функции в области поиска, т.е. получить численные характеристики зашумленности (*ic*), и мульти-модальности (*icp*) ландшафта [3]. На первом этапе вычисляют перепад значений целевой функции между соседними точками выборки с учетом расстояния между ними в пространстве варьируемых параметров. Затем ландшафт целевой функции представляют в виде последовательности символов, в которых закодированы положительные, отрицательные или нейтральные изменения значений целевой функции в области поиска. Полученную последовательность символов используют для вычисления характеристик исследуемого ландшафта.

2. Модифицированный метод ландшафтного анализа

Алгоритм кластеризации выборки в пространстве варьируемых параметров, предложенный авторами метода *Cell Mapping,* не учитывает распределение значений целевой функции. Предложена модификация алгоритма кластеризации, позволяющая делить выборку на подобласти с похожими значениями характерных признаков, что дает возможность не только оценить общую зашумленность ландшафта целевой функции, но и выделить отличающиеся по свойствам подобласти пространства варьируемых параметров.

Для сравнения алгоритмов кластеризации составлена тестовая выборка (рис. 1.). На рисунке 2 изображены результаты кластеризации выборки в пространстве варьируемых параметров с учетом и без учета значений целевой функции. Предложенный алгоритм кластеризации позволил выявить область пространства варьируемых параметров значительно отличающуюся по значениям характерных признаков ландшафта функции

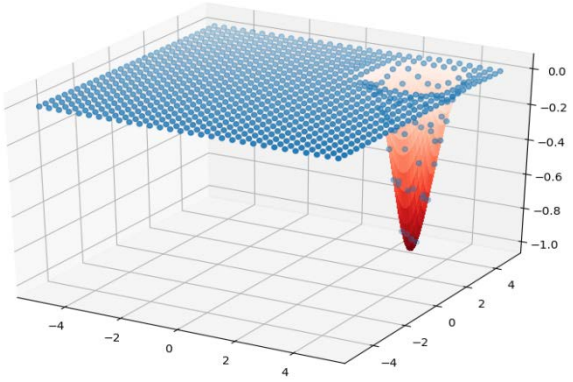
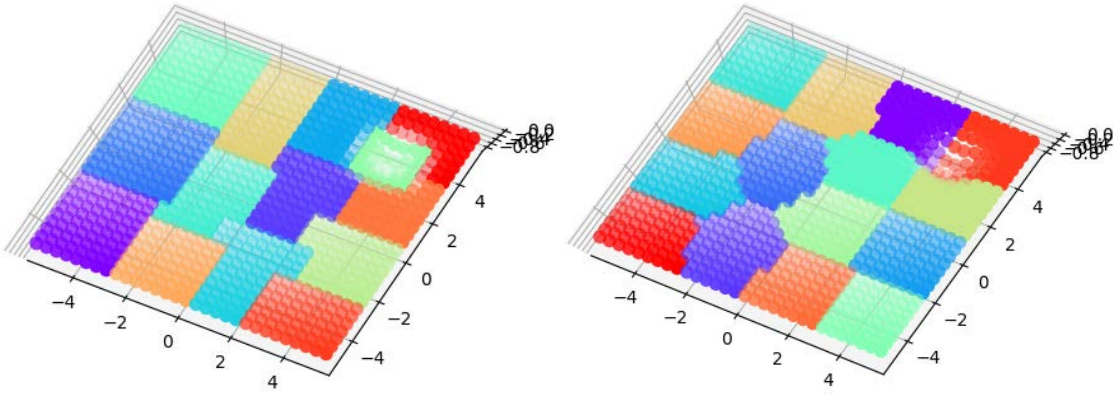


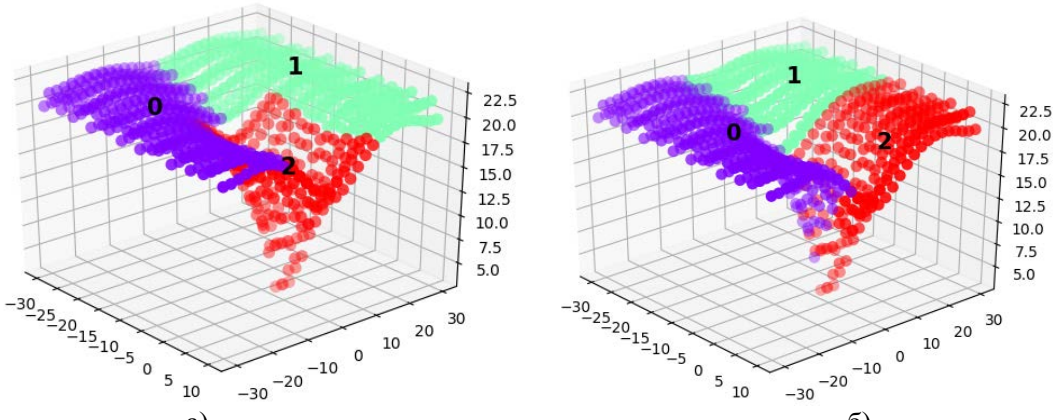
Рис. 1. Функция Исома (*Easom*) [4]



а) б)

Рис. 2. Результаты кластеризации для функции Исома: с учетом значений целевой функции (а); без учета значений целевой функции (б)

Выполнен расчет значений характерных признаков ландшафта для различных подобластей варьируемых параметров функции Экли (*Ackley*) [4]. На рисунке 3 изображены результаты кластеризации составленной выборки. На рисунке 4 представлены соответствующие значения характерных признаков.



а) б)

Рис. 3. Результаты кластеризации для функции Экли: с учетом значений целевой функции (а); без учета значений целевой функции (б)

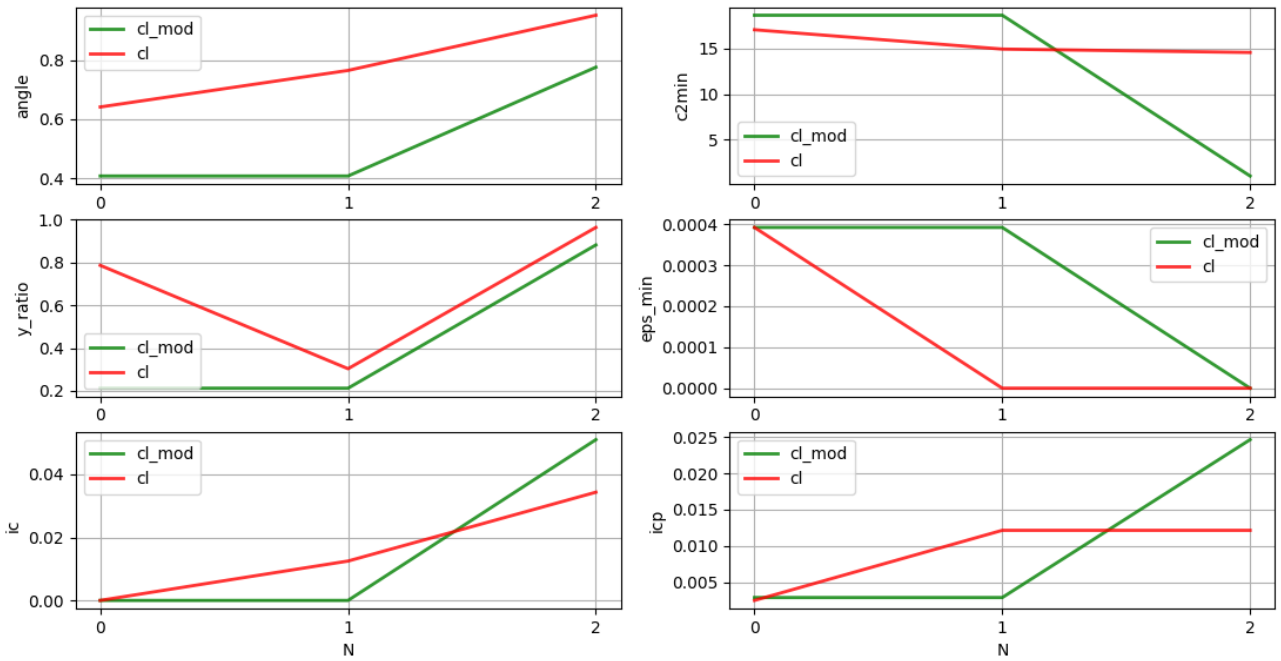


Рис. 4. Характерные признаки кластеров *N* тестовой выборки при использовании обычного (*cl*) и модифицированного (*cl_mod*) алгоритма кластеризации.

Зашумленность *ic* и мульти-модальность *icp* кластеров выборки рассчитываем при помощи метода *Information Content*. Модификация алгоритма кластеризации позволяет учесть ландшафт целевой функции при делении области поиска в пространстве варьируемых параметров, что увеличивает точность оценки компонентов вектора характерных признаков исследуемой выборки.

Заключение

В работе предложена модификация алгоритма кластеризации выборки для метода ландшафтного анализа *Cell Mapping*. Выполнен вычислительный эксперимент с применением метода *Information Content* для оценки зашумленности и мульти-модальности кластеров исследуемой выборки. Модифицированный алгоритм имеет более высокую точность локализации подобластей пространства варьируемых параметров с отличными характеристиками ландшафта целевой функции.

Проведенные исследования планируется использовать для разработки методов оптимальной, с точки зрения процесса настройки параметров, классификации оптимизационных задач.

Литература

1. Mersmann O. et al. Exploratory landscape analysis // Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation. ACM. 2011. pp. 829-836. DOI: 10.1145/2001576.2001690

2. Kerschke P. et al. Cell mapping techniques for exploratory landscape analysis // EVOLVE-A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation V. Springer. 2014. pp. 115-131. DOI: 10.1007/978-3-319-07494-8_9

3. Muñoz M. A., Kirley M., Halgamuge S. K. Exploratory landscape analysis of continuous space optimization problems using information content // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 2015. vol. 19(1). pp. 74-87. DOI: 10.1109/TEVC.2014.2302006

4. Jamil M., Yang X. S. A literature survey of benchmark functions for global optimisation problems //International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation. 2013. vol. 4(2). pp. 150-194. DOI: 10.1504/IJMMNO.2013.055204

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Воробьев Е.А.,АлетдиновР.Х.
Научный руководитель: д.ф-.м.н. Карпенко А.П.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

RECOMMENDATION SYSTEM FOR ONLINE E-COMMERCE STORES

VorobievE.A.,AletdinovR.H.
Supervisor: Dr., Prof., KarpenkoA.P.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассмотрен процесс разработки рекомендательной системы для интернет-магазинов, построенной на платформе электронной коммерции. Система производит анализ действий пользователей и на его основе прогнозирует товары и услуги, которые, наиболее вероятно, будут интересны покупателям. Вычисление рекомендаций – это сложная вычислительная задача, поэтому в работе применены современные методы распределенных вычислений (известные как BigData).

Abstract
This paper des cribes the process of developing recommendation system for online stores based on e-commerce platform. Recommendation systemis a software product that analyzes us er action sandfore casts of good sandservices that are mostlikel yto beofinterestto buyers. Calculationoftherecommendationsis a difficultcomputationalproblem, so wehaveused modern methods of distributed computing (asknownas Big Data).

Введение

Мировой объем продаж в сети Интернет растет из года в год . В настоящее время онлайн-торговля составляет более 5% мирового объема торговли. В связи с этим набирают популярность *e-commerce* платформы, которые позволяют автоматизировать процесс торговли в сети. Как правило, магазины, работающие на этих платформах, имеют схожую структуру хранилищ данных . Это позволяет внедрить в платформу рекомендательную систему , которая сможет работать с различными магазинами , построенными по одной и той же схеме . Построение рекомендаций производится на основеданных, которые уже хранятся в магазинах. Мы разработали алгоритм, который для построения рекомендаций использует историю покупок пользователей , а также историю просмотра ими различных товаров. Проанализировав эти данные, можно спрогнозировать товары, которые пользователь с высокой вероятностью захочет приобрести.

В настоящее времявыделяют два основных подхода в построении рекомендательных систем – фильтрация на основе содержания (*content-based*) и коллаборативная фильтрация. Основой для построения рекомендаций с помощью фильтрации на основе содержания являются признаки, которыми обладают товары (например, жанр книги, имя автора и т. д.). Поскольку товары не всегда содержат такие признаки, мы используемколлаборативнуюфильтрацию. Её алгоритмы построены на идеях о коллективном разуме. Считается, что пользователи представляют собой интеллектуальную экосистему. Если отследить поведение этой системы, можно предсказать предпочтения покупателей. В таких случаях система анализирует пользовательские оценки (например, рейтинги фильмов, отзывы о книгах, «лайки»). Проблема состоит в том, что в магазине, для которого изначально велась разработка нашей системы, такая информация не хранилась. Данная проблема была решена анализом профиля пользователя в системе интернет магазина и выявлений неявных пользовательских оценок.

1 Анализ данных

Если пользователь неоднократно приобретал какой-либо товар, томы полагаем, что данный пользователь оценивает данный товар оценкой «5»; если просматривал товар, но не покупал – оценкой «2» и так далее. Использование таких неявных оценок позволяет предотвратить ситуации, когда пользователи завышают или занижают оценки (например, один пользователь «строг» и никогда не ставит выше тройки, а другой – слишком «добр» и всем ставит пятёрки).

Результатом такого анализа является таблица оценок пользователей (в профессиональной литературе также встречается название «матрица предпочтений»).Данная таблица имеет вид

<идентификатор пользователя, идентификатор товара, оценка>

и легко представима в форме SQL-таблицы.

Анализом поведения пользователей занимается модуль сбора оценок, который функционирует на стороне каждого онлайн-магазина. Его задача – проанализировать действия пользователей, проставить неявные оценки пользователей товарам и сформировать файл-таблицу оценок (мы используем файлы формата CSV), которая в дальнейшем отправляется в модуль обработки данных.

2 Алгоритмы расчёта рекомендаций

Коллаборативная фильтрация заключается в нахождении коэффициентов корреляции (схожести) между объектами. В качестве такихмогут выступать следующие объекты.

1) Пользователи. В этом случае при формировании рекомендаций для какого-либо конкретного пользователя следует рассчитать коэффициенты корреляции между параметрами профиля данного пользователя и параметрами всех остальных пользователей, найти из всех пользователей наиболее похожих на данного (с наибольшими коэффициентами) и рекомендовать ему те товары, которые приобретали они. Это – так называемый субъект-субъектный подход (в англоязычной литературе – *user-based*) [2, с. 34]. Использование этого подхода позволяет «знать каждого пользователя в лицо» и формировать персональные корзины рекомендуемых товаров. Такие рекомендации уместно предлагать, например, при оплате покупок, так как в течение одной сессии они не изменяются.

2) Товары. В этом случае используют ровно те же входные данные, но находят коэффициенты корреляции между параметрами товаров. Это – объект-объектный подход (в англоязычной литературе – *item-based*) [2, с. 43]. Он позволяет обнаружить товары, которые похожи на текущий, и такие рекомендации следует внедрять непосредственно на страницы с товарами.

В своей работе мы использовали оба подхода. Это позволяет наиболее эффективно использовать оценки пользователей. В качестве коэффициента корреляции нами использован коэффициент корреляции Пирсона [2,с. 31] (также известный как косинусная мера). Коэффициент принимает значения от -1 (в случае, если объекты имеют обратную корреляцию и их предпочтения диаметрально различаются) до 1 (в случае, если объекты похожи). Существуют и другие меры, например, манхэттенское расстояние [2,с.33]. Кроме того, мы решили проблему «холодного старта» - ситуации, когда данных слишком мало и параметры пользователей не коррелируют в силу слишком малых пересечений множеств оцененных товаров. Иными словами, мы не можем сравнить двух пользователей, потому что они оценивали совершенно разные товары. Для предотвращения таких ситуаций мы ввели «виртуальные оценки». Они присваиваются товарам из той же категории, что и товары, которые пользователь просматривал или приобретал. Это позволяет расширить множества оцененных товаров, что в свою очередь увеличивает пересечения этих множеств.

3 Организация распределённых вычислений

Обработка данных осуществляется в фреймворкеHadoop. Hadoop – это проект фонда Apache, предназначенный для решения задач анализа данных. Он позволяет без особых усилий разрабатывать программы для распределенных вычислений, причем процесс распределения поддерживается самим фреймворком (точнее – его демонами, которые запускаются на кластере и являются частью «экосистемы»Hadoop). Программы для Hadoop построены на основе принципов парадигмыMapReduce, которая заключается в разбиении программы на две фазы – map и reduce. На фазе map программа выполняет обработку локальных данных, которые находятся на каждой из машин. На фазе reduce машины начинают «общаться» между собой, и программа проводит вторичную обработку, используя результаты работы фазы map. Изначально такая архитектура программ разрабатывалась для подсчёта слов в поисковых системах. Однако, оказалось, что парадигма MapReduce применима и для других задач, которые включают в себя огромное множество однотипных подзадач (в нашем случае это вычисление коэффициентов корреляции).

Входные данные для обработки (таблица предпочтений) загружаются на MySQL-сервер, запущенный на одной из машин кластера Hadoop. На самом деле, мы используем MySQL не для хранения данных, а для транзакционного использования и упрощения извлечения данных из таблицы. MySQL создан специально для разработки OLTP-хранилищ, поэтому он обеспечивает быстрое выполнение запросов к серверу базы данных. Также мы создаем файл, который содержит идентификаторы всех пользователей. Программа считывает идентификатор, выполняет расчёт и выгружает в выходной файл список наиболее похожих пользователей и коэффициенты корреляции с профилем этих пользователей. На практике рассматривают только объекты, корреляция параметров которыч больше значения 0,2. Объекты с меньшей корреляцией не считаются похожими и не учитываются при формировании рекомендаций. Итак, на фазе marвысчисляем коэффициенты корреляции и находим наиболее похожие объекты. На фазе reduce осуществляется сбор информации с map и вывод в выходной файл. Это так называемая map-only задача.Reduce не несет никакой алгоритмической нагрузки и просто собирает обработанную информацию.

Hadoop запускает задачу следующим образом. Входной файл «режется» на несколько сплитов (частей), для каждого сплита назначается mapper (отдельная машина, в случае если машин меньше, чем сплитов, то задачи marзапускаем последовательно на наиболее свободных машинах, за это также отвечает «экосистема»Hadoop [1, с. 49; 3,с. 480]). Кроме того, каждая задача map запускается в несколько потоков управления, и на каждой машине одновременно вычисляется несколько пользователей (map легко конфигурируется и делается многопоточным средствами Hadoop). Это позволяет максимально использовать вычислительную мощность каждой машины кластера. Схема работы модуля обработки представлена на рис. 1.

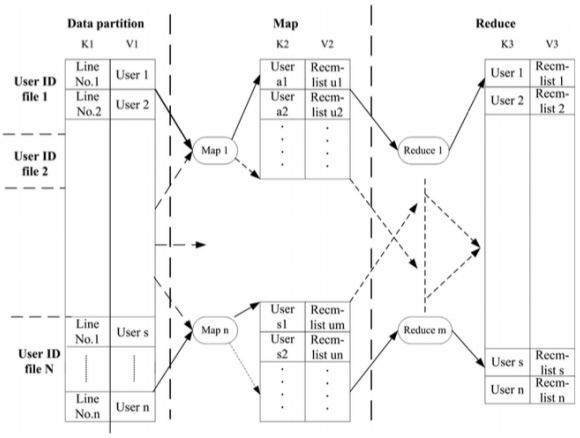


Рис. 1. Схема работы модуля обработки

Полученный после расчета файл формата CSV отправляется обратно на серверинтернет-магазина и загружается в его OLTP-хранилище, то есть в таблицу, которая имеет вид

<объект1, объект2, коэффициент Пирсона>.

Теперь с помощью довольно простых запросов из такой таблицы можно извлекать информацию для рекомендаций. Подчеркнем, что необходимо повторять всё вышесказанное дважды – один расчёт для пользователей, второй – для товаров (поскольку мы используем оба подхода коллаборативной фильтрации).

Понятно, что запускать процедуру расчёта придётся регулярно – ведь в течение времени каждый магазин накапливает всё больше данных о своих пользователях. Это улучшает результаты работы – чем больше данных, тем точнее рекомендации, однако больше времени требуется для вычисления. Это ещё одна из причин, почему мы использовали Hadoop: для того, чтобы увеличить вычислительную мощность кластера, достаточно всего лишь подключить к нему ещё больше машин (горизонтальная масштабируемость), причем можно использовать дешевое «железо» [1, с. 23]. Структура разработанной системы представлена на рис. 2.

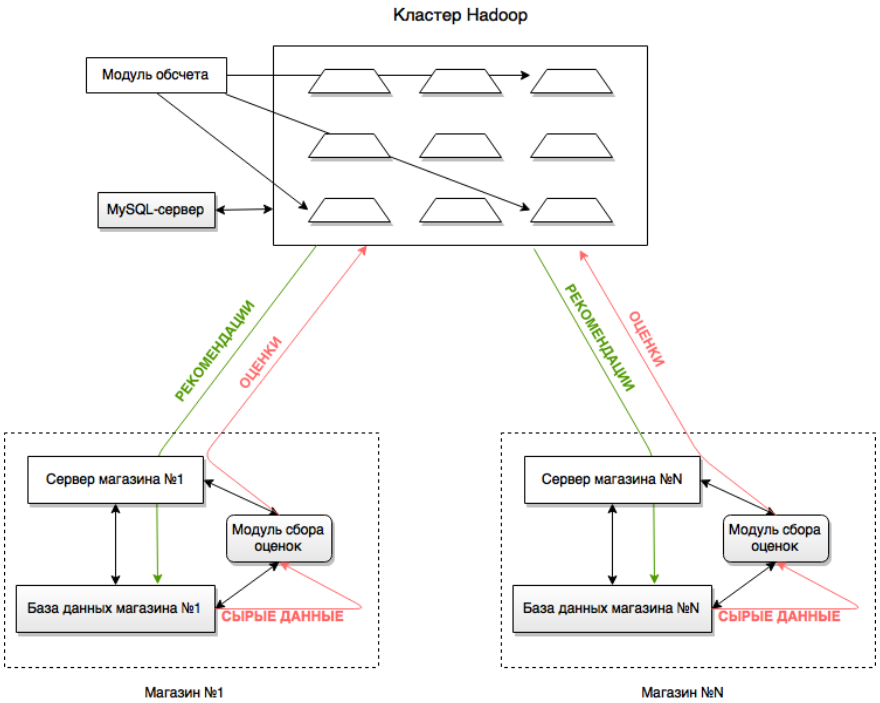


Рис. 2. Структура рекомендательной системы

Заключение

Система была протестирована на реально функционирующих онлайн-магазинах. Разработанный продукт готов к внедрению на реальные предприятия электронной коммерции и способен приносить финансовую прибыль.

Литература

1. ЧакЛэм. Hadoop в действии. – М: ДМК Пресс, 2014 – 424 с.: ил. ISBN 978-5-97060-156-3.
2. Тоби Сегаран. Программируем коллективный разум. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2008. – 368 с., ил. ISBN13: 978-5-93286-119-6 ISBN10: 5-93286-119-3.
3. Zhi-Dan Zhao, Ming-Sheng Shang. 2010 Third International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА КОМПАНИЙ IT-ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ

Андрусенко А. С.
Научные руководители: д.физ.-мат.н., профессор Карпенко А.П., к.мед.н., доцент Соколянский В.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ФН1, Москва, Россия

Andrusenko A. S.
Supervisors: Dr., Prof., Karpenko A.P., Ct. of Med. Sc., Dt., Sokolyanskiy V.V.
BMSTU, Moskow, Russia

Аннотация
Предлагается модель оценки интеллектуального капитала компаний ИТ-отрасли экономики. Производится оценка интеллектуального капитала двух ИТ-компаний и его максимизация, путем оптимизации предложенной целевой функции интеллектуального капитала с помощью генетического алгоритма глобальной оптимизации.

Abstract
The paper proposes a model for evaluating intellectual capital company IT industries. The estimation of the intellectual capital of the two IT companies and its maximization, through the optimization of the proposed objective function of intellectual capital with the help of genetic algorithm of global optimization.

Введение

В современном обществе интеллектуальный капитал (ИК) становится основой богатства. Именно он определяет конкурентоспособность экономических систем, выступает ключевым ресурсом их развития. В процессе создания, трансформации и использования интеллектуального капитала участвуют коммерческие предприятия, государственные и общественные учреждения и организации, т. е. все субъекты рыночных отношений. Способность экономики создавать и эффективно использовать интеллектуальный капитал все в большей мере определяет экономическую силу нации, ее благосостояние. Открытость общества для импорта разнообразных знаний, идей и информации, способность экономики продуктивно их перерабатывать – вот от чего зависит успешное социально-экономическое развитие любой страны [1].

В данной работе предложена модель оценки интеллектуального капитала, основанная на трехкомпонентной структуре Т.Стюарта и произведена оценка ИК двух российских (*МГТС, Ростелеком*) компаний-лидеров ИТ-сектора экономики.С использованием генетического алгоритма глобальной оптимизациииполучен оптимальный вариант распределения вложений в нематериальные активы, при котором достигается максимальная оценка ИК. На основании полученных результатов были сделаны выводы об эффективности вложений, произведенных компаниями, в интеллектуальный капитал.

1 Модель ИК и исходные данные

Предложенная модель оценки ИК основана на трехкомпонентной структуре, предложенной в 2007г. американским экономистом Т. Стюартом. В данной структуре интеллектуальный капитал представлен тремя составляющими: человеческим, структурным и потребительским капиталом [2]. Предложенная модель функция оценки ИК компаний имеет вид

$$F(X) = \sum_{i=1}^{3} f_i(C, X), \qquad (1)$$

где $C = (c_i, i \in [1:9]) \in R^9$ - вектор факторов; функции $f_i(C, X)$ формализуют денежные эквиваленты человеческого, организационного и потребительского капитала и равны соответственно

$$f_1(C, X) = (c_2 + c_5 + c_6 + c_7)x_1 + (c_1^{-1} + c_2 + c_4 + c_5 + c_7^{-1})x_2,$$
$$f_2(C, X) = (c_2 + c_3 + c_5 + c_6)x_3,$$
$$f_3(C, X) = (c_1^{-1} + c_2 + c_4 + c_8^{-1} + c_9^{-1})x_4 + (c_4 + c_6 + c_9^{-1})x_5.$$

Смысл компонент векторов *C*,*X* раскрывается в таблице 1.

Таблица 1 - Компоненты, влияющие на ИК компании

Внешние факторы			
Возраст существования на рынке (c_1); *KEI* образование (c_2); *KEI* инновации (c_3); *KEI*технологии (c_4)			
Внутренние факторы	**Человеческий капитал**	**Организационный капитал**	**Потребительский капитал**
Финансовые	- Расходы на оплату труда (x_1) - Затраты на формирование корпоративной культуры (x_2)	- Инвестиции в НИОКР (x_3)	- Затраты на рекламу (x_4) - Затраты на маркетинговые исследования (x_5)
Нефинансовые	- Квалификация топ-менеджмента (c_5) - Средний уровень образования в компании (c_6) - Средний стаж работы в компании (c_7)		- Цитируемость сайта (c_8) - Бренд (c_9)

2 Постановка задачи

Ставим задачу оптимизации интеллектуального капитала как задачу многомерной условной оптимизации

$$\max_{X \in \Omega} F(X) = F(X^*), \qquad (2)$$

где $X = (x_1, x_2, x_3, x_4. x_5) \in R^5$ - вектор нормализованных варьируемых параметров, компоненты которого имеют смысл статей расходов (таблица 1); $F(X)$ - скалярная целевая функция – интеллектуальный капитал компании; Ω – множество допустимых значений компонентов вектора *X*. Нормализацию компонентов вектора *X*выполняем по правилу

$$x_i = \frac{x_i}{D} \in [0;1], \quad i \in [1:5],$$

где D – общая сумма денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал.

В качестве целевой функции выступает функция оценки интеллектуального капитала (1). Компоненты вектора *C*полагаем тем или иным образом нормализованными, так что $c_i \in [0;1]$ для всех $i \in [1:9]$. Например, компоненту c_1 естественно определить в виде

$c_1 = \frac{c_1}{n - 1896}$, где знаменатель - возраст самой старой ИТ-компании (*n*– текущий год).Множество Ω определяют ограничениям

$$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1, \quad (3)$$

$$0,9x_1^0 <= x_1 <= 1,1x_1^0, \quad (4)$$

$$0,5x_i^0 <= x_i <= 1,\ i = 2...5, \quad (5)$$

где $x_i^0, i = 1...5$ – доля *i*-той финансовой переменной в общей сумме денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал (*D*) на момент исследования; $x_i, i = 1...5$ – доля *i*-той финансовой переменной в*D*, полученная путем оптимизации целевой функции (2).Ограничение (3) имеет смысл равенства общей суммы денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал, величине *D,* с учетом того, что слагаемые $x_i, i \in [1:5]$ являются нормализованными.Неравенства (4), (5) имеют смысл предпочтительных ограничений на изменение финансовых переменных.

3 Канонический генетический алгоритм

Для решения задачи оптимизации (1) – (5) используем канонический генетический алгоритм(GeneticAlgorithm, GA), который основанна принципах естественного отбора Ч. Дарвина. GAотносится к стохастическим методам. Этот алгоритм успешно применяется в различных областях деятельности (экономика, физика, технические науки и т.п.).

Основными являются следующие этапы генетического алгоритма [3].

1) Вещественное кодирование. Искомая точка *X* – приближенное решение задачи представляем в виде строки конечной длины. Такая строка называется особью или хромосомой.

2) Отбор лучших особей. Вычисляем вероятность отбора *i*-ой особи по формуле $P_{si} = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^{N} F_j}$,где $F_i = F(X_i)$– текущее значение функции приспособленности данной особи; *N* – размер популяции. Отбираем *N* особей в следующее поколение пропорционально этой вероятности.

3) Применение оператора скрещивания (кроссинговера) к выбранной с вероятностью P_c паре особей и создание новой пары особей. Действие оператора скрещивания заключается в следующем: случайным образом выбираем номер $l \in [1:|X|]$компоненты вектора *X*; меняем местами компоненты x_l в скрещиваемых векторах.

4) Применение оператора мутации к выбранному индивиду. Операция заключается в замене значения случайно выбранной компоненты вектора *X* на противоположное или случайное.

Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока новая популяция не будет сформирована полностью. Каждая итерация GA называется поколением. Процесс формирования новых поколений продолжается до стагнации улучшения значения целевой функции.

Все необходимые данные об исследуемых компаниях, полученные из открытых источников, представлены в таблице 2(2014г.) [4].

4 Результаты вычислительного эксперимента

В таблице 3 представлены результаты работы генетического алгоритма.На рисунках 1, 2 представлены диаграммы, отражающие распределение финансов компании по нематериальным активам в 2014 году и оптимальное распределение финансов, полученное в результате работы алгоритма.

По значениям реальных данных (а) видно, что для того, чтобы увеличить ИК, компании преимущественно вкладывают деньги в оплату труда сотрудников. Также значительная часть средств вкладывается в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки для поддержания способности компаний отвечать требованиям рынка. Обе компании вкладывают небольшой процент денег в корпоративную культуру.

Таблица 2 - Исходные данные для исследования для компаний *МГТС* и *Ростелеком*

Внешние переменные					
	Возраст компании (c_1)	KEI образование (c_2)	KEI инновации (c_3)	KEI технологии (c_4)	
МГТС	8	0,679	0,693	0,716	
Ростелеком	21	0,679	0,693	0,716	
Нефинансовые переменные					
	Квалификация топ-менеджмента (c_5)	Средний уровень образования (c_6)	Средний стаж работы (c_7)	Цитируемость сайта (c_8)	Бренд (c_9)
МГТС	0,3	0,58	0,35	0,003	0,1
Ростелеком	0,5	0,8	0,47	0,007	0,1
Финансовые переменные					
	Оплата труда (x_1), тыс. руб.	Инвестиции в корпоративную культуру (x_2), тыс. руб.	Инвестиции в НИОКР (x_3), тыс. руб.	Затраты на рекламу (x_4), тыс. руб.	Затраты на маркетинг (x_5), тыс. руб.
МГТС	6180 000 $x_1^0 = 0,339$	645 000 $x_2^0 = 0,035$	8 473 000 $x_3^0 = 0,464$	1 300 000 $x_4^0 = 0,071$	1 656 000 $x_5^0 = 0,091$
Ростелеком	91 692 000 $x_1^0 = 0,456$	11 085 000 $x_2^0 = 0,055$	47 400 000 $x_3^0 = 0,236$	20 426 000 $x_4^0 = 0,102$	30 397 000 $x_5^0 = 0,151$
Значение ИК					
МГТС	$F(X) = 28$				
Ростелеком	$F(X) = 19,4$				

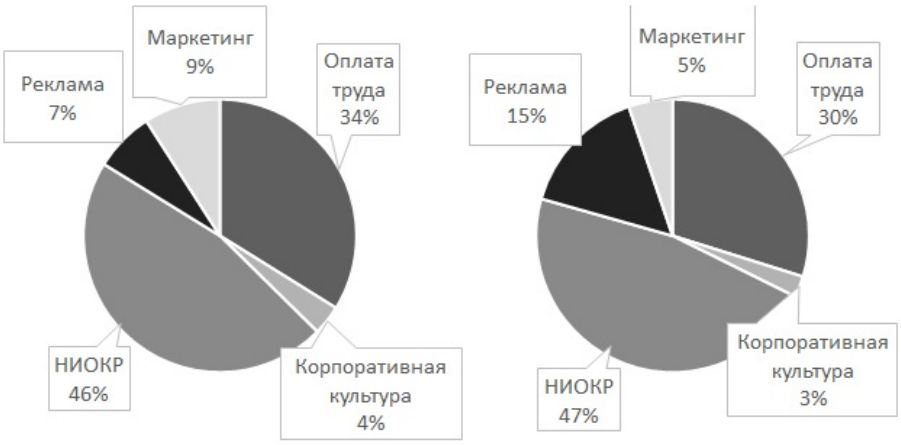
Таблица 3 - Результаты работы алгоритма для компаний *МГТС* и *Ростелеком*

МГТС	Ростелеком
$x_1 = 0.298, x_2 = 0.025, x_3 = 0.470,$ $x_4 = 0.154,\ x_5 = 0.052$	$x_1 = 0.413, x_2 = 0.047, x_3 = 0.242,$ $x_4 = 0.211,\ x_5 = 0.088$
$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1$	$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1$
$F(X) = 45.47$	$F(X) = 33$

Диаграмма (б) компании *МГТС* показывает, что максимальное значение ИК достигается путем увеличения затрат на НИОКР и рекламу, чтобы повысить привлекательность компаний для потребителей, за счет снижения затрат на маркетинг.

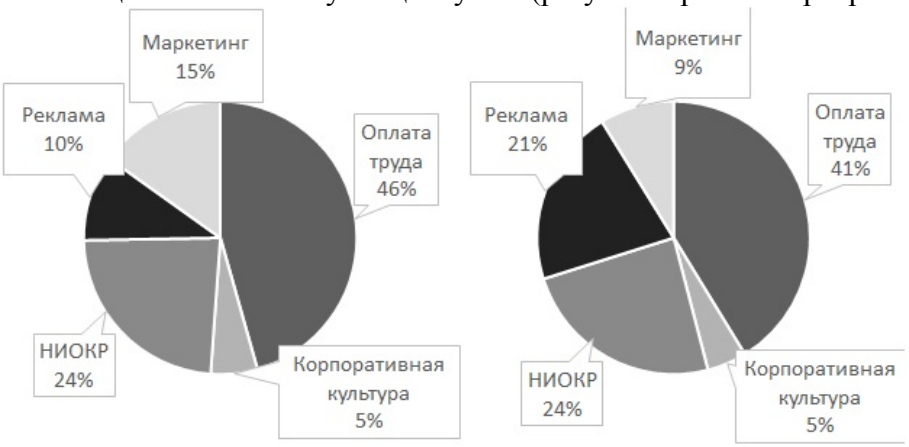
Для компании *Ростелеком* увеличение показателя ИК коррелирует с увеличением затрат на рекламу.

Для обеих компаний процент затрат на оплату труда изменяется слабо либо не изменяется. Отчасти, это происходит из-за лица принимающего решения, который предъявляет более жесткие требования (4) к данному параметру.



а) б)

Рис. 1. Данные компании *МГТС*: а) реальные значения за 2014г.; б) значения, доставляющие максимальную оценку ИК (результат работы программы)



а) б)

Рис. 2. Данные компании *Ростелеком*: а) реальные значения за 2014г.; б) значения, доставляющие максимальную оценку ИК (результат работы программы)

Заключение

С помощью разработанногоматематического и программного обеспечения удалось улучшить значенияинтеллектуального капитала компании, распределив финансовые переменные с указанными приоритетами в сторону человеческого, организационного и потребительского капитала.

Литература

1. Пострелова А. В., Донскова М. В. Оценка интеллектуального капитала предприятия [Текст] // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июнь 2013 г.). — СПб.: Реноме, 2013. — С. 53-56.

2. Shakina E., Barajas A. The relationship between intellectual capital quality and corporate performance: an empirical study of Russian and European companies // Economic Annals. 2012. № 192. P. 79-97.

3. Андрусенко А.С., Ямченко Ю.В., Карпенко А.П., Соколянский В.В.: Роевая модификация классического генетического алгоритма глобальной оптимизации // Естественные и технические науки. – 2016. – №5. – С.111.

4. Соколянский В.В., Каганов Ю.Т., Волосникова М.С., Ишимцев В.И.: Оптимизация параметров интеллектуального капитала на основе искусственной иммунной системы на примере ИТ-сектора // Естественные и технические науки. – 2015. – №6 (84). – С. 106-111.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕХНИЧЕСКИМ ИЗДЕЛИЯМ

Бочаров В.А.
Научный руководитель: старший преподаватель, Берчун Ю.В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

INFORMATION SYSTEM FOR THE STRUCTURING OF REQUIREMENTS FOR TECHNICAL PRODUCTS

Bocharov V.A.
Supervisor: Senior Lecturer, BerchunYu.V.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье приведеныактуальные причины разработки системы, которая, отдельно от PLM-системы, выполняет структуризацию технический требований на предприятии, а также даны требования для данной системы. Даны понятия требования в производстве. Объяснено, как идет процесс проектирования изделия на основе требований.

Annotation
This article presents the actual reasons for the development of the system, which, apart from the PLM system, performs the structuring of technical requirements at the enterprise, and also the requirements for this system are given. Concepts of the requirements in production are given. It explains how the product design process is based on requirements.

Введение

Прежде чем перейдем к требованиям, поясним из чего состоит проектирование. Оно состоит из 4 этапов: Аванпроект, Эскизный проект, Технический и Рабочая конструкторская документация. На этапе Аванпроекта отдел главного конструктора и службы маркетинга преобразуют требования заказчика в структуру требований для конструкторов, составляют ТЗ и создают первичную компоновку изделия(БКС). На этапе Эскизного проекта из данных, которые получили на предыдущем этапе, получаем план работ, уточненную БКС, инженерные расчеты и верхне-уровневый электронный макет(ЭМ). На этапе Технического проекта на выходе получается валидация требований, ЭМ, база нормативных стандартных изделий(НСИ) и технологию сборки. И на последнем этапе Рабочая конструкторская документация оформляется вся проделанная работа в виде оформленной 3D-модели, управление бизнес процессами, который разбивается на управление изменений и процедуру согласования.

Требования появляются, как видно, на первом этапе и связаны с изделием на всех этапах. Само понятие требование очень широкое, используем понятие, которое чаще используется в машиностроение: требование — это утверждение, которое идентифицирует эксплуатационные, функциональные параметры, характеристики или ограничения проектирования продукта или процесса, которое однозначно, проверяемо и измеримо. Так же есть еще одно определение: требования — это документально изложенный критерий, который должен быть выполнен, если требуется соответствие документу, и по которому не разрешены отклонения.

Достижение цели зависит от её формулировки, и первый шаг к успеху дела — правильно сформированные цели, и поэтому все требования должны обладать определенными характеристиками. В соответствии с теорией S.M.A.R.T. все требования к изделию должны быть:

– S - Specific (Конкретный). Объясняется, что именно необходимо достигнуть. Например, **«**Трехступенчатый цилиндрический понижающий редуктор**».**

– M-Measurable (Измеримый). Объясняется, в чем будет измеряться результат.

Если показатель количественный, то необходимо выявить единицы измерения, если качественный, то необходимо выявить эталон отношения. Например, «масса редуктора не должна превышать 100 кг».

– A-Attainable, Achievable (Достижимый). Объясняется, за счёт чего планируется достигнуть цели. И возможно ли её достигнуть вообще? Например, «уменьшить диаметр тихоходного вала относительно предыдущей разработки».

– R- Relevant (Актуальный). Определение истинности цели. Действительно ли выполнение данной задачи позволит достичь желаемой цели? Необходимо удостовериться, что выполнение данной задачи действительно необходимо. Например, «при необходимости изменений, можно использовать двухступенчатый редуктор».

– T- Time-bound (Ограниченный во времени). Определение временного триггера/промежутка по наступлению/окончанию которого должна быть достигнута цель (выполнена задача). Например, «эскизный проект должен быть полностью готов и утвержден в течение ближайшего месяца».

Актуальность управления требованиями заключается в том, что от их реализации зависит сложность, доступность и правильность эскизного, а далее и технического проекта. Для конструкторского бюро создание дерева требований и связь его с конструкторским составом изделия является первоочередной задачей после уточнения требований от заказчика.

Процесс проектирования КСИ на основе требований

В предыдущем пункте было дано понятие, что такое, а теперь осталось понять, как же происходит проектирование КСИ под управлением требований.

Сначала из требований заказчика узнается, какое изделие в конечном итоге должно получится. Потом уже формируется скелет СТ, который описывает основные характеристики изделия. Позже составляется основа ФСИ, которая описывает главные функции и показывает, каким параметрам должны они соответствовать. На основе этих базовых структур формируется основа КСИ, в котором будет все основные элементы, которые реализуют данные функции. В последствии, когда СТ и ФСИ детализируются, расширяется КСИ до уровня деталей. Последним этапом является детали/подсборки, связанные уже с конкретными проверками требований на соответствие их выполнения.

Разработка требований к информационной системе и прототип

Актуальность разработки информационной системы, в которой можно создавать СТ, ФСИ и КСИ, и делать трассировку, заключается в нескольких факторах:

– многие КБ создают требования на бумаге и от сюда возникает проблема передачи требований по заводу и увеличения риска ошибки при формировании самой структуры требования;

– PLM-система Teamcenter очень дорогая и не каждое предприятие может себе его позволить;

– необходимо при просмотре требований на компьютере была видна иерархия всех 3-х структур, и как они связаны между собой.

Перед тем как начать разрабатывать такую систему, нужно сформулировать требования к ней, какими сущностями она обладает. В системе будут присутствовать 8 сущностей:

1. Спецификация требования (в иерархии структуры требований занимает самый верхний уровень, от нее могут создавать под спецификации, требования);
2. Под спецификации (разбивают большую задачу на маленькие, для простоты восприятия);
3. Требования (по иерархии идут ниже спецификации и в них могут создавать проверки);
4. Проверки требований (самый низкий уровень, в них описывается, что проверяем и по каким критериям);

5. Функции (верхний уровень ФСИ, в ней создаются под функции);
6. Под функции (в них описывается часть логики всей функции);
7. Сборки и детали;
8. Трассировки.

Система принимает данные из БД и так же сохранять в нее все изменения. Сущности можно создавать, корректировать, удалять. Следующим требованием к системе будет отображение матрицы трассируемости и трассировки. Система должна отображать матрицу трассировки и для всех требований и для функций, то есть можно выбрать показать связи для ФСИ или для СТ, а также должна подсчитывать сколько всего связей у каждого элемента.

После формулировки требований переходим к реализации прототипа. Сначала была выбрана БД MSSQL 2016, как простое и удобное хранилище данных для разработчика и для ОС. Разработка ведется в WindowsServer 2016 с помощью технологии MVC 5 и языков C#, HTML, Java-Script, а также с помощью CSS был создан дизайн. Дальше были рассмотрены варианты создания иерархии в БД:

- список смежности;
- материализованный путь;
- вложенные множества;

Рассмотрев все эти варианты, был выбран метод «Список смежных вершин», так как он более удобен для редактирования и добавления новых узлов, в произвольные места дерева. Но есть еще так называемые графовые БД. Это разновидность баз данных с реализацией сетевой модели в виде графа и его обобщений. Такой принцип работы с данными будет удобен, если в данной системе добавить сравнение данных, так как по графу искать данные удобнее, то результаты команд будут лучше. Это нужно, если сделать автоматическую генерацию требований. Допустим в БД уже есть проекты, в которых есть требования, и нужно создать новый проект, похожий на один из них. Тогда пусть система найдет по определенным критериям те данные, которые максимально близки для новой структуры требований, и сама сгенерирует новые требования. Такой подход резко уменьшит затраты на то, чтобы самому с нуля все делать, так как скелет будет уже готов, его нужно только дополнить и подправить, если требуется. Так же можно сделать и для ФСИ и КСИ. Такая система позволяет быстрее выпускать продукцию и дает больше времени на модернизацию изделий.

Заключение

В итоге данная система сделает большой прорыв в производстве на начальных этапах всех проектов и дает новую планку для систем, позволяющие управлять жизненным циклом изделия.

Литература

1. Организация подготовки производства с помощью PDM-системы Teamcenter. Смелов В.Г., Кокарева В.В., Малыхин А.Н., Малыхина О.Н. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Выпуск № 6-4/том 15/ 2013.
2. Иерархические структуры данных и Doctrine. Сайт Хабрахабр. Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/46659/(дата обращения 05.11.2016).
3. Автоматизация внесения архива конструкторско-технологической документации в PLM-систему Teamcenter. Чижов М.И., Бредихин А.В., Хаустова Т.О., Гирчев Н.А. Вестник Воронежского государственного технического университета. Выпуск № 1/том 8/2012.
4. Использование графовых Баз Данных при решении задачи фильтрации в рекомендательных системах. Яковлев Д.А., Суконщиков А.А. Журнал Системы управления и информационные технологии. Том 42, № 4, 2010.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЛИДА ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ NX –TEAMCENTER

Бушмина А.В., Кишкурно Е.Э., Молотков И.Ю.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.И.Оглоблин
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

DESIGN OF THE RACE CAR OF THE FORMULA THE STUDENT IN THE PROGRAM NX COMPLEX – TEAMCENTER

BUSHMINA A. V., KISHKURNO E.E., I.U. MOLOTKOV
Supervisor: Ph. D., Associate Prof., D. Ogloblin
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается вопросы проектирования болида Формулы Студент (ФС) в рамках единой концепции PDM (PLM).

Abstract
In article is considered questions of design of a race car of the Formula Student (FS) within the uniform concept of PDM (PLM).

Введение

Болид Формулы Студент (ФС) в настоящее время конструируется, рассчитывается и производится в отрыве от программ PDM (PLM). Однако, участники проекта и руководители заявляют о необходимости совмещения всех знаний о проекте в рамках одного программного комплекса (ПК) для упорядочивания ведения проектов, управления процессом проектирования и изготовления, сравнения баз спроектированных и изготовленных деталей. Несмотря на то, что спонсором ФС традиционно является компания-разработчик программы «SolidWorks», с учетом наличия передовых конструкторских решений и опыта внедрения цифровых технологий Siemens на предприятиях России, было принято решение в перспективе использовать ПК NX-Teamcenter. Для этого необходимо реализовать программу обучения студентов интерфейсам и приемам работы в Siemens NX и поддержке процессов проектирования и управления производством в Siemens Teamcenter.

Рис. 1. Команда "Формула- студент" МГТУ им.Н.Э.Баумана

Обучение участников Формулы Студент проводится по программам кафедры САПР силами студентов, специализирующихся на данной тематике. Упор сделан на ознакомлении с преимуществами NX перед конкурентами – более широкие возможности работы в контексте больших сборок и существенно более развитые средства создания, анализа и управления ассоциативными связями. К сожалению, студенты кафедры САПР, знакомые с NX и TC, не обладают познаниями конструкторов и поэтому принимают участие в проекте в роли консультантов. В качестве базы для хранения результатов проектирования и производства и управления процессом разработки принята программа PLM Teamcenter. Сама программа и материалы по технологии цифрового проектирования были предоставлены дилером Siemens в России - «ЛАНИТ». Возможно, задача проектирования студенческого болида слишком мала для развертывания подобного ПК, однако ЛАНИТ не забыл и об обучении студентов МГТУ им. Н.Э.Баумана современным технологиям.

1. Применение платформы Siemens NX

Проблемой использования программы Siemens NX является необходимость переучивания студентов, имеющих опыт конструирования в программе «SolidWorks». Интерфейс, начальные настройки программы, эскизы, детали, сборки, технология WAVE – процесс обучения конструкторов разбит на 6 уроков и предполагает вместо домашних заданий формирование 3D моделей агрегатов студенческого болида. Предстоит также ознакомление с расчетами, исследованием кинематики и динамики разработанных узлов в NX.

После формирования 3D модели возникает вопрос создания базы данных для управления процессом проектирования в программе PLM, ведения проектной документации от уровня заказчиков до уровней исполнителей, верификации результатов для подтверждения достижения поставленных целей и требуемого качества до выпуска опытного образца.

Использованная «технология электронного макета» в программе PLM Teamcenter предполагает введение понятий и папок хранения самого электронного макета изделия, базовых контрольных структур, личных контрольных структур, вспомогательных построений, рабочих частей по расчетам, технологической проработке, папки текстовых документов с техническими заданиями и организационно-распорядительными документами. Эти папки объединены номером детали (item). Состав изделия указан в спецификации (Bill Of Material), которая предполагает членение по элементам конструкции или системам. Кроме того, структура будущего изделия уточняется на этапах аванпроекта, эскизного и рабочего проектирования, которые хранят одноименные папки.
Для управляемого проектирования в Teamcenter была сформирована входная информация - иерархия требований, которые уточняются на этапах проектирования и переводятся в технические задания (ТЗ) для конкретных исполнителей. Исходными условиями в ФС являются размеры и вес болида, литраж и экономичность двигателя, тормозной путь, радиус разворота, требования безопасности пилота. Они переведены в требования к подвеске, рулевому управлению, прочности рамы, стеклопластикового обвеса и т.д. В ТЗ исполнителю указаны также необходимые модификации и варианты применения разрабатываемых деталей.

Проектирование ведется методом «сверху-вниз». Сначала формируются контуры болида из условий ФС и приблизительных объемов агрегатов, известных по прошлым конструкциям, потом на них накладываются идеи компоновки новой машины в виде совокупности ограничений, названных базовыми контрольными структурами. Общая компоновка уточняется на этапах аванпроекта, эскизного и рабочего проектирования.
В качестве базовых контрольных структур выбраны габаритные объемы агрегатов с точками их присоединения к пространственной раме. Базовые контрольные структуры обладают свойством отслеживания связей между соседними деталями. Так, например,

пространственная рама должна иметь кронштейн и обеспечивать определенную жесткость конструкции в точке присоединения агрегата. Геометрически связи между деталями задаются посредством технологии WAVE и обеспечивают безошибочную собираемость сборки.

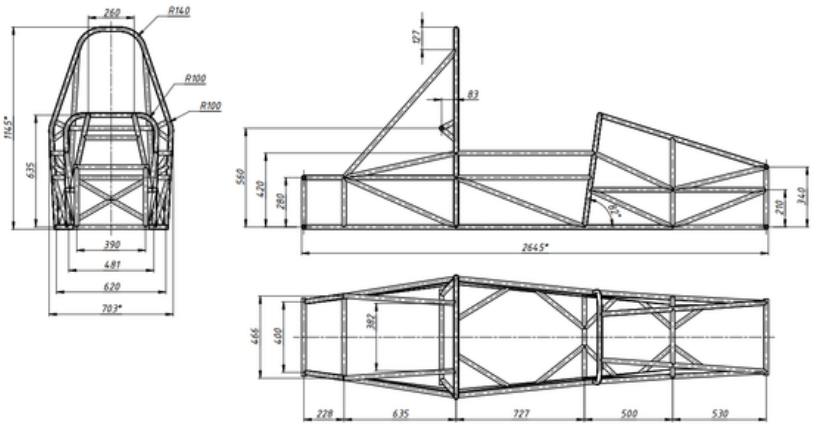


Рис. 2. Сварная пространственная рама (кронштейны крепления агрегатов, узлов и механизмов условно не показаны) [4]

Электронный макет содержит в себе результаты проектирования с учетом контроля спектра требований и является результирующей сборкой, составляющей конструкцию макетируемого изделия, очищенной от размеров и дополнительных построений. Сборка электронного макета гарантирует собираемость реального изделия, поскольку все размеры связаны и многократно контролируются.

Выходной информацией процесса проектирования является электронный макет болида в единой системе координат и рабочие чертежи, выпущенные после верификации электронного макета. Эти результаты дают возможность проверки требований, заложенных на этапе выдачи заданий и выполненных или не выполненных в процессе проектирования. Инструментарий для такой проверки предоставляет Teamcenter. В TC также можно загрузить и исследовать полную модель болида, что затруднительно в программах проектирования из-за большого количества деталей и связей.

Большое значение в процессе создания болида имеет этап изготовления. По условию ФС студенты должны сами изготовить болид. Мелкосерийное ручное производство приводит к значительному отклонению произведенных деталей от спроектированных. Для контроля в TC создана база изготовленных деталей, в которой можно увидеть их фотографии, предполагается программное сравнение произведенных и спроектированных деталей по внешнему виду и исследование в программе NX их реальных характеристик.

Возможность управление составами изделия в TC позволяет конфигурировать макет разработанного болида или узлов, управлять конструкторским, технологическим, производственным составами на основе настраиваемых правил и оценить особенности модификаций до начала производства. В процессе создания проекта сформированы рабочие группы исполнителей, введены ответственные за контроль результатов проектирования с учетом возможностей производства и оформлены рабочие процессы согласования конструкторской документации. Правильное оформление заданий и существование контроля является залогом своевременного и тщательного их исполнения.

Рис. 3. Экспозиция МГТУ им.Н.Э.Баумана на выставке Ростех (www.bmstu.ru)

Все участники проектирования отчитываются о проделанной работе, результаты контролируются по времени, а руководитель проекта видит проблемы проектирования и производства.

Заключение

Использование «тяжелой» системы проектирования и управления производством, какой является ПК NX –Teamcenter по сравнению с SolidWork, позволяет участникам ФС контролировать процессы проектирования и производства, применять современные технологии для исключения ошибок сложной сборки, рассчитывать выходные характеристики до появления опытного образца. А также набрать дополнительные баллы в конкурсе проектов для счет представления информации, содержащейся в программе PLM Teamcenter. Студенты - будущие конструкторы получают опыт работы в одной из самых совершенных систем проектирования и производства, а студенты - будущие программисты – опыт ее настройки.

Литература

1. Ельцов, М.Ю. Проектирование в NX под управлением Teamcenter. Учебное пособие / М.Ю. Ельцов, А.А. Козлов, А.В. Седойкин, Л.Ю.Широкова. – М.: ДМК Пресс. - 2013. – 752 с.
2. Комплексные PLM-решения ЛАНИТ // Электронный ресурс. URL: http://www.plmlanit.ru/misc/LANIT_PLM_2013.pdf. Проверено 20.01.2017.
3. Тороп Д. Н., Терликов В. В. Teamcenter. Начало работы // М.: ДМК Пресс. — 2011. – 280 с.
4. Студенческий «АДРЕНАЛИН» // Моделист - конструктор. Электронный ресурс. URL: http://modelist-konstruktor.com/razrabotki/studencheskij_adrenalin Проверено: 24.08.2011.
5. Курносенко А.Е., Соловьев В.А., Арабов Д.И. Программные модули для организации совместного проектирования электронной и механической составляющих изделия в САПР SOLID EDGE/NX // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 3 (155). С. 85-89.

ПЕРЕНОС ЛИЦЕВОЙ АНИМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Чиркова А.С.[1], Шуров Д.Л.[1]
***CGF*[1]**
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

FACIAL RETARGETING USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Chirkova A.S.[1], Shurov D.L.[1]
***CGF*[1]**
Supervisor: Ph.D., associate professor, Volosatova T.M.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассмотрен метод переноса лицевой анимации на основе использования сверточной нейронной сети. Кратко описаны подготовка обучающих данных и подбор параметров сети. В заключении приведены достоинства и недостатки метода.

Abstract
The article describes the method of facial retargeting using convolutional neural networks. Briefly presents hyper-parameters searching and training data preparation. In conclusion discusses the advantages and disadvantages.

Введение

Лицо человека имеет очень сложное строение, состоящее из множества мышц. Сокращения мышц придают человеку то или иное выражение лица. Множество комбинаций мышц определяет огромное разнообразие выражений. При этом для каждого человека одно и то же выражение проявляется уникальным образом.

Именно поэтому перенос лицевой анимации с актера на 3D модель персонажа представляет весьма сложную задачу, особенно если персонаж и актер имеют разное анатомическое строение лица. В данной работе представлен метод переноса анимации на основе сверточной нейронной сети, который принимает в качестве входных данных изображения актера.

1 Подготовка обучающих данных

В качестве обучающих данных были взяты последовательности кадров, в которых актер выражает определенные эмоции, говорит и т.п. Кадр представляет собой черно-белое изображение с разрешением 240×340. В каждом кадре персонажу придается соответствующее выражение лица посредством контролов – элементов управления (рис. 1). Общее количество элементов управления, использованных в обучении, равно 29: 6 контролов, регулирующих верхнюю часть лица персонажа, и 23 контрола для нижней части. Каждый контрол имеет диапазон значений от -1 до 1. Контролы, отвечающие за движение глаз и шеи, не использовались.

Обучающая выборка была расширена путем применения элементарных преобразований изображения: а именно, сдвиг по горизонтали и вертикали, поворотов по часовой и против часовой стрелки. Аугментация изображений данным способом также способствуют инвариантности системы к смещению и повороту. Всего было сделано 20 различных трансформаций (рис. 2). С учетом аугментации размер обучающей выборки достигает около 40000 изображений, 8000 из которых используется для валидации во время обучения сети.

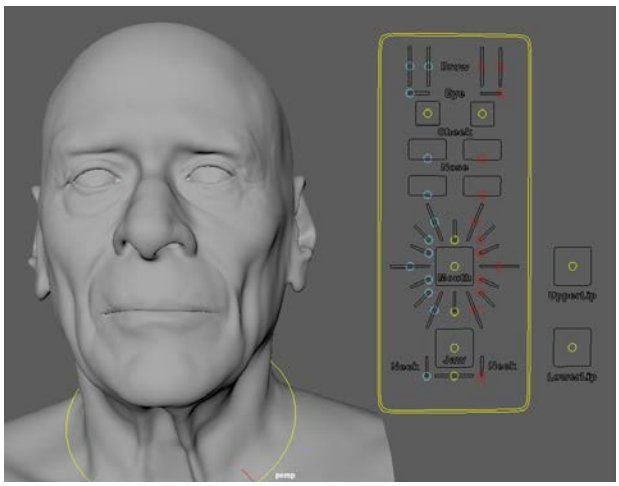


Рис. 1. 3D модель анимированного персонажа

Рис. 2. Аугментация обучающих данных

Данные хранятся в виде таблиц с расширением CSV, где в строке содержатся значения контролов и путь к исходному изображению актера.

2 Подбор гипер-параметров и выбор архитектуры сети

2.1 Подбор гипер-параметров

2.1.1 Размер набора входных данных (mini-batch size)

На практике принято вычислять градиент функции оценки C_x по нескольким входным данным, используя библиотеки линейной алгебры. Такой подход позволяет ускорить процесс обучения и избежать попадания в локальные минимумы. Веса нейронов w обновляются пропорционально среднему арифметическому значению полученных результатов:

$$w \to w' = w - \eta \frac{1}{100} \sum_{x} \nabla C_{x'} \tag{1}$$

где η – шаг обучения.

Значение параметра mini-batch size выбирается по усмотрению пользователя. Чем больше значение, тем быстрее будет работать сеть, но с другой стороны, веса нейронов будут обновляться реже. Кроме того, значение параметра может быть ограничено ресурсами компью т е р а .

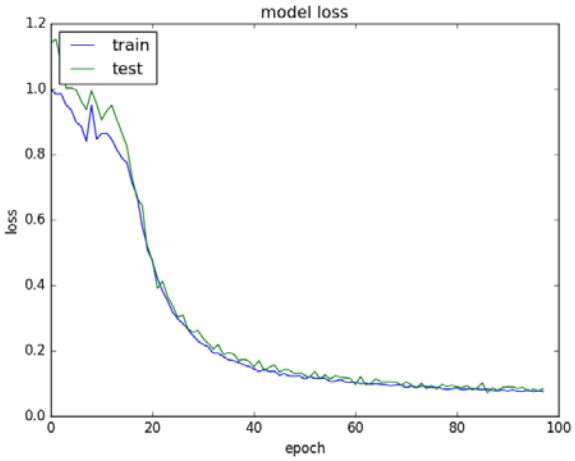
Для входных данных размера 30000 была получена следующая зависимость времени одной эпохи обучения сети от размера выборки при шаге обучения η = 0.0001. Было принято решение взять mini-batch size = 32 .

Таблица 1 - Зависимость времени обучения одной эпохи

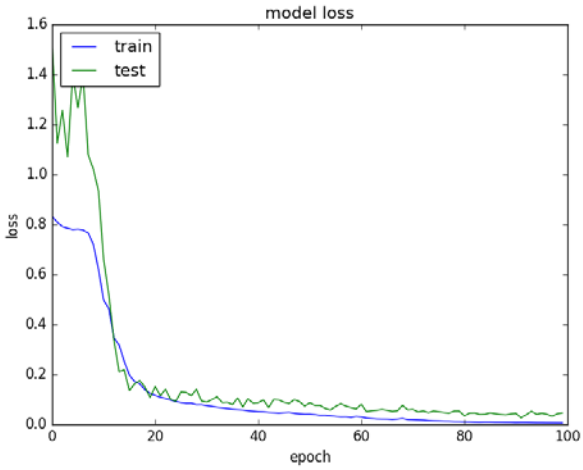
Mini-batch size	2	4	8	16	32	64
Среднее время, с.	218	192	173	165	164	-

2.1.2 Шаг обучения (η)

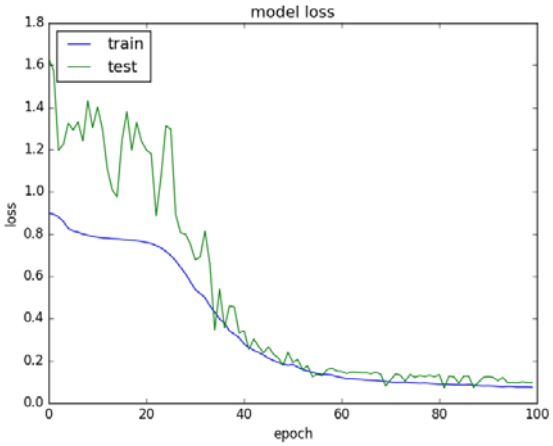
Шаг обучения η определяет величину шага градиентного спуска: при выборе слишком маленького шага метод будет сходиться медленно, а слишком большой может привести к расходимости.



а) η = 0.001



б) η = 0.0001



в) η = 0.00001

Рис. 3. Графики функций затрат при размере обучающей выборки равной 2000

По приведенным графикам зависимости функции затрат от шага обучения видно, что оптимальный результат достигается при η = 0.0001.

2.1.3 Количество эпох обучения

Отсутствие видимых изменений в значении функции затрат валидационных данных L_{val}, свидетельствует о переобучении сети. В данной работе применялся подход ранней остановки процесса обучения, если значение L_{val} не меняется более чем на 0.001 в течение 20 эпох.

2.2 Выбор архитектуры

Для исследования было выбрано 4 варианта архитектуры сверточной сети:

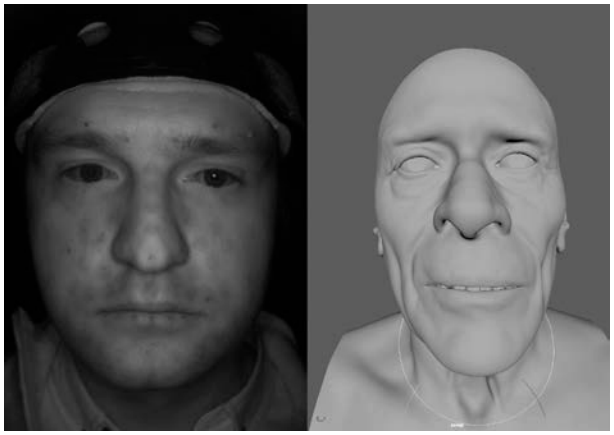
1) `INPUT -> [CONV(8, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(16, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(32, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> FC(100)->OUTPUT`
2) `INPUT -> [CONV(8, 7, 7) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(16, 5, 5) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(32, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> FC(100)->OUTPUT`
3) `INPUT -> [CONV(8, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(16, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(32, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL-> [CONV(64, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> FC(100)->OUTPUT`
4) `INPUT -> [CONV(8, 9, 9) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(16, 7, 7) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(32, 5, 5) -> RELU]*2 -> POOL -> [CONV(64, 3, 3) -> RELU]*2 -> POOL -> FC(100)->OUTPUT`

где:

- INPUT – входной слой;
- OUTPUT – выходной слой;
- CONV(FN, FS, FS) – слой свертки, FN – количество фильтров, FS – размер фильтра;
- RELU – слой функции активации;
- POOL – слой пулинга;
- FC(N) – полносвязный слой с N нейронами;
- *X означает повтор X раз последнего блока.

3 Результаты

Ниже приведены результаты работы системы. Для оценки полученных результатов не существует определенных критериев.



а) Результат работы архитектуры №1

б) Результат работы архитектуры №2

в) Результат работы архитектуры №3

г) Результат работы архитектуры №4

Рис. 4. Результат работы системы

Данные оцениваются экспертом, в данном случае аниматором.

Заключение

Для обучения системы необходимо огромное количество данных, требующих предварительной работы аниматора. Не смотря на то, что общее выражение лица передается, в некоторых случаях наблюдается сильная зашумленность и проблема смыкания/размыкания губ.

Литература

1. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks [Электронный ресурс] // URL: http://www.cs.toronto.edu/~fritz/absps/imagenet.pdf (дата обращения: 13.03.2017)
2. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recogntion [Электронный ресурс] // URL: http://cs231n.github.io (дата обращения: 13.03.2017)
3. Neural Networks and Deep Learning [Электронный ресурс] // URL: http://neuralnetworksanddeeplearning.com (дата обращения: 13.03.2017)
4. Lecun Y. Gradient-based learning applied to document recognition // Proceedings of the IEEE: 11 (86), 1998, 2278 - 2324.
5. Siting Liu. Facial Rigging Based on FACS Theory. [Электронный ресурс] // URL: https://vimeo.com/178857750 (дата обращения: 13.03.2017)

Работа выполнена на базе и при финансовой поддержке студии визуальных эффектов CGF. Авторы выражают благодарность Александру Горохову, Сергею Невшупову, Елизавете Яковенко, Аркадию Демченко, Siting Liu за помощь и предоставление материалов для выполнения данной работы.

МЕТОД МНОГОДИСЦИПЛИНАРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДУЛЯ, ВСТРАИВАЕМОГО В CAD-СИСТЕМУ

Щетинин Г.А.
Научные руководители: к.ф.-м.н., доцент, Романова Т.Н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ7, Москва, Россия
к.т.н., доцент, Пащенко О. Б.
АО «РСК «МиГ», Москва, Россия
Гаврилова Н. Ю.,
АО «РСК «МиГ», Москва, Россия

BUILT-IN CAD/CAM/CAE-SYSTEM METHOD OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF OBJECT PARAMETERS

Shchetinin G.A.
Supervisor: Can. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Professor, Romanova T.N.
BMSTU, Moscow, Russia
Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Professor, Paschenko O.B.
JSC «RAC «MiG», Moscow, Russia
Gavrilova N.Yu.
JSC «RAC «MiG», Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются разработка метода многокритериальной оптимизации. Исследованы существующие подходы и сделан вывод о необходимости разработки нового метода оптимизации. Описаны принципы предлагаемого метода и способ интеграции с CAD/CAM/CAE-системой. В заключении подведены итоги проведенной работы и обозначены её перспективы.

Abstract
The article recites the development of a method of multicriteria optimization. Existing approaches are investigated and the conclusion about necessity of development of a new method of optimization is made. The main principles of the proposed method and method of integration with CAD/CAM/CAE systemare described. The results oft he work are summed up in the conclusion and the prospects are identified.

Введение

В современном мире часто возникают ситуации, когда у человека (лица, принимающего решения – далее ЛПР) есть несколько возможных решений задачи, и он должен выбрать один из доступных вариантов, наиболее ему подходящий. Для этого необходимо определить параметры, влияющие на принятие решения, а также их взаимосвязь и роль в решении задачи. Решения, в которых все параметры принимают свои наилучшие значения, являются скорее исключением, нежели правилом. Возникает задача выбора одного из вариантов решения, в котором часть параметров приняли свои наилучшие значения, а часть – нет. Данную задачу можно решить с помощью экспертных оценок.

Одним из примеров задачи многокритериальной оптимизации является задача, решаемая в рамках системы автоматизированного проектирования. В конце 80-х годов появился комплекс программных средств компьютерного проектирования, подготовки производства и инженерных расчетов – CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering). CAD-системы дают возможность создать 3D-образ объекта. CAE-система решает задачу определения совокупности физических свойств проектируемого объекта и позволяет рассчитать его технические и эксплуатационные характеристики. Практика показала, что наиболее

типизируемыми оказались задачи автоматизации проектирования изделий и подготовки производства.

Однако автоматическая оптимизация применяется не часто. В частности, в рамках оптимизации не проводится всесторонняя оценка технологичности найденного решения, не редки случаи, когда полученное решение не может быть реализовано на практике или не согласуется с обликом изделия, заявленном в техническом задании. Кроме того, также возникают сложности с поддержкой и включением дискретных параметров в целевые функции: многие инструменты оптимизации требует, чтобы параметры задавались вещественными числами, непрерывными в некоторых диапазонах.

Таким образом, актуальной является задача разработки метода многокритериальной оптимизации параметров динамического объекта, основанного на исследовании и выборе параметров для оптимизации, а также учитывающего технологические ограничения. Разработанный метод многокритериальной оптимизации реализован в виде программного модуля, встроенного в существующую CAD/CAE/CAM-систему.

Проведенный анализ показывал, что попытки решить поставленную задачу существующими методами не увенчались успехом. Были реализованы несколько методов, использующих широко известные принципы решения задач многокритериальной оптимизации: принцип Парето [1,2] и принцип Гурвица [3,4] (критерий пессимизма-оптимизма), дополненные принципом Кепнера-Трего [5]. В каждом методе выделены одномерные критерии оптимизации, для каждого критерия определён его весовой коэффициент, после чего была составлена единая целевая функция и проведена многокритериальная оптимизация. Полученные результаты показали, что в данной задаче слабая связь параметров привела к разделению всех параметров объекта на две группы: в первую группу вошли параметры, принявшие свои наилучшие значения, а во вторую группу вошли остальные параметры, все они приняли свои наихудшие значения.

Таким образом, поставленную задачу исключительно существующими программными комплексами (SolidWorks, CATIA, КОМПАС-3Д, Siemens LMS Imagine.Lab) и классическими методами многокритериальной оптимизации решить не получилось.

Целью данной работы является разработка метода многокритериальной оптимизации параметров объекта для использования в системе автоматизированного проектирования. Для этого необходимо решить следующие задачи: исследовать предметную область, разработать математическую модель для многокритериальной оптимизации, инженерный метод для решения поставленной оптимизационной задачи, программное обеспечение, реализующее данный метод, для встраивания в систему автоматизированного проектирования.

Постановка задачи

Пусть X – множество возможных решений – набор решений, из которого следует осуществлять выбор; *Sel X* – множество выбираемых решений, $Sel\ X \subset X$. Оно и представляет собой решение задачи. На множестве X задаётся несколько критериев оптимальности $f_1, f_2, \ldots, f_m$, которые определяют векторный критерий, который принимает значения в пространстве m-мерных векторов R^m:

$$F = F(f_1, f_2, \ldots, f_m)$$

Пространство R^m называется пространством оценок, а всякое значение F(x) называется векторной оценкой возможного решения $x \in X$.

В соответствии с аксиомой Парето [1], решение выбирается следующим образом: если для пары решений $x_1, x_2 \in X$ выполняется неравенство $F(x_1)>F(x_2)$, то выбирается решение x_1.

Множество парето-оптимальных решений ($P_j(X)$) определяется следующим образом:

$P_j(X)=\{x_2 \in X |$ *не существует такого* $x_1 \in X$, *что* $F(x_1) \geq F(x_2)\}$

Рассмотрим задачу оптимизации по пяти параметрам: a, b, c, d, e – для которых заданы следующие направления оптимизации: $a \rightarrow a_{max}$, $b \rightarrow b_{min}$, $c \rightarrow c_{min}$, $d \rightarrow d_{max}$, $e \rightarrow e_{max}$. Каждый параметр определен на отрезке, но может быть как дискретной величиной, так и непрерывной.

Определим следующие критерии оптимизации:

$$f_1(a) = K_a \frac{a - a_{min}}{a_{max} - a_{min}} \qquad f_2(b) = K_b \frac{b_{max} - b}{b_{max} - b_{min}} \qquad f_3(c) = K_c \frac{c_{max} - c}{c_{max} - c_{min}}$$

$$f_4(\mathrm{d}) = K_d \frac{d - d_{min}}{d_{max} - d_{min}} \qquad f_5(e) = K_e \frac{e - e_{min}}{e_{max} - e_{min}}$$

При достижении каждым параметром своего оптимального значения соответствующая функция f_i принимает своё максимальное значение, а при достижении параметром своего самого неоптимального значения, функция f_i принимает значение равно нулю.

В условиях слабой связи параметров оптимизации – изменение одного из параметров не влечёт за собой автоматическое изменение другого параметра – выбрана аддитивная форма оценочной функции:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{m} f_i \qquad (1)$$

где x – возможное решение задачи, состоящее из вектора параметров для оптимизации;
$m=5$ – количество используемых критериев оптимальности.

Все критерии оптимальные достигают своего максимального значения при достижении соответствующими параметрами оптимальных значений, следовательно (по аксиоме Парето) x’ будет оптимальным решением при условии, что

$$F(x') = \max_{x \in SetX} F(x)$$

Однако данная оценочная функция не учитывает всех взаимосвязей параметров оптимизации, что может привести к серьёзным недочетам в получаемых результатах. С целью недопущения подобных ситуаций вводится дополнительная функция $\Phi(x)$, названная граничной функцией.

Эта функция учитывает независимые параметры (в рассматриваемой задаче – это параметры *a, b* и *e*) оптимизируемого объекта и представляет собой сумму:

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^{n} \phi_i \qquad (2)$$

где $n=3$ – количество независимых параметров объекта и

$$\phi_i = \begin{cases} \max(f_i), \text{если параметр принял своё оптимальное значение} \\ 0, \text{если параметр принял своё начальное значение} \\ -\max(f_i), \text{если параметр принял самое неоптимальное значение} \end{cases}$$

Таким образом, при отклонении параметра объекта от заданного начального значения в сторону оптимального значения величина функции-слагаемого будет положительной с максимальным значением. При отклонении параметра от начального значения в сторону неоптимального значения величина функции-слагаемого будет отрицательной.

1 Разработанный метод

Разработанный в данной работе инженерный метод решения включает в себя следующие элементы:

1. В качестве целевой функции для поиска оптимального значения использовать функцию (1);
2. Для улучшения получаемого решения использовать функцию $\Phi(x)$, вычисляемую по формуле (2).

3. Функцию Ф(x) использовать в качестве обязательного критерия оценки по одному следующему неравенству:

$$0 \le \Phi(x) \le f_{max}, \text{где } f_{max} = \max(f_i), i = \overline{1;n}$$

4) Для обеспечения точности полученного результата вводится сетка на множестве независимых параметров, используемых для вычисления Ф(x).

Решение x’ является решением следующей системы:

$$\begin{cases} F(x') = max\, F(x) \\ 0 \le \Phi(x) \le f_{max} \end{cases}$$

2 Внедрение в CAD-систему

Для создания приложения, реализующего разработанный метод, использовались библиотеки UGOpen, позволяющие запускать программный модуль в среде «Моделирование» Siemens NX [6]. Для этого необходимо запустить CAD-систему, открыть оптимизируемый объект и вызвать разработанный модуль. Предусмотрена возможность программного считывания параметров оптимизируемого объекта. Входной точкой графического модуля является функция ufusr, создающая объект интерфейса и отображающая его на экране. Если в процессе выполнения было сгенерировано исключение, то система показывает текст сообщения в сплывающем окне на русском языке.

Заключение

В данной работе проведен анализ предметной области, изучены существующие подходы к решению задач многокритериальной оптимизации. На основе полученных знаний построена математическая модель и разработан инженерный метод решения поставленной задачи. Разработанный метод позволяет оптимизировать параметры, заданные как непрерывными, так и дискретными величинами. Далее был создан алгоритм, реализующий разработанный метод многокритериальной оптимизации. Разработанный алгоритм был реализован в виде программного модуля, встроенного впоследствии в CAD-систему Siemens NX 7.5. В завершении было проведено полноценное тестирование и исследование разработанного метода и полученный результат позволяет утверждать, что разработанный метод получает лучше результаты, чем те которые были получены другими методами многокритериальной оптимизации[7]. В перспективе возможна модификация целевой функции в предложенном методе для использования его для оптимизации параметров различных объектов, а также интеграция разработанного программного модуля в другие CAD-системы, используемые в машиностроении.

Литература

1. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. — М.: изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 176 с.
2. А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин. Метод Хука – Дживса. Методы оптимизации. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 440 с.
3. Максимов Ю.А.,Филлиповская Е.А. Алгоритмы решения задач нелинейного программирования. — М.: МИФИ, 1982. — 51 с.
4. Розен В.В. Теория игр и экономическое моделирование. — Саратов, 1996. — 76 с.
5. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.:Радио и связь, 1989. — 316 с.
6. Документация к библиотекам UGOpen Siemens NX 7.5.
7. Романова Т. Н., Пащенко О. Б., Гаврилова Н. Ю., Щетинин Г. А. Многодисциплинарная оптимизация конфигураций горизонтального оперения маневренного самолёта // Вестник Московского авиационного института. 2016, Т.23, №4, С. 17-25

СИММЕТРИЧНЫЕ АЛГОРИТМЫ ШИФРОВАНИЯ

Прудковский Н.С.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия

SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHMS

Prudkovskiy N.S.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассмотрены основополагающие криптографические алгоритмы, относящиеся к симметричному типу: DES, Triple-DES, AES, ГОСТ28147-89. Выделены слабые и сильные стороны каждого алгоритма. Проведено их сравнение согласно их характеристикам. В заключении сделаны выводы о применимости симметричных алгоритмов в повседневной практике.

Annotation
The article describes the basic cryptographic algorithms relating to the symmetric
type: DES, Triple-DES, AES, GOST28147-89. Highlighted the strengths and weaknesses of each algorithm. Conducted a comparison of them according to their characteristics.
At the end of the article there are some conclusions about the applicability of symmetric algorithms in daily practice.

Введение

Общеизвестно, что XXI век – век ускоренного роста объемов информационных потоков во всем мире. С каждым днем технологии позволяют обрабатывать, увеличивающиеся объемы информации за все меньшие средства. Эта медаль с двумя сторонами. В связи с ростом объемов перерабатываемых и пересылаемых по сети данных, упрощением доступа в сеть Интернет и увеличением технических требований к информационным системам, информационные транзакции становятся уязвимыми все в большей степени.

Это остро поднимает проблемы защиты информации от несанкционированного доступа при передаче и хранении. Сущность проблемы – постоянная борьба специалистов по защите информации со взломщиками.

Рассмотрим типичную задачу передачи конфиденциальной информации между двумя лицами А и Б через сеть Интернет. Передача этой информации в исходном виде по незащищенному каналу иррациональна, поскольку любой злоумышленник сможет перехватить её и использовать в своих целях. Естественное решение – преобразовать открытый текст в непонятный злоумышленнику вид, с помощью криптографического ключа, и передать его по имеющемуся каналу. Получатель текста, сможет расшифровать сообщение в соответствии с типом криптографического алгоритма.

Симметричным криптографическим алгоритмом [1, с. 59] используется один и тот же ключ для процесса шифрования и дешифрования. Это система с общим ключом. В отличие от неё, в асимметричных алгоритмах ключи шифрования и дешифрования различны. Данные классы криптографических алгоритмов, в отличие от принципа Цезаря – секретности процесса шифрования, опираются на принцип Керкгоффса [1, с. 251]: «Знание алгоритма и размер ключа, а также доступ к исходному тексту являются стандартными предположениями современного криптоанализа. Поскольку противник может со временем получить эту информацию, при оценке криптографической стойкости желательно не полагаться на её секретность». Исходя из необходимости использования длинного ключа, основной недостаток ассиметричных систем – низкая производительность шифрования больших объемов данных. Поэтому, как правило, применяют гибридную схему шифрования. Её суть заключается в шифровании эфемерного ключа [1, с. 327] системой с открытым ключом для симметричной системы. Гибридные алгоритмы наследуют преимущества обеих систем [1, с. 327]: надежность

распределения ключей между адресатом и отправителем и эффективность симметричных криптосистем. Рассмотрим подробнее криптографические симметричные алгоритмы.

Обзор современных алгоритмов симметричного шифрования

Симметричным алгоритмом является криптографический алгоритм для процессов шифрования и дешифрования, использующий один и тот же секретный ключ. Встречается и еще одно название данного метода - криптография с секретным ключом.

Все алгоритмы симметричного шифрования можно классифицировать на блочные и потоковые. При **поточном шифровании** каждый байт обрабатывается индивидуально, для шифрования применяются псевдослучайные числа. Преимущество данного вида шифрования перед блочным – высокая производительность, позволяющая применить поточные алгоритмы при шифровании потоков информации в каналах связи (например, в протоколе SSL, для коммуникации браузера и веб-сервера применяется алгоритм RC4). При **блочном шифровании** кодирование данных происходит их разбиением на блоки [1, с. 261], каждый из которых шифруется с помощью секретного ключа. Если размер блока и размер исходной информации не кратны, то исходные данные дополняют до соответствующего размера символами-заполнителями. Как правило, такие алгоритмы используют при шифровании файлов, баз данных и e-mail.

На сегодняшний день наиболее распространены алгоритмы DES [2, с. 1], Triple DES, AES, а в России – ГОСТ 28147-89 [3, с. 1]. Рассмотрим в отдельности и сравним характеристики каждого из алгоритмов:

Triple DES – одна из модификаций блочного алгоритма DES. Улучшение достигается троекратным шифрованием одного блока алгоритма DES. Ключ имеет длину 168 бит по сравнению с 56 битным ключом DES.

DES (Digital Encryption Standard) – симметричный криптографический алгоритм блочного типа. Эксперты конца 70-х предполагали, что алгоритм достаточно криптостоек. Однако уже аппаратные решения 90-х опровергли это (взломан специалистами компании Electronic Frontier Foundation в 1999 г).

ГОСТ 28147-89 де-факто является криптографическим стандартом в РФ. Более криптостоек и сложен по сравнению с DES. Разработан одним из институтов КГБ в 1970-х. Использует вдвое большее количество раундов шифрования по сравнению с DES с более простыми операциями, длина ключа больше в 5 раз.

AES (Advanced Encryption Standard) – криптоалгоритм блочного типа, разработанный Винсентом Риджменом и Джоан Димен. Стал стандартом Национального института стандартов и технологий (NIST) 2 октября 2000 г.

Выбор в пользу того или иного алгоритма, как правило, основывается на заключениях экспертов о его характеристиках. Наиболее важной характеристикой алгоритма является его криптостойкость – вероятность подбора атакующим ключа или мощность множества ключей. Основные характеристики представлены в следующей таблице.

Таблица 1 – Сравнение характеристик блочных алгоритмов шифрования

Название	Ключ, бит	Блок данных, бит
ГОСТ28147-89	256	64
AES	128, 192, 256	128, 192, 256
DES	56	64
Triple DES	56	64

Дискуссии о стойкости **алгоритма DES** сводятся к одному пункту: алгоритм DES имеет относительно других алгоритмов короткий ключ. Это наиболее слабое место алгоритма. Для 70-х годов этот алгоритм был хорошим выбором. Однако, уже в 1990-м коалиция компаний Cryptography Research, Advanced Wireless Technology и Electronic Frontier Foundation сообщила об успешной атаке на алгоритм DES с помощью созданной поисковой машины DES Cracker. Этот результат продемонстрировал недостаточность 56-битного ключа для вычислительных технологий конца 90-х годов.

Единственная возможность преодоления этих ограничений – многократное применение алгоритма DES с разными ключами. Одна из таких модификаций получила название **Triple DES** или тройной алгоритм DES. В этом алгоритме возможно использовать три разных ключа, но в этом случае его сложность возрастает.

Стойкость **алгоритма AES**, принятого 2 октября 2000 г., примерно одинакова с DES, но его эффективность гораздо выше. Как и DES, алгоритм AES состоит из большого числа повторяющихся преобразований - 4 раундов (нелинейной подстановкой шифра, двух смешиваний байтов и случайного распределения сообщений). По сравнению с Triple DES, алгоритм AES, упростил процесс шифрования (не требовалось 3 ключа) и расширил выбор ключей для различных ИС.

ГОСТ 28147-89 [3, с. 1] является отечественным блочным шифром. То есть открытый текст разбивается на блоки (в данном случае 64 бита), и каждый блок преобразовывается отдельно. В основу алгоритма положена сеть Фейстеля. Основные достоинства:

бесперспективность силовой атаки (XSL-атаки не в счёт, ибо их эффективность на данный момент полностью не доказана);

эффективность реализации и соответственно высокое быстродействие на современных компьютерах;

наличие защиты от навязывания ложных данных (выработка имитовставки) и одинаковый цикл шифрования во всех четырех алгоритмах ГОСТа.

Этот криптографический алгоритм имеет четыре режима работы:

Режим гаммирования. Шифротекст в этом режиме получается формированием криптографической гаммы, которая затем побитно складывается с исходным текстом по модулю 2. Этот режим лишен недостатков, имеющихся у режима простой замены. Одинаковые блоки исходного текста дают разные шифротексты, а для текстов длиной не кратной 64 бита, лишние гаммы отбрасываются. Для расшифровывания необходимо выработать такую же гамму, после сложить её по модулю 2.

Режим выработки имитовставки. Этот режим не является режимом шифрования. В этом режиме создается дополнительный блок, который зависит от ключа и исходного текста. Режим предназначен для проверки случайного или преднамеренного искажения текста. Это имеет значение для шифрования в режиме гаммирования.

Режим простой вставки. В этом режиме происходит замена каждого блока исходного текста шифротекстом. Преимущество этого режима заключается в отсутствии необходимости последовательного шифрования потока открытого текста.

Режим гаммирования с обратной связью. Результат шифрования текущего блока и гамма зависит также и от предыдущих блоков. Данный режим называют гаммированием с зацеплением блоков.

Для Российской действительности алгоритм ГОСТ 28147-89 фактически является единственным криптографическим стандартом шифрования.

Заключение

Выбор симметричных алгоритмов шифрования для конкретных ИС должен быть основан на глубоком анализе слабых и сильных сторон тех или иных методов защиты. Обоснованный выбор той или иной системы защиты, в общем-то, должен опираться на какие-то критерии эффективности. К сожалению, до сих пор не разработаны подходящие методики оценки эффективности криптографических систем.

Наиболее простой критерий такой эффективности - вероятность раскрытия ключа или мощность множества ключей. Для ее численной оценки можно использовать также и сложность раскрытия шифра путем перебора всех ключей. Часто более эффективным при выборе и оценке криптографической системы является использование экспертных оценок и имитационное моделирование.

В любом случае выбранный комплекс криптографических методов должен сочетать как удобство, гибкость и оперативность использования, так и надежную защиту от злоумышленников.

Литература

1. Мао, Венбо. Современная криптография: теория и практика.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 768 с.: ил. – Парал. тит. англ.
2. NBS. Data Encryption Standart. U.S. Department of Commerce, FIPS Publication 46, Washington, D.C., January 1997. National Bureau of Standarts.
3. ГОСТ 28147-89 «Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ НИЗКОУРОВНЕВОЙ ПРОГРАММНОЙ ЭМУЛЯЦИИ

Давыдов В.Н.
Научный руководитель: к.т.н., Гладких А.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия

EMBEDDED SYSTEMS RELIABILIRY AND SECURITY ENHANCING BBY COMPLEX LOW-LEVEL SOFTWARE EMULATION

Davydov V.N.
Supervisor: Dr., Prof., Gladkikh A.A.
Bauman MSTU, IU8, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается создание эмулятора произвольных встраиваемых вычислительных систем. Кратко представлено типовое устройство произвольной встраиваемой системы. Подробно рассмотрена архитектура разрабатываемого эмулятора, так же представлены методы оптимизации его работы.

Annotation
This article describes how to create an emulator arbitrary embedded computing systems. Briefly shows the typical arrangement of arbitrary embedded system. Considered in detail the architecture of the developed emulator, as presented optimization methods of its work.

Введение

В процессе изучения внутреннего программного обеспечения (ВПО) встраиваемых систем (ВС) часто возникает необходимость динамического анализа кода. Применение стандартных методов отладки в данной задаче либо невозможно, либо крайне неэффективно, так как практически все из них спроектированы для определенной области применения, в то время как варианты реализации ВС никак не ограничены и зависят от целей и задач, поставленных перед разработчиком данного устройства. Практически в любой встраиваемой системе присутствует обилие разнообразной периферии (порты ввода, вывода, аппаратная поддержка различных интерфейсов, таймеры, контроллеры прерываний и т.д.). Виртуализация памяти в каждой системе также может быть различной. Для полноценного динамического анализа кода необходимо эмулировать все вышеперечисленные элементы, чего не позволяет ни один из существующих эмуляторов. Кроме того, для эффективного анализа необходим полный контроль процесса выполнения инструкций, контроль обмена данными между составляющими элементами ВС и прочих параметров, которые могут быть полезны при анализе.

В связи с этим требовалось разработать эмулятор, позволяющий воспроизводить любое устройство: выбрать архитектуру процессора, добавить произвольную периферию, настроить его MMU (Memory Management Unit, блок управления памятью) и т.д. Для этой задачи был выбран высокоуровневый язык программирования Kotlin [1] (основанный на виртуальной машине Java, JVM). Использование этого языка программирования связано с тем, что, несмотря на проигрыш в скорости (по сравнению с Си), он превосходит классические компилируемые языки, такие как C++ по удобству и скорости разработки. Также, данный язык позволяет легко вносить изменения в структуру программы, и является кроссплатформенным. Отметим тот факт, что в эмуляторе должна быть предусмотрена возможность получения произвольной информации о состоянии устройства в любой момент выполнения его кода, что помогает при проведении анализа ВПО и самого устройства. Кроме того, необходимо, чтобы данный эмулятор имел отладочный интерфейс управления. Это нужно для того, чтобы эмулятор мог быть

использован как с программами для дизассемблирования через GDB-интерфейс (стандартный программный интерфейс для отладки), так и независимо от них, например, для анализа отработки входных данных устройством. В связи с этим применение готовых эмуляторов, например Qemu [2], представляется неэффективным.

Необходимость использования эмулятора процессора, а не виртуализации следует из двух основных причин. Во-первых, необходимость контроля и возможность модификации регистров процессора и процесса выполнения команд в любой момент работы системы. Во-вторых, требуется введение единого механизма реализации различных платформ, из-за того, что встраиваемые системы могут быть реализованы на большом количестве разнообразных платформ.

1 Устройство встраиваемых вычислительных систем

Несмотря на то, что реализация ВС может существенно различаться, их структурная схема примерно одинакова. Типовой пример структурной схемы встраиваемой системы приведен на рисунке 1. Причем, данная архитектура вычислительной системы может быть реализована, как в виде одной микросхемы (т.н. SOC, system on chip), так и разнесена на несколько компонентов.

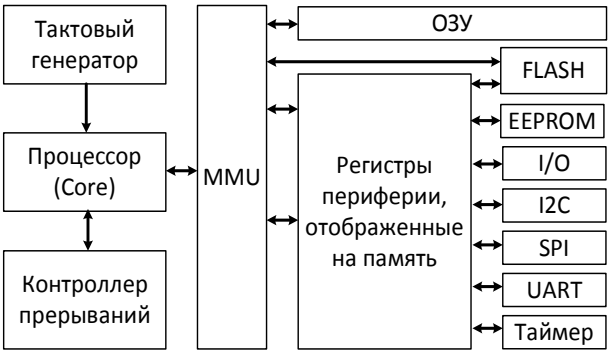


Рис. 1. Типовая структурная схема встраиваемых систем; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; Flash - Флеш-память; EEPROM - электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ; I/O – порты ввода и вывода; I2C - Последовательная асимметричная шина; SPI – Последовательный периферийный интерфейс; UART - Универсальный асинхронный приёмопередатчик.

Рассмотрим подробнее каждый из элементов, представленных на рисунке 1. В любой системе находится, по крайней мере, одно вычислительное ядро, которое выполняет операции и управляет всеми периферийными устройствами. Данное вычислительное ядро обычно является одним из наиболее сложных элементов системы, а его реализация требует наибольшего количества времени и усилий во время разработки эмулятора. Однако ядро является типовым, и поэтому при наличии библиотеки реализованных ядер, в случае создания эмулятора новой системы его разработка может не потребоваться.

В зависимости от того, каким образом происходит обмен данными между ядром и периферией определяется его реализацией. Для этого могут быть применены различные подходы. Например, архитектура x86 предусматривает специальные инструкции IN и OUT [3] для отправки и приема данных из периферийных устройств. Зачастую обмен данных с периферией осуществляется при помощи отображения периферийных регистров на общее адресное пространство системы - для процессора обращение к регистру периферии происходит аналогично обращению к памяти по определенному адресу.

Для работы ВС необходим тактовый генератор, который формирует тактовые импульсы, синхронизирующие работу процессора и других периферийных устройств.

Также они нужны для реализации системных таймеров, которые используются в ВПО для различных системных и пользовательских задач.

Практически во всех встраиваемых системах используется контроллер прерываний, который анализирует сигналы на входе и на их основании вызывает аппаратное прерывание у процессора, передавая информацию о номере прерывания, которое было активировано.

Выполнение процессором любой из инструкций состоит из 5 базовых этапов:

- загрузка инструкции из памяти;
- декодирование инструкции;
- загрузка операндов;
- выполнение инструкции;
- запись результата.

В реальных процессорах вычислительный конвейер может содержать больше шагов. Подобные реализации применяются для увеличения быстродействия за счет параллельного исполнения стадий конвейера с равномерной загрузкой на каждой стадии, но при этом базовая схема будет оставаться неизменной.

На основе рассмотрения типовой архитектуры вычислительной системы может быть разработана программная архитектура эмулятора. Архитектура эмулятора должна повторять структуру встраиваемой системы, воспроизводя основные элементы – процессор, блок управления памятью, тактовый генератор, периферию и т.д.

2 Анализ структуры эмулятора

В разработанном программном обеспечении эмуляции вычислительных систем базовым классом, представляющим само устройство, является интерфейс IDevice. Этот интерфейс содержит в себе ряд ссылок на объекты классов, которые являются компонентом вычислительной системы и частично повторяют рассмотренную ранее архитектуру:

- объект класса CPU – Реализует процессорное ядро. В нем происходит выполнение инструкций, находятся банки регистров, флагов и прочее;
- объект класса SystemMemory – Предоставляет доступ к памяти системы на верхнем уровне ВС. Через этот класс происходит обращение процессора ко всей памяти на чтение и запись;
- объект класса MMU – Реализует функции преобразования виртуального адреса в физический;
- объект класса PhysicalAddressMap – Реализует связь физических адресов с устройствами, подключенными к шине памяти – ОЗУ, Flash-память, аппаратные регистры и прочее. Кроме того, данный класс реализует зеркалирование памяти, если оно реализовано в встраиваемой системе;
- объект класс SystemTimer – Системный таймер. Выполняет функцию синхронизации всех периферийных устройств и процессора, вводя виртуальное время эмулятора, которое привязано к тактам процессора;
- массив объектов класса Peripheral – в данном массиве находятся экземпляры классов, унаследованные от абстрактного класса APeripheral. Каждый экземпляр класса реализует логику работы соответствующего периферийного устройства, например таймера, аппаратной поддержки различных интерфейсов, контроллера прерываний и т.д.

Для любой реализованной процессорной архитектуры существует абстрактный класс (в примере это AX86), реализующий интерфейс IDevice. Абстрактный класс, унаследованный от класса, представляющего процессор, и реализующий интерфейс IDebuggable, через который осуществляется внешнее управление эмулятором, называется ADebuggableX86.

Основным логическим классом программы является класс эмулируемой ВС. На диаграмме классов, приведенной на рисунке 2, он назван AM486DX2 (его название совпадает с названием процессора, под управлением которого работает встраиваемая система).

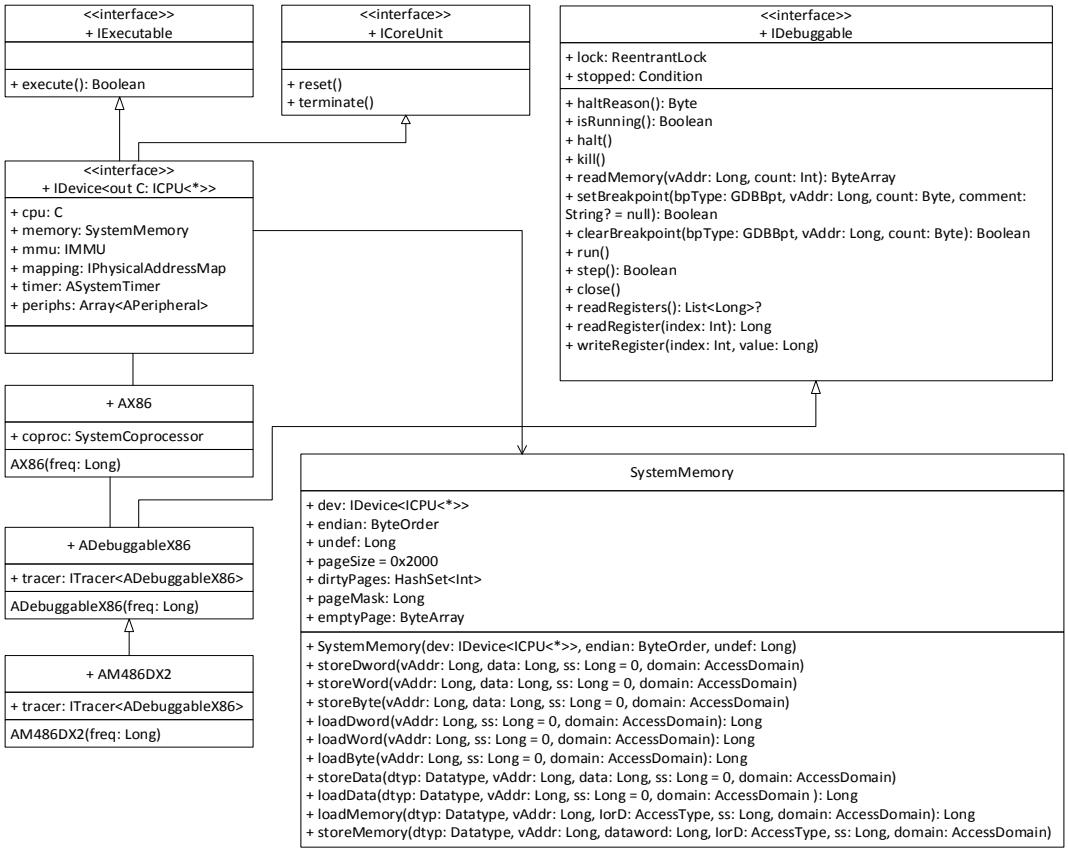


Рис. 2. Диаграмма классов разработанного эмулятора

Любой класс, задающий устройство, процессор которого работает под определенной архитектурой (в описываемом примере это x86), унаследован от абстрактного класса ADebuggable (ADebuggableX86).

3 Анализ принципа работы эмулятора

Выполнение инструкции происходит во время вызова метода execute(). В этой функции происходит выполнение инструкции, обновление системного таймера, обновление состояния периферии, проверка пришедших прерываний или исключений, а так же обработка точек останова, предварительно расставленных исследователем.

В разработанном эмуляторе реализован следующий алгоритм выполнения инструкций процессора: для выполнения текущей инструкции необходимо вызвать метод execute() класса CPU, который последовательно выполняет операцию декодирования инструкции, операцию инкремента значения регистра EIP и выполнение инструкции.

Рассмотрим каждый из этих шагов более подробно:

- Декодирование инструкции - происходит извлечение из памяти инструкции, выбор соответствующего декодера, получение из памяти операндов инструкции, создание соответствующего объекта инструкции.
- Увеличение значения регистра EIP на длину декодированной инструкции. В CISC архитектуре, в отличие от RISC [4], нельзя заранее определить длину инструкции, поэтому изменение регистра EIP происходит после декодирования и получения информации о длине инструкции.
- Выполнение инструкции, вызов метода execute() для класса инструкции, созданной во время процесса декодирования. На данном этапе происходит непосредственное выполнение инструкции, включающее в себя изменение значений регистров, ячеек оперативной памяти и т.д.

4 Анализ работы эмулятора вычислительной системы на базе AM486DX2

В результате работы был реализован эмулятор вычислительной системы на базе процессора AM486DX2 с использованием представленной выше программной архитектуры. Реальная вычислительная система включала в себя процессор AM486DX2, блок управления памятью, отображающий адресное пространство банка SRAM и двух банков Flash-памяти на общее адресное пространство. На плате системы находился тактовый генератор, создающий тактовые импульсы частотой в 50 МГц, порты ввода-вывода и 2 аппаратных UART. В данной вычислительной системе была операционная система реального времени (RTOS), которая переключала задачи по аппаратному прерыванию, создаваемому таймером каждые 10 мс. Так же в системе вызывались аппаратные прерывания после получения сообщения по UART. Описываемая система была успешно реализована в эмуляторе. В результате сравнения оперативной памяти и регистров эмулятора и вычислительной системы после выполнения начальной загрузки системы и переключения контекстов, было сделано заключение, что ВПО эмулятора и реальной ВС работают идентично.

5 Оптимизация работы эмулятора

При анализе работы эмулятора было установлено, что реальная вычислительная система быстрее эмулятора примерно в 3 раза. Было проведено исследование с использованием программного профайлера, в ходе которого было установлено, что около 70% времени от общего времени выполнения инструкции занимает процесс ее декодирования.

Для увеличения скорости выполнения команд был оптимизирован алгоритм декодирования команд – добавлен кэш декодированных инструкций, который позволяет существенно ускорить работу эмулятора. Кэш был реализован на основе программного словаря. Следует отметить, что для RISC и CISC архитектур существует два различных подхода к реализации кэша декодированных инструкций.

Так как в RISC архитектуре длина команды фиксирована, то в качестве ключа для словаря целесообразно использовать байты, из которых состоит инструкция.

В CISC архитектуре длина инструкций может быть разная, из-за чего невозможно определить ее длину до декодирования. Следовательно, подход, который использовался для RISC архитектуры, работать в данном случае не будет. Поэтому, в качестве ключа для кэша инструкций был использован адрес начала инструкции. Данный подход менее эффективен, чем решение для RISC архитектуры, однако также дает выигрыш по скорости. При реализации кэша стоит так же учесть тот факт, что с момента занесения инструкции в кэш, память по этому адресу может быть изменена. Следовательно, был введен отдельный список, названный ditryPages, в котором отмечались страницы, память в которых была изменена.

Для обеих архитектур вместимость кэша должна быть ограничена. При переполнении кэша необходимо удалить ту инструкцию, которая дольше всех не использовалась. Размер кэша должен выбираться исходя из аппаратных возможностей ПК, на котором будет запущен данный эмулятор. Так как в словаре поиск занимает O(1) времени, т.е. не зависит от количества элементов в нем, то при увеличении размера кэша будет уменьшаться среднее время выполнения инструкции. Однако при увеличении кэша будет использован бóльший объем оперативной памяти ПК, на котором работает данных эмулятор.

Для оценки эффективности его введения была проверена экспериментально на коде загрузчика ВС, во время которого происходила проверка памяти, инициализация периферии, инициализация стартовых значений и загрузка ВПО. Процессор выполнил за этот период 212 301 824 инструкции. В таблице 1 приведены полученные значения.

Таблица 1 – Сравнение скорости работы встраиваемой системы, эмулятора с включенным и выключенным кэшем (конфигруция базовой системы Intel(R) Core(TM) i5-4590 CPU @ 3.30GHz)

Устройство	Время (с)
ВС, работающая на частоте 50 МГц	14.93
Эмулятор без кэша	87.28
Эмулятор с кэшем	42.51

Из анализа данных таблицы, можно сделать вывод, что скорость работы эмулятора с включенным кэшем примерно в 2 раза выше, чем скорость работы эмулятора с выключенным кэшем. Так же видно, скорость работы эмулятора примерно в 2.8 раза медленнее, чем скорость работы реальной ВС. Это объясняется тем, что эмулятор вынужден исполнять весь процесс работы процессора и устройства в целом, а так же осуществлять проверку прерываний и точек останова, что сказывается на общей производительности.

Для повышения общей скорости исследования была введена возможность создавать снимки состояния эмулятора (snapshot). При вызове этой функции эмулятор создает файл, в который сохраняет все параметры каждого из объектов класса. При загрузке эмулятора из снимка состояния происходит восстановление всех параметров. Это позволяет существенно ускорить работу с эмулятором, давая возможность пропустить длительные участки загрузки ВПО встраиваемой системы – распаковку, проверку памяти, первичная инициализация переменных и прочее.

6 Примеры эффективности применения эмулятора

Применение эмулятора при исследовании ВПО встраиваемых систем позволяет решать многие задачи, которые были бы практически неразрешимы при статическом анализе кода. Особенно ярко это проявляется во время исследования операционных систем, так как с момента старта работы ВС происходит инициализация большого количества значений, необходимых для работы ВПО ВС, например: таблицы прерываний, глобальной таблицы дескрипторов, локальных таблиц дескрипторов, инициализация различных структур. Для полноценного исследования работы ВПО необходимо восстановить все эти параметры.

Также при статическом анализе крайне сложно отследить использование косвенных вызовов, обращение к сложным структурам данных и контролировать поток данных в целом, в то время как эмулятор предоставляет полную информацию об этом.

Кроме того, использование эмулятора так же существенно облегчает задачу исследования поведения ВПО в зависимости от различных входных данных, так как эмулятор предоставляет абсолютно всю информацию о состоянии данных в любой момент времени. На рисунке 3 приведен пример графического отображения данных, которые можно получить при исследовании поведении ВПО в зависимости от входных данных. На рисунке более темным цветом показана последовательность выполнения команд при обработке ВПО входных данных в одной из функции.

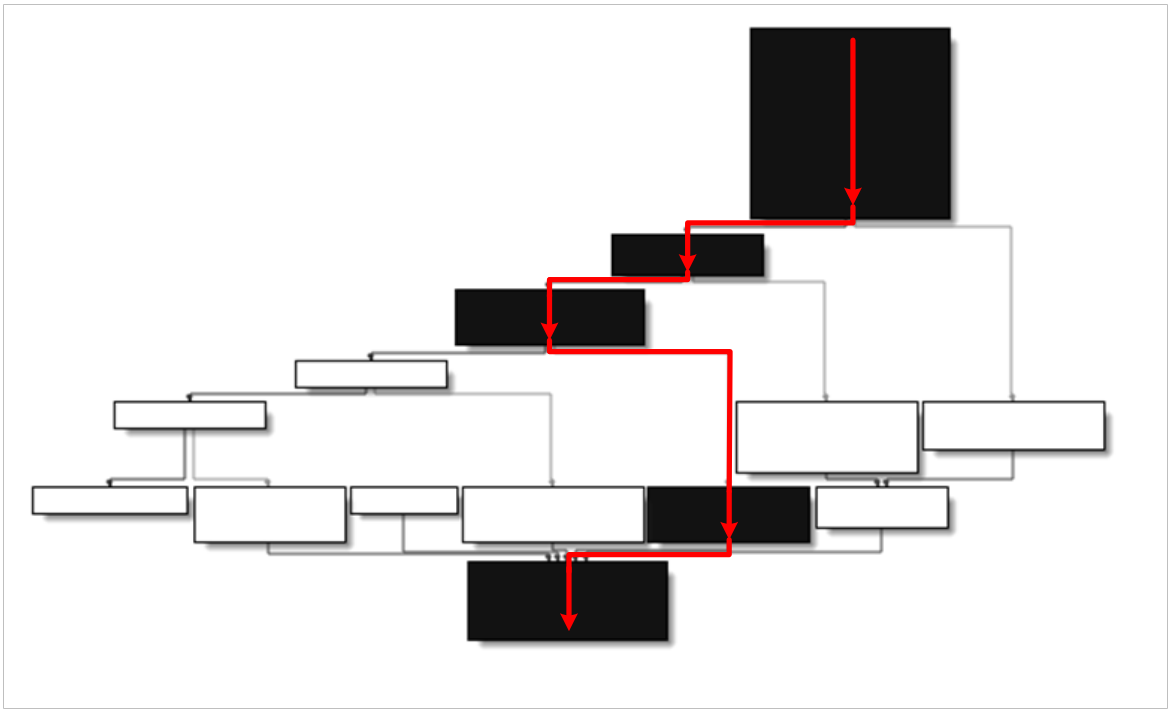


Рис. 3. Графическое отображение данных, полученных при исследовании поведения ВПО в зависимости от различных входных данных

Используя возможность контролировать потоки данных на эмуляторе, были найдены ошибки в реализации протокола обмена данными по UART в разрабатываемой встраиваемой системе, для которой отсутствовала возможность аппаратной отладки по интерфейсу JTAG.

Заключение

В результате проделанной работы было разработано программное обеспечение, архитектура которого позволяет создавать эмулятор произвольной встраиваемой системы, контролировать потоки информации на любом уровне и в любой момент времени, а так же собирать различную статистику и другие данное о работе устройства. Кроме того, эффективность была подтверждена тем, что с помощью описываемого ПО, был реализован эмулятор разработанной встраиваемой системы, содержащий специфическую периферию. За счет использования эмулятора в данной системе были выявлены критические ошибки в протоколе обмена информацией по внешнему интерфейсу (UART), а также других модулях ВПО. Благодаря этому была существенно повышена стабильность и надежность разработанной ВС.

Литература

1. Kotlin // kotlinlang.org : Официальный сайт языка. URL: https://kotlinlang.org/ (дата обращения: 14.10.2016).
2. QEMU the FAST! processor emulator// qemu-project.org : Официальный сайт проекта. URL: http://www.qemu-project.org/ (дата обращения: 10.10.2016).
3. X86 Instruction Set// felixcloutier.com: x86 Instruction Set Reference. URL: http://www.felixcloutier.com/x86/ (дата обращения: 14.10.2016).
4. FIRMWARE DEVELOPERS // firmcodes.com: Difference between RISC and CISC architecture. URL: http://www.firmcodes.com/difference-risc-sics-architecture/ (дата обращения: 14.10.2016).

ПРИМЕНЕНИЕ МАРКЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Козов А.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

APPLICATION OF MARKERS FOR COMPUTER VISION SYSTEMS IN ROBOTICS

Kozov A.V.
Supervisor: Ph. D., Associate Prof., Volosatova T.M.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается задача выбора маркера для системы компьютерного зрения. Представлен краткий обзор типов маркеров и методов распознавания изображений, проведено исследование применимости различных маркеров для использования с тем или иным методом. Также представлены рекомендации по выбору метода распознавания для различных типов маркеров.

Abstract
This paper considers the problem of the marker choice for computer vision system. It provides an overview of markers types and object detection methods. It describes a research of applicability of different markers for different methods. The paper also considers recommendations on the choice of method for the detection of various types of markers.

Введение

Сегодня системы компьютерного (технического) зрения все чаще находят применение не только в промышленных и военных системах, но и в бытовой технике, в сферах обслуживания и развлечения. Компьютерное зрение широко используется в робототехнике как часть систем управления. Типичной задачей является распознавание образов и их локализация на изображении, полученном с камеры робота. Несмотря на существенный прогресс в развитии методов распознавания и классификации, задача распознавания произвольного объекта на сцене не является решенной. Поэтому при практических реализациях систем технического зрения необходимо заранее определить конечное множество распознаваемых объектов, о которых имеется достаточная информация. Если сделать это невозможно (например, нельзя учесть все модели автомобилей), то для идентификации распознаваемого объекта можно применить маркер – специальное, заранее заданное, изображение или метка с определенными формой, размером и цветами (так, всем автомобилям предписывается номерной знак). Выбор параметров маркера определен, прежде всего, условиями его использования. В зависимости от типа маркера, для реализации системы компьютерного зрения могут быть применены различные методы распознавания объектов.

1 Маркер как единица графического языка

В общем случае система маркеров является системой специальных графических обозначений. Отдельный маркер можно рассматривать как единицу искусственного графического языка, формальной моделью которого служат правила построения всех маркеров системы. Маркер может передавать оптическим путем некоторый объем информации, зависящий от размера тезауруса. По форме проекции маркера, расположенного в трехмерном пространстве, может быть определено положение камеры [1, 2]. Для создания маркеров существуют специальные графические языки, например, коды Data Matrix или QR (рис. 1). Также могут быть использованы определенные символьные последовательности или наборы изображений, например, это системы

государственных регистрационных автомобильных номерных знаков или знаки правил дорожного движения.

В контексте применения систем маркеров в робототехнических системах компьютерного зрения можно условно выделить следующие типы используемых маркеров:

- маркеры на специальных графических языках, штрихкоды (рис. 1);
- последовательности символов, построенные по некоторым правилам (рис. 2, а);
- наборы изображений-образцов (рис. 2, б);
- «незаметные» маркеры, которые используют инфракрасный диапазон, специальные камеры или особые алгоритмы построения.

Указанные типы различаются по объему передаваемой информации и способу ее кодирования, имеют различные требования к используемым цветам и форме представления. Выбор того или иного типа маркера необходимо производить в соответствии с условиями эксплуатации, принятыми требованиями и допущениями. Во многом требования, предъявляемые к маркерам для систем технического зрения, соответствуют требованиям к маркерам систем дополненной реальности (augmented reality, AR). Обязательное требование для маркера дополненной реальности состоит в том, что одного маркера должно быть достаточно для определения положения камеры, в то время как в робототехнике такого требования может не быть вовсе. Достаточно подробный обзор различных типов маркеров, используемых в AR-системах, представлен в работе [3].

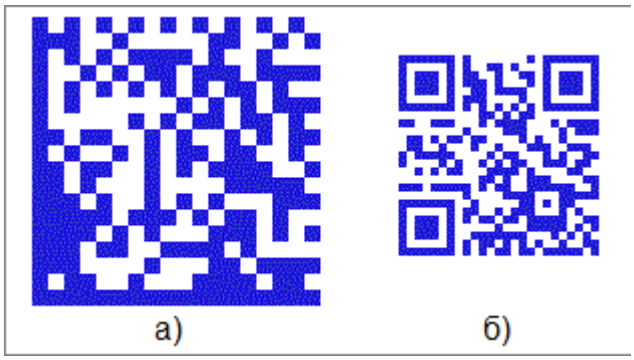


Рис. 1. Примеры графических маркеров-штрихкодов, полученных в системах Data Matrix (а) и QR (б). На маркерах закодировано сообщение «TECHNOLOGY&SYSTEMS-2017»

Рис. 2. Примеры графических маркеров: номер дома (а), знак дорожного движения (б)

2 Процедура распознавания маркера на изображении

При использовании маркеров для каждого поступающего на вход изображения (кадра) система компьютерного зрения должна выполнить следующую последовательность операций:

- захват изображения;
- предобработка, которая может включать изменение цвета, яркости и контраста изображения, его бинаризацию, выделение границ и характерных особенностей;
- поиск потенциальных маркеров и их локализация, фильтрация элементов, не являющихся маркерами;
- идентификация маркера и расшифровка закодированной информации;
- расчет положения маркера в пространстве относительно камеры.

В зависимости от сложности маркера, объема передаваемой с его помощью информации и размера исходного изображения наиболее трудоемкими могут быть третий и четвертый этапы обработки. Процедура расшифровки (decode) маркера во многом определяется его типом. Поиск и локализация маркера выполняется при помощи методов распознавания, эффективность распознавания различных типов маркеров может существенно отличаться для разных методов.

3 Методы распознавания маркера

На сегодняшний день наибольшее распространение в робототехнике получили следующие методы распознавания:

- поиск по ключевым точкам (характерным особенностям);
- сравнение с образцом;
- выделение и сравнение контуров;
- статистический анализ;
- использование каскадных классификаторов;
- применение искусственных нейронных сетей.

Для сравнения эффективности перечисленных методов было написано несколько утилит на основе классов и функций из библиотеки компьютерного зрения OpenCV (Open Source Computer Vision).

Маркеры типа штрихкодов при хороших условиях съемки достаточно точно могут быть локализованы по своим *ключевым точкам* [4]. Однако этот метод затруднительно использовать для маркеров в виде последовательности символов на однотонном фоне, маркеры подобного типа не обладают достаточным количество характерных признаков (рис. 3). С другой стороны, такие маркеры хорошо распознаются при *сравнении контуров*.

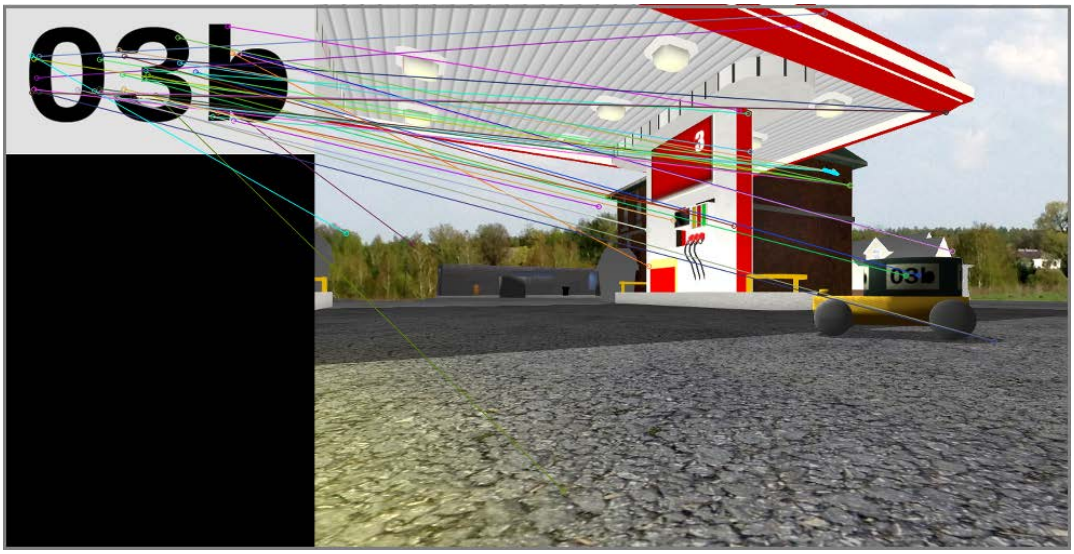


Рис. 3. Выделение характерных признаков: обнаруженных соответствий между характерными признаками на образце (слева) и на тестовом изображении (справа) недостаточно для правильного обнаружения маркера

Статистический анализ можно применять для обнаружения объекта с четкими вертикальными или горизонтальными контурами и определенной структурой. При этом накладываются довольно серьезные ограничения на условия съемки изображений для распознавания. Предпочтительнее использовать его при дешифровке уже локализованного маркера, например, для выделения отдельных символов.

Наиболее универсальны методы, использующие классификацию объектов на изображении – применение *нейронных сетей* и *каскадных классификаторов*. Их особенностью является

необходимость в предварительном обучении на специально подготовленной обучающей выборке. В зависимости от сложности распознаваемого маркера, такое обучение на обычном персональном компьютере может занимать от нескольких часов до нескольких суток. После обучения методы на основе классификации показывают отличную производительность и высокую степень надежности. При достаточном объеме обучающих данных они могут применяться для локализации маркеров любого типа.

Сравнение с образцом может эффективно работать при идентификации локализованного маркера в случае, когда число маркеров-шаблонов невелико. В других случаях, чтобы избежать полного перебора всех вариантов, необходима процедура предварительной фильтрации неподходящих шаблонов.

Заключение

Одним из критериев выбора маркера для систем компьютерного зрения является объем информации, который будет передан посредством маркера. Система компьютерного зрения, выполняющая поиск и распознавание маркеров выбранного типа, может использовать один или комбинацию из следующих методов: контурная сегментация (для относительно простых символьных маркеров), поиск по характерным признакам (для более сложных маркеров), сравнение с шаблоном. Универсальными являются методы распознавания на основе классификации, требующие предварительного обучения, но позволяющие при этом решать как задачи по локализации маркера на изображении, так и задачи по его идентификации. Однако, в общем случае выбор способа кодирования информации, формы, размера и цвета маркера не является тривиальной задачей и во многом зависит от условий эксплуатации и предъявляемых требований.

Литература

1. Гудаев О. А. Распознавание маркеров расширенной реальности ARGET робототехнической системой // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2006. Т. 71. №. 16.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
3. Siltanen S. Theory and applications of marker-based augmented reality. – Kuopio: Kopijyvä Oy, 2012. – 198 с.
4. Chen C. (ed.). Handbook of pattern recognition and computer vision. – World Scientific, 2015.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

Калистратов А.П., Федосеев Д.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Кузовлев В.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ5, Москва, Россия

VIRTUAL MACHINES' PRODUCTIVITY BENCHMARKING

Kalistratov A.P., Fedoseev D.A.
Supervisor: PhD, Docent., Kuzovlev V.I.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается вопрос моделирования производительности виртуальных машин. Описаны проблемы, возникающие при моделировании производительности виртуальных машин. Описаны два подхода к моделированию производительности виртуальных машин: онлайн-моделирование и оффлайн-моделирование. Подробно исследовано влияние параллельного использования процессорных ресурсов на производительность. В заключении подведен итог о проблемах, решенных на данном этапе, и подлежащих решению в будущих статьях.

Abstract
The article authors describe problems of virtual machines productivity modeling. Authors described issues which appear upon modelling benchmarking results of virtual machines. Described two approaches to modelling of virtual machines productivity: offline and online. Investigated causes and effect of parallel usage of processor resources on virtual machines productivity. In conclusion underlined results of raised problems' solutions and raised remaining problems in the modelling.

Введение

Производительность вычислительных (как виртуальных, так и физических) машин традиционно измеряется либо с помощью специальных приложений, называемых бенчмарками, либо с помощью измерения временных затрат на выполнение различных прикладных задач, например, исполнения бухгалтерских проводок [1]. Анализ производительности, построенный на результатах выполнения прикладных задач значительно затруднен сложностью измерения количества операций, производимых вычислительной системой и их неоднородностью (чтение\запись, вычисление, передача данных). Таким образом, для выполнения задачи подсчета производительности вычислительных виртуальных машин в академических целях предпочтительно использование бенчмарков [2]. Примерами бенчмарков могут быть sysbench, MMB, SPECjbb и другие. Однако для получения реальных результатов бенчмарков для различных серверных конфигураций необходимо производить значительное количество натурных экспериментов с применением различных комбинаций программного и аппаратного обеспечения, что не всегда возможно. Однако близкие к натурным результаты можно получить с помощью построения аналитических моделей [3]. Но при этом следует понимать, что для построения аналитических моделей необходимо обладать исчерпывающими сведениями о влиянии различных факторов на производительность виртуальных машин.

Первой проблемой в изучении производительности виртуализации является недостаток бенчмарков, которые могут быть использованы для достоверного и воспроизводимого получения данных для анализа производительности. Существует комитет SPEC, который работает над созданием принципиально нового бенчмарка именно для виртуальных машин, но дата его выпуска неизвестна [4].

При моделировании производительности виртуальных машин могут возникать некоторые проблемы. Производительность виртуальных машин зависит не только от выделенных ей системой-хостом ресурсов, но еще и от использования этих ресурсов

другими виртуальными машинами, параллельно запущенными на данной системе-хосте (рис.1). Необходимо отслеживать и измерять эти изменения.

Подобное параллельное использование может влиять на использование оперативной памяти и процессорных ядер, но это влияние может быть отслежено напрямую, т.к., загрузка этих ресурсов видна в гостевой операционной системе. Также на результат может влиять параллельное использование таких ресурсов как процессорный кэш и шина памяти, при этом мы не можем никак отследить загрузку этих узлов, т.к., они управляются без участия пользователя. Таким образом, нам необходимо отслеживать как «очевидные», так и «неочевидные» изменения в параллельном использовании ресурсов системы-хоста.

Также необходимо учитывать, что реализация виртуализации (как программная, так и аппаратная) имеет свои особенности для каждой отдельной программной или аппаратной платформы[5]. Таким образом, при моделировании нам необходимо учитывать эти особенности. Авторы считают, что на данном этапе развития аналитических моделей производительности виртуальных машин целесообразно моделировать и сравнивать производительность только какого-то выбранного гипервизора и виртуальных машин на его основе.

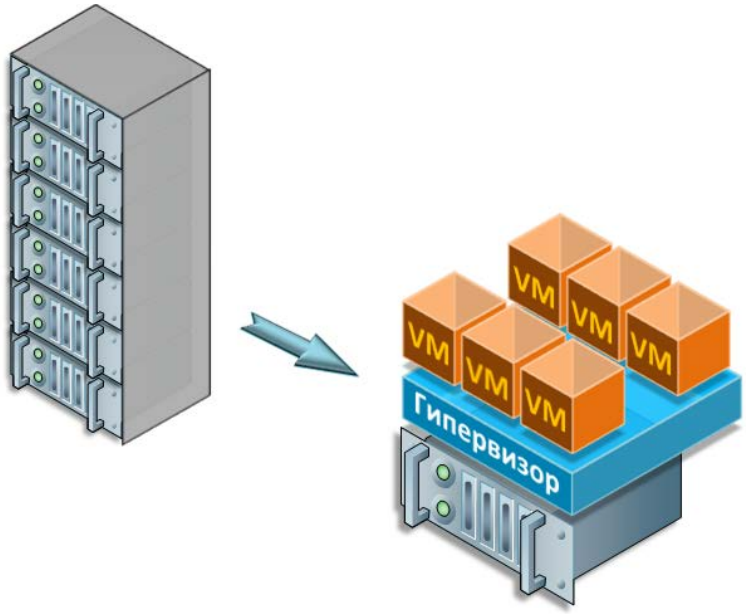


Рис. 1. Принцип виртуализации

В данной статье основное внимание будет уделено параллельному использованию ресурсов и его влиянию на производительность. Также авторы постараются объяснить, как можно учитывать параллельное использование ресурсов при моделировании производительности виртуальных машин.

Целью данной работы является определение факторов, влияющих на измерение производительности виртуальных машин и определение подходящих под эти нужды метрик и способов моделирования.

В ходе данной работы будет совершена попытка решить следующие задачи:

– показать, как производительность виртуальных машин зависит от параллельного использования общих ресурсов системы-хоста;

– показать, каким образом можно точно отслеживать параллельное использование ресурсов несколькими виртуальными машинами;

– описать подход к моделированию производительности, использующий механизм отслеживания параллельного использования ресурсов;

– вывести список задач, необходимых для окончательного решения задачи моделирования производительности виртуальных машин.

1 Обзор используемого программно-аппаратного комплекса

Для получения исходных данных были использованы бенчмарки TPCx-V и SPECjbb 2015, запущенные на учебном стенде под управлением гипервизора VMware vSphere Hypervisor. На основе этих данных будет показан возможный подход к моделированию производительности виртуальных машин. Параметры учебного стенда следующие: HP ProLiant DL360 G5, 2x Intel Xeon E5430, DDR2 32 GB [6]. В каждом процессоре находится 4 ядра, работающих на частоте 2.67ГГц. Каждая пара ядер обладает общим процессорным кэшем на 6МБ, таким образом, на один процессор приходится 12МБ. При сравнении использования процессорного кэша также использовались процессоры Xeon X5355 и Xeon 5150. Частота ядер у них так же 2.67ГГц, главное отличие в размере кэш-памяти: 2x4Мб и 2x2 Мб соответственно.

Для запуска виртуальных машин использовался гипервизор Virtualbox, мониторинг использования системных ресурсов производился с помощью утилит procmon (для SPECjbb) и top+vmstat (для TPCx-V). Также для считывания индексов производительности процессора была использована программа pcm.

Бенчмарк SPECjbb 2015 предоставляет сведения о производительности системы в запуске серверных приложений на Java. В ходе работы бенчмарка моделируется работа информационной системы торговой компании с регулируемым количеством клиентов и складов. Данный бенчмарк моделирует трехуровневую систему (рис.2), но при этом основное внимание уделяется работе со структурами данных и их обработке [4]. Согласно спецификации, основным регулируемым параметром является количество складов в компании и каждая новая итерация запуска удваивает количество складов (и соответственно, количество данных в системе) до тех пор, пока не будет достигнута максимальная пропускная способность системы. Затем бенчмарк запускается такое же количество итераций, как и в предыдущий раз, но со стартовым количеством складов равным максимальному значению в прошлый раз и это количество в ходе итераций увеличивается вдвое. Измеряемым показателем является средняя длительность каждой итерации на втором этапе измерений.

Рис. 2. Архитектура, моделируемая SPECjbb 2015

Бенчмарк TPCx-V моделирует ситуацию работы виртуального сервера баз данных. Для измерения производительности используется нагрузка, производимая выполнением различных операций с базами данных. Архитектура TPCx-V состоит из пяти компонентов [7]:

– основной клиент (vdriver.jar): контролирует выполнение бенчмарка. Он координирует и контролирует выполнение таких компонентов, как эмулятор клиента, эмулятор биржи, коннектор базы данных;

– эмулятор клиента (vce.jar): эмулирует поведение клиентов биржи, запрашивающих котировки акций, отправляющих указания на покупку или продажу ценных бумаг, и так далее;

– эмулятор биржи (vmee.jar): эмулирует поведение биржи ценных бумаг, изменяя котировки акций в зависимости от различных условий, производя операции покупки-продажи ценных бумаг для клиентов, и так далее;

– коннектор базы данных (vconnector.jar): эмулирует работу базы данных биржи, получая и отправляя данные от клиентов и биржи и обратно;

– репортер (reporter.jar): производит проверку журнала транзакций на целостность и создает отчеты по запросу пользователя

2 Факторы, влияющие на производительность виртуальной машины

Одним из ключевых факторов, влияющих на моделирование производительности в условиях виртуализации, является тот факт, что отдельно взятое приложение или гостевая операционная система целиком не располагает всеми ресурсами платформы. На рисунке 3 представлена система-хост и сценарии использования ее ресурсов в случае работы двух виртуальных машин (ВМ1 и ВМ2) при выделении каждой ВМ по два виртуальных процессора (п1 и п2). При этом виртуальные процессоры могут быть расположены на всех четырех физических ядрах (я1, я2, я3, ф4) При этом, мы учитываем, что процессоры поддерживают технологию гиперпоточности (hyperthreading), что позволяет им разделить каждый процессор на два потока выполнения (рис.4) [8].

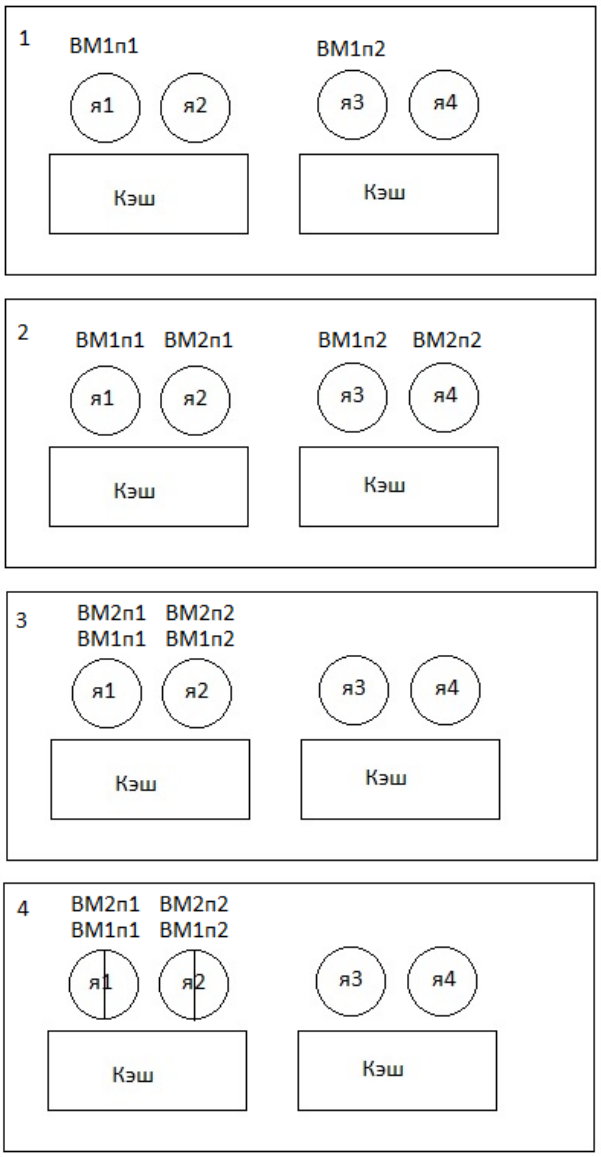


Рис. 3. Сценарии использования процессорных ресурсов системы-хоста

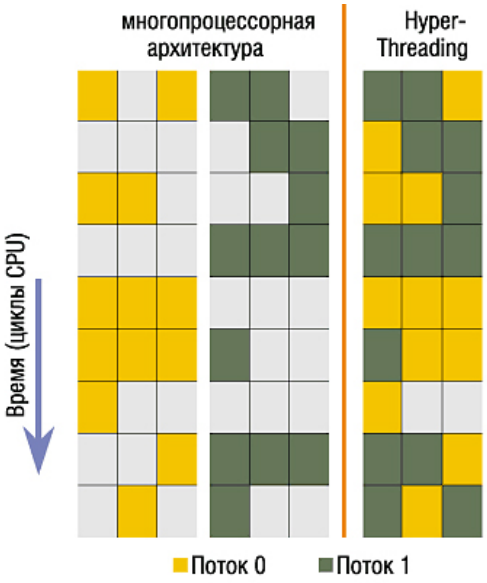


Рис. 4. Распределение системных ресурсов в условиях гиперпоточности

Можно описать эти сценарии следующим образом:

1) ВМ1 работает в выделенном режиме с п1, занимающим я1 и п2 занимающим я3. У я1 и я3 независимые друг от друга участки кэш-памяти, таким образом п1 и п2 не используют параллельно ни ресурсы процессора, ни кэш-память.
2) ВМ1 и ВМ2 работают с использованием двух процессорных ядер каждый, при этом ядра делят два участка кэш-памяти. Таким образом, эти ВМ используют параллельно только кэш-память.
3) ВМ1 и ВМ2 занимают два процессорных ядра (я1 и я2), работая в режиме многозадачности. Таким образом, они параллельно используют и кэш-память, и ресурсы процессора.
4) ВМ1 и ВМ2 работают одновременно на я1 и я2, при этом процессорные ядра работают в условиях гиперпоточности. Таким образом, происходит параллельное использование процессора и кэш-памяти, аналогичное 3, но с большим влиянием на производительность.

Для измерения производительности в различных сценариях авторы производили эксперименты с виртуальными машинами, используя различные настройки гипервизора. В качестве нагрузки были выбраны бенчмарки SPECjbb и TPCx-V. Так как для оценки факторов, влияющих на производительность виртуальных машин были важны не абсолютные, а относительные результаты бенчмарков, настройки самих бенчмарков не менялись. Относительные результаты бенчмарков, где за 100% взяты результаты, полученные при работе виртуальных машин по сценарию 1, приведены на рисунках 5 и 6.
Как можно заметить из рисунков, производительность виртуальной машины сильно зависит от того, имеет ли место параллельное использование кэш-памяти и процессорных ресурсов. Например, параллельное использование кэш-памяти понижало производительность на 20-30%. При добавлении к этому параллельного использования процессорных ресурсов производительность падала еще на 30%. При применении гиперпоточности производительность падала еще на 25%. В целом, можно заметить, что производительность виртуальной машины сильно зависит от параллельного использования процессора в работе. При этом можно разделить ресурсы по признаку параллельного использования на видимые (например, процессорные ядра) и невидимые (кэш или режим гиперпоточности) [9, 10]. В целом, можно наблюдать трехкратное снижение производительности в случае параллельного использования всех доступных процессорных ресурсов. Нельзя исключать еще и влияние используемого гипервизора, но на данном этапе его потреблением системных ресурсов можно пренебречь.

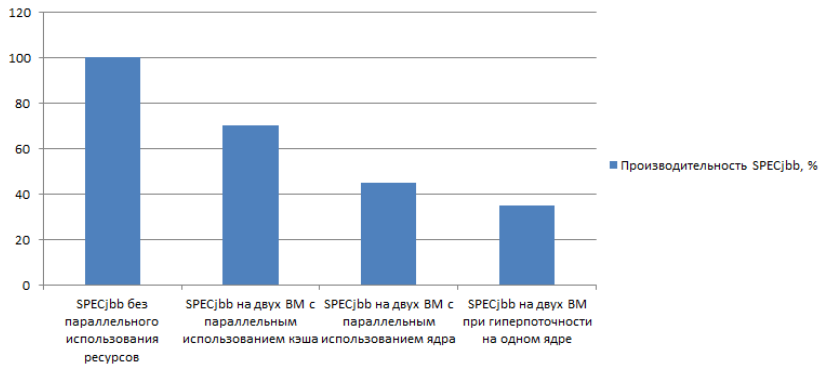


Рисунок 5 – Сравнение производительности SPECjbb

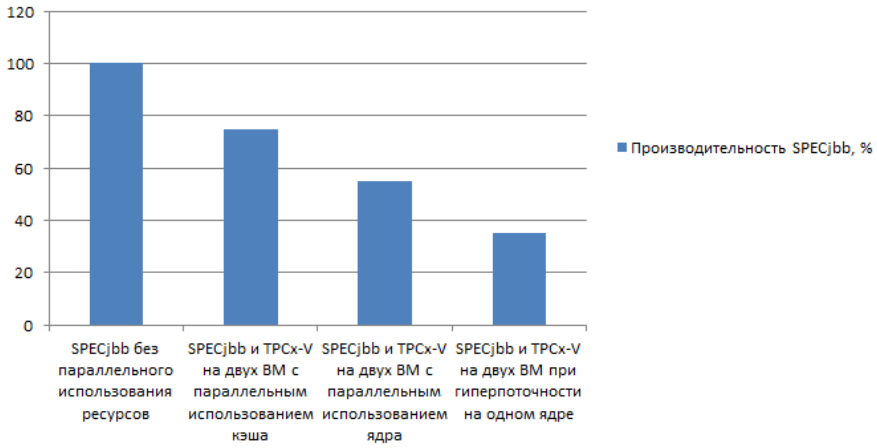


Рис. 6. Сравнение производительности SPECjbb

3 Подходы к моделированию производительности виртуальных машин

В предыдущем разделе был рассмотрен вопрос падения производительности виртуальных машин из-за параллельного использования процессорных ресурсов из-за параллельного запуска других виртуальных машин. Для того, чтобы перейти к вопросу моделирования производительности виртуальных машин, необходимо охарактеризовать все эффекты параллельного использования. Это может быть сделано следующим образом:

1) Оффлайн-моделирование. При таком подходе мы предполагаем, что производительность может быть заранее измерена на нескольких платформах хостовых систем, в различных конфигурациях оборудования и установок виртуальных машин. Также мы предполагаем, что вся нагрузка (как минимум на уровне виртуальной машины) может быть разделена на отдельные части (например, на процессы и службы) с целью измерения их влияния на поведение виртуальной машины. Таким образом, при измерениях и наблюдениях основной целью является настройка модели для предсказания производительности различных конфигураций системы в будущем.

2) Онлайн-моделирование. При этом подходе мы предполагаем, что нам по тем или иным причинам недоступно оффлайн-моделирование и факторы, влияющие на производительность виртуальных машин должны быть оценены в режиме реального времени. В этом случае необходимо создать такую модель, которая бы отражала производительность виртуальных машин определенного типа для определенной платформы.

В дополнение к этому, необходимо учитывать и разделить следующие виды системных ресурсов, так как они могут быть использованы различным образом (как параллельно, так и отдельно друг от друга), что, как было определено в предыдущем разделе, значительно влияет на производительность:

1) Видимые ресурсы: системные ресурсы, показатели которых доступны для измерения с помощью средств операционной системы (ОС) или гипервизора. Например, загрузка ядра, объем занятой оперативной памяти, операции ввода-вывода. В данной статье основное внимание сконцертрировано на процессорных ресурсах, т.к., их использование производит основное влияние на производительность.

2) Невидимые ресурсы: системные ресурсы, которые на данный момент недоступны для получения параметров использования с помощью операционной системы или гипервизора, например, занятое пространство в кэш-памяти или параметры конвейера ядра. Соответственно, кэш-память, занятая некой виртуальной машиной, не может быть отслежена и измерена гипервизором. Аналогичная ситуация с ресурсами конвейера при их использовании потоком в процессорном ядре. Однако, есть показатели производительности, напрямую зависящие от того, используется ли кэш или ядро параллельно или нет, например, количество тактов за инструкцию или количество

промахов в кэше на инструкцию. Их можно считать с помощью некоторых инструментов мониторинга системы.

Предлагаемый подход к моделированию производительности виртуальных машин являет собой получение примерного расчета объема системных ресурсов платформы, которые будут в распоряжении каждой виртуальной машины на момент ее запуска в гипервизоре.

Для удобства введем определение виртуальной платформы как набора системных ресурсов, выделенных определенной виртуальной машине. Виртуальная платформа включает в себя такие системные ресурсы, как количество процессорных ядер, их частота и уровень загрузки, объем кэш-памяти каждого уровня, а также объем выделенной оперативной памяти и ее частота и пропускная способность.

В данной статье мы будем рассматривать виртуальную платформу как набор из двух ресурсов, одного видимого (процессорное ядро) и одного невидимого (кэш-память последнего уровня). Таким образом, смоделированные параметры виртуальной платформы будут означать количество ресурсов, выделенное виртуальной машине. Когда будет вычислено использование ресурсов ядра и кэш-памяти, задача вычисления производительности данной виртуальной машины сведется к задаче вычисления производительности приложения, запущенного на определенных ресурсах (ресурсах виртуальной платформы).

4 Вычисление загрузки процессорного ядра виртуальной платформы

Загрузка процессорного ядра является видимым системным ресурсом. Таким образом, с помощью гипервизора можно отслеживать загрузку процессорного ядра, выделенного виртуальной платформе. Это достаточно простой способ, впрочем, не позволяющий отследить параллельное использование или предсказать производительность на другом оборудовании. Для того, чтобы иметь возможность смоделировать загрузку процессорного ядра при другом наборе ресурсов, выделенном виртуальной платформе, можно сделать следующее:

1) Измерить загрузку процессорного ядра при запуске без параллельного использования (переменная VMx-SingleLoad)

a. При оффлайн-моделировании необходимо запустить виртуальную машину в гипервизоре и измерить загрузку процессорного ядра без других параллельно запущенных виртуальных машин

b. При онлайн-моделировании необходимо отслеживать загрузку процессорного ядра в процессе работы виртуальной машины и искать минимальные значения загрузки

2) Предсказать загрузку процессорного ядра в случае виртуальной платформы с другими параметрами (VMx-WorkLoad), выбрав минимальное значение среди загрузки процессорного ядра при запуске без параллельного использования и величины, полученной в результате отношения произведения VMx-WorkLoad, умноженного на число физических процессоров в новой системе и суммарную загрузку процессорного ядра, генерируемую всеми запущенными виртуальными машинами в текущей системе.

$$VM_xWorkLoad = \min(VM_xSingleLoad, \frac{VM_xSingleLoad * numberCPU}{\sum VMSingleLoad}) \quad (1)$$

Формула (1) позволяет дать оценку использования ресурсов виртуальной платформы целевой виртуальной машиной. При использовании такого подхода можно получить достаточно точную оценку использования виртуальной машиной виртуальной платформы. Для проверки этой модели было решено использовать модель для предсказания производительности виртуальных машин на виртуальных платформах с различной конфигурацией оборудования. Было выполнено предсказание для загрузки

виртуальной платформы для конфигураций с тремя различными процессорами, перечисленными в п.1 статьи ранее.

В таблице 1 указана загрузка процессора виртуальной платформы в %, где 100% - полная загрузка одного процессорного ядра.

Таблица 1 - Загрузка процессора виртуальной платформы

SPECjbb	Xeon e5430, 6Мб кэш	Xeon x5355, 4Мб кэш	Xeon 5150, 2Мб кэш
Предсказано, %	118	123	129
Измерено, %	123	122	131
Погрешность, %	-5%	1%	2%

При этом мы учитываем то, что каждой платформе выделено по два ядра, таким образом, загрузка может быть более 100%. Также вычислена относительная погрешность для каждого вычисления. Таким образом, в ходе подсчетов было обнаружено, что относительная погрешность не превышает 5%. При этом стоит заметить, что величина погрешности может быть уменьшена, если включить в модель другие характеристики виртуальной платформы.

5 Вычисление загрузки процессорного кэша виртуальной платформы

Как уже было упомянуто ранее, загрузку процессорного кэша нельзя измерить с помощью стандартных средств мониторинга, т.е., мы считаем этот ресурс виртуальной платформы невидимым. Таким образом, авторы предлагают следующий подход для предсказания загрузки процессорного кэша виртуальной платформы:

1) Определить режим работы виртуальной машины, найдя время ее работы в режиме параллельного использования процессорного кэша

a. Нахождение времени работы можно произвести, включая и выключая дополнительные к целевой виртуальной машине машины в гипервизоре. Однако этот способ подойдет только для случаев, когда мы производим наблюдение на имеющейся в наличии виртуальной платформе или хостовой системе. Предсказать время работы таким образом невозможно.

b. Чтобы предсказать время работы виртуальной машины на некой платформе при моделировании, можно попробовать вычислить это время с помощью аппроксимации.

$$P(VM_x + VM_y) = \frac{VM_y WorkLoad}{\sum VMWorkLoad - VM_x WorkLoad} \quad (2)$$

В таблице 2 отмечено время (в процентах от общего времени выполнения), которое наблюдаемая виртуальная машина проводит в режиме параллельного использования процессорного кэша с другой виртуальной машиной. Параллельное использование было отмечено по падению производительности на уровень, уже измеренный ранее. При этом, как было отмечено ранее, процессорный кэш используется различными бенчмарками по-разному, что влияет на результаты. Например, запуск двух виртуальных машин с бенчмарком SPECjbb показывает, что меньший размер кэша вызывает больший процент времени параллельного использования. Но запуск виртуальных машин с SPECjbb и TPCx-V соответственно показывает обратный результат. При этом, запуск двух виртуальных машин с TPCx-V показывает приблизительно одинаковый результат вне зависимости от объема процессорного кэша.

Таблица 2 - Время, проведенное в режиме параллельного использования процессорного кэша

Конфигурация системы-хоста	SPECjbb + SPECjbb, %	SPECjbb + TPCx-V, %	TPCxV + TPCx-V, %
Xeon e5430, 6Мб кэш	15	35	30
Xeon x5355, 4Мб кэш	30	20	31
Xeon 5150, 2Мб кэш	37	15	30

2) Определить объем процессорного кэша, потребляемого виртуальной машиной при работе в режиме параллельного использования процессорного кэша с другой виртуальной машиной:

a. При оффлайн-моделировании можно составить пошаговые сценарии использования каждой виртуальной машины и определить шаги, на которых потребляется весь выделенный процессорный кэш путем замера падений производительности виртуальной машины.

b. При онлайн-моделировании такой подход не годится. При этом, можно воспользоваться средствами мониторинга, встроенными в ОС гостевой системы для замера количества промахов кэша на тысячу выполненных инструкций (misses per instruction, MPI). Количество промахов будет напрямую зависеть от параллельного использования процессорного кэша виртуальными машинами[9]. Но даже в этом случае необходимо заранее провести некоторое количество измерений для соответствующих пар виртуальных машин, чтобы исключить влияние других компонентов системы на результат.

На рисунке 7 показана гистограмма зависимости числа промахов кэша для различных виртуальных машин при параллельном запуске с другими виртуальными машинами. За 100% взято число промахов кэша при работе виртуальной машины на гипервизоре без других виртуальных машин. Для построения данной гистограммы была взята конфигурация с процессором Xeon E5430. Таким образом, можно заметить, что при параллельном запуске двух одинаковых ВМ с бенчмарком SPECjbb количество промахов возрастает на 60%, а при запуске двух экземпляров виртуальных машин с бенчмарком TPCx-V – на 130%.

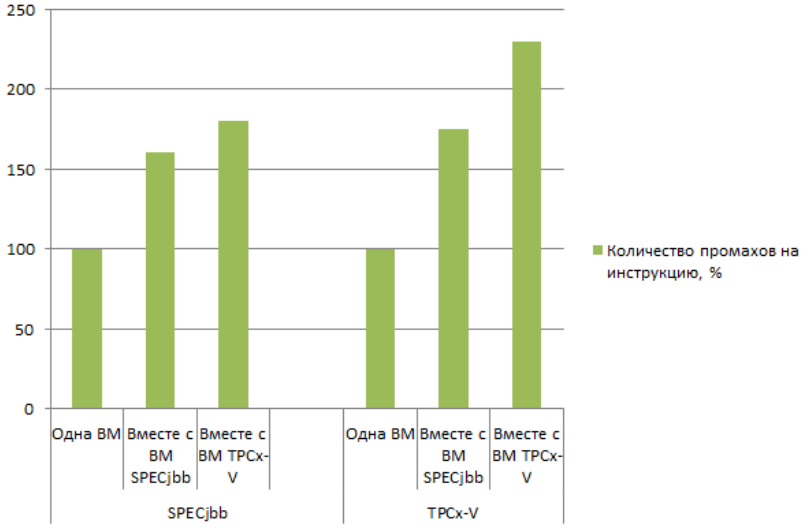


Рис. 7. Зависимость числа промахов кэша от параллельного использования ресурсов

3) Определить объем процессорного кэша, используемый виртуальной платформой. Этот объем можно вычислить, найдя взвешенное среднее значение из попарно взятых величин кэш-памяти, доступных двум виртуальным платформам, принадлежащих виртуальным машинам, запущенным одновременно[9]. Весами при этом выступают отношения общего времени выполнения ко времени параллельного выполнения.

Данные в таблице 3 показывают, что вычисленное число промахов процессорного кэша оказывается достаточно близко к числу, полученному с помощью мониторинга в процессе работы виртуальных машин. Используемый при этом процессор: Xeon E5430.

Таблица 3 - Количество промахов на инструкцию для различных виртуальных машин

Виртуальная машина	Вычисленное число промахов на инструкцию	Реальное число промахов на инструкцию	Погрешность, %
SPECjbb	0,0069	0,0072	5
TPCx-V	0,0034	0,0036	4

Падение производительности из-за эффекта параллельного использования кэша также может быть использовано для измерения объема процессорного кэша, используемого виртуальной платформой. В таблице 4 указаны значения числа промахов на инструкцию для трех различных процессоров, указанных ранее. В этом случае наиболее простым способом вычисления можно считать графический способ. Например, построив график зависимости числа промахов на инструкцию от объема процессорного кэша, можно обнаружить, что виртуальная машина с SPECjbb потребляет максимум 5Мб процессорного кэша.

Таблица 4 - Количество промахов на инструкцию для различных процессоров

Виртуальная машина	Xeon E5430, 6Мб кэш	Xeon x5355, 4Мб кэш	Xeon 5150, 2Мб кэш
SPECjbb	0.005	0.018	0.026
SPECjbb+SPECjbb	0.008	0.022	0.028

4) Вычислить количество тактов на команду (CPI) для виртуального процессора данной виртуальной машины с помощью полученных значений промахов на инструкцию.

Эффект параллельного использования кэша может быть выражен в виде количества тактов на команду для виртуальной машины при помощи использования полученных ранее данных о производительности системы и данных об использовании ресурсов процессора виртуальной платформы.

5) Вычислить падение производительности от параллельного использования процессорного кэша по следующей формуле:

$$CacheLoss = \frac{VM_x - VM_xSingleLoad - CPI}{VM_x - VM_xWorkLoad - CPI} \quad (3)$$

Таким образом, с помощью формулы (3) можно предсказать, насколько сильно упадет производительность целевой виртуальной машины в случае параллельного запуска второй виртуальной машины в условиях параллельного использования процессорного кэша.

Заключение

В данной статье был рассмотрен подход к моделированию производительности виртуальных машин и проблем, возникающих при этом. Также было определено влияние системных ресурсов на производительность и было выделено две категории ресурсов: видимые и невидимые. Была выяснена природа падения производительности виртуальных машин при параллельном использовании различных системных ресурсов и были выведены соответствующие закономерности. С помощью средств измерения производительности (бенчмарков) и мониторинга были определены численные величины падения производительности виртуальных машин. Было предложено два основных подхода к моделированию производительности: онлайн-моделирование и оффлайн-

моделирование. Было предложено понятие виртуальной платформы как набора ресурсов, доступных виртуальной машине. Затем был введен подход предсказания производительности и величины ее падения в зависимости от режима работы системы. Предложенный авторами метод моделирования был проверен только на одном гипервизоре и нескольких вариантах виртуальных машин, но авторы считают, что данный метод применим к виртуальным машинам при работе и на других гипервизорах и других виртуальных машинах.

Авторы считают, что задача моделирования производительности виртуальных машин в данной работе была решена частично – несмотря на определение подхода к моделированию и получения достаточно точных (величина погрешности не более 5%) результатов, были учтены не все факторы, влияющие на производительность виртуальной машины и на ее падение. В будущих работах следует подробнее разобрать и другие факторы. Также в будущих работах следует рассмотреть большее количество бенчмарков и гипервизоров для подтверждения факта применимости предложенных методов к широкому спектру программного обеспечения.

Литература

1. Сравнение производительности виртуальных машин Hyper-V 1-го и 2-го поколения на примере работы 1С // URL: http://efsol.ru/articles/performance-comparison-1c.html (дата обращения 11.03.2017).
2. Клеменков П. А. Оценка производительности программного обеспечения в виртуализованном окружении на основе атомарных тестов // Труды Института системного программирования РАН. 2011. Т. 21.
3. Аладышев О.С., Баранов А.В., Ионин Р.П., Киселёв Е.А., Орлов В.А. Сравнительный анализ вариантов развертывания программных платформ для высокопроизводительных вычислений // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета – 2014. Т.18, №3 (64). С. 295-300.
4. Shipilev A., Keenan D. SPECjbb2012: updated metrics for a business benchmark // Proceedings of the 3rd ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering, April 22-25, 2012, Boston, Massachusetts, USA
5. Джонс М. Тим. Анатомия облака с открытым кодом // URL: http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-cloud-anatomy/index.html?ca=drs- (дата обращения 11.03.2017).
6. Калистратов А. П., Заикин С. И., Кузовлев В. И., Семкин П. С. Использование снапшотов при организации учебной среды на базе виртуальных машин // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 7. С. 209-215. Режим доступа: http://old.technomag.edu.ru/doc/845284.html (дата обращения 11.03.2017)
7. Bond A., Johnson D., Kopczynski G., Taheri H.R. (2016) Profiling the Performance of Virtualized Databases with the TPCx-V Benchmark. In: Nambiar R., Poess M. (eds) Performance Evaluation and Benchmarking: Traditional to Big Data to Internet of Things. TPCTC 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9508. Springer, Cham
8. Hyper-Threading: «два-в-одном» от Intel, или Скрытые возможности Xeon // URL: http://itc.ua/articles/hyper-threading_dva-v-odnom_ot_intel_ili_skrytye_vozmozhnosti_xeon_9428 (дата обращения 11.03.2017)
9. Энциклопедия процессорных терминов // URL: http://www.ixbt.com/cpu/cpu-pedia.shtml (дата обращения 11.03.2017).
10. Аверьянихин А.Е., Котельницкий А.В., Муравьев К.А. Методика расчета оптимального числа узлов кластера виртуализации частного облака виртуальных рабочих столов по критерию эффективности // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-3 (47). С. 6-13.

КОНЦЕПЦИЯ СИНХРОНИЗАЦИИ СУЩНОСТЕЙПРИ ПОМОЩИ СЕРВИСНОЙ ШИНЫПРЕДПРИЯТИЯ

Луценко А.Э.
Научный руководитель: д.т.н., Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

THE CONCEPT OF SYNCHRONIZATION ENTITIES WITH ENTERPRISE SERVICE BUS

Lutsenko A.E.
Supervisor: Dr., Volosatova T.M.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье рассматривается работа с сервисной шинойпредприятия: изучаются задачи, которые она выполняет, анализируютсявозможные подходы по взаимодействию систем с помощью шины данных.Разрабатывается концепция синхронизации сущностей для поддержанияодинаковой информации во всех системах, которые связываются корпоративнойсервисной шиной.

Abstract
This article discusses work witht heservicebu soft heenter prise: examinest hetask sthatit performs, analyzes the possible approaches for cooperation of systems via databus. The concept of the synchronizationen tity tomaintain the same information in all systems that are communicatingen terpriseservicebus.

Введение

Автоматизация процессов, постоянный рост числа используемых систем автоматизации, растущие требования к надежности и взаимозаменяемостисистем, — все это требует постоянного контроля над системами, управления доступом и разграничения прав, управления трафиком в сети, интеграцииразрозненных приложений.
Шина данных предназначена для объединения всех приложений и систем компании, также шина данных позволяет централизовано управлять доступом, контролировать трафик и наблюдать количество обращений к сервисампредприятия, контролировать наличие ошибок при обращении к сервисам,отслеживать скорость работы сервисов.

Архитектура системы

Сервисная шина предприятия — связующее программное обеспечение,обеспечивающее централизованный и унифицированный событийно-ориентированный обмен сообщениями между различными информационнымисистемами на принципах сервис-ориентированной архитектуры. Основной принцип сервисной шины — концентрация обмена сообщениями между различными системами через единую точку, в которой, при необходимости, обеспечивается транзакционный контроль, преобразованиеданных, сохранность сообщений [1]. Все настройки обработки и передачисообщений предполагаются также сконцентрированными в единой точке, иформируются в терминах служб, таким образом, при замене какой-либоинформационной системы, подключённой к шине, нет необходимости вперенастройке остальных систем.

Без применения единой шины данных приложения обращаются напрямуюк сервисам, при этом аудит и авторизация обращений своя для каждогоотдельного случая (рисунок 1).

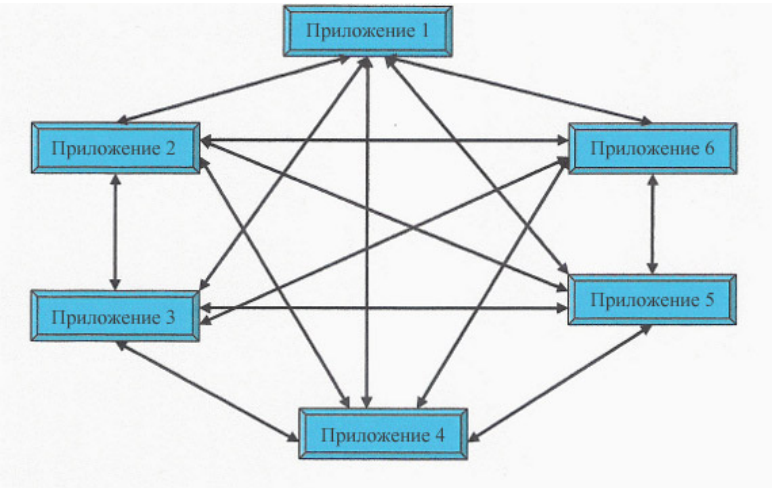


Рис. 4. Архитектура до применения ESB

С применением ESB обращения сервисов обрабатываются ипротоколируются в шине данных, как показано на рисунке 2.

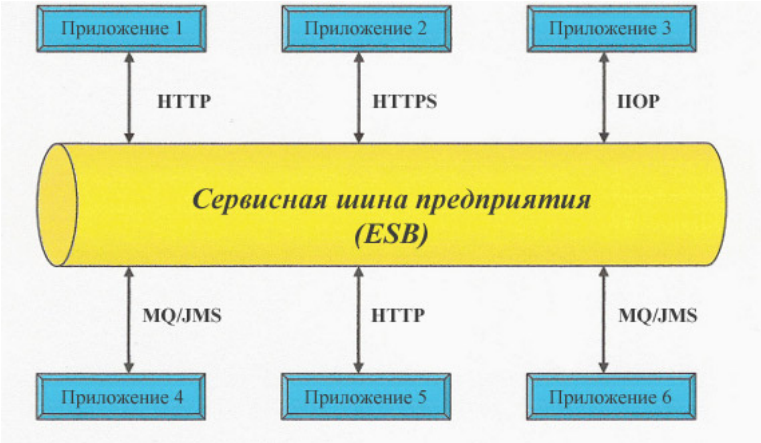


Рис. 5. Архитектура после применения ESB

Основной задачей является синхронизация справочных данных.Изначально синхронный обмен информацией между системами осуществляетсяследующим образом: системы связываются между собой по принципу точка-точка, используя архитектурный подход JBOWS (Just a bunch of webservices) [2].Как следствие, системы сильно связаны между собой. Замена одной системыили платформы на другую или переход на следующую версию системы в такойсхеме становится проблематичным.Еще одна проблема – огромное количество запрограммированныхсервисов, обеспечивающих взаимодействие точка-точка.

Общий подход к организации работы

Сервисы, используемые в рамках работы с ESB, бывают двух видов:

– сервисы, предоставляемые системами (API систем);

– сервисы, предоставляющие доступ к внешним по отношению к вызывающей системе бизнес-данным (ESB-сервисы);

В результате необходимо решить следующие задачи [3]:

– свести количество сервисов (API), предоставляемых системами к управляемому необходимому минимуму. Избавиться от ненужных и дублирующих друг друга сервисов;

– реализовать взаимодействие шины с API-сервисами систем в виде специальных потоков (именуемых в дальнейшем адаптерами), основной задачей которых является

трансформация данных из системы в CIM (описание сущностей, участвующих в интеграционном взаимодействии) и обратно и вызов необходимых API-сервисов систем;

– доступ к этим API-сервисам разрешить только шине. Это ключевой момент. Таким образом, например, модификация API-сервиса приведет только к изменению соответствующего адаптера на шине;

– системам для работы с корпоративными данными предоставлятькомпозитные сервисы, реализованные на ESB в виде оркестровок адаптеров.Композитные сервисы предоставляются системам исходя из потребностейкаждой конкретной системы через дополнительный слой фасадов, которыепредоставляют данные в виде необходимых интерфейсов по нужнымпротоколам (MQ, SOAP, HTTP, File и т.п.).

– заранее разделять сервисы, предоставляемые шиной на «общие сервисы»и сервисы для конкретной системы

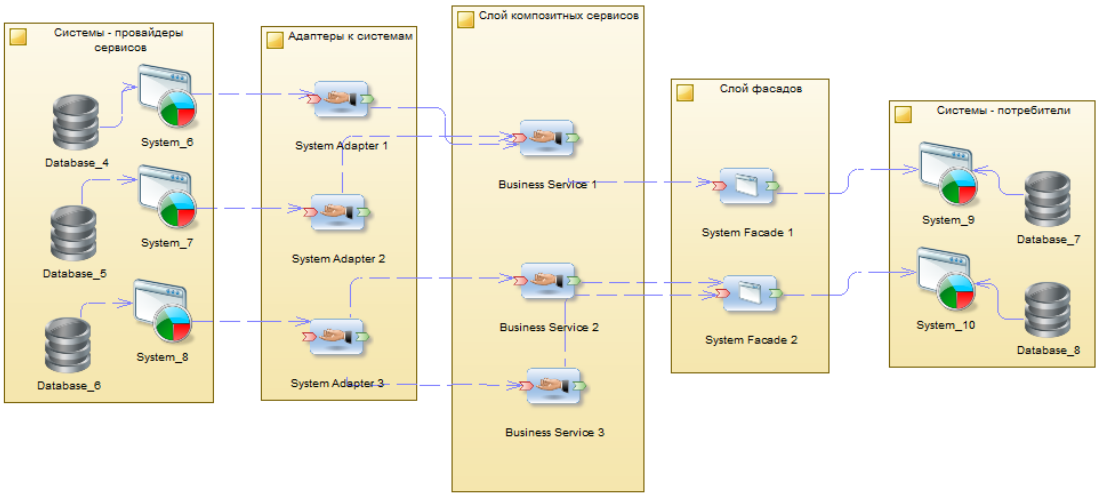


Рис. 6. Общий подход к организации работы

Концепция синхронизации сущностей

Система-приемник (система, потребляющая данные по сущности через синхронизацию) может использовать для определения уникальности объекта идентификаторы НСИ, Крок-коды (Уникальный для всех систем кодобъекта, присваиваемый в момент создания в мастер-системе и неизменный напротяжении существования объекта), либо пользоваться собственнымиидентификаторами. Если система использует идентификаторы НСИ или Крок-код, то для синхронизации сообщение помещаются в MQ-очередь, созданную для системы,при этом шина не ждет ответа от системы и не осуществляет никакихблокировок.

Возможно два способа взаимодействия:

– через MQ-очереди. Шина помещает сообщение в очередь, созданную для системы, и в течение 1 часа ждет ответа в другой очереди;

– через Web-сервисы. При этом способе взаимодействия система-приемник предоставляет сервис, способный обрабатывать датаграммы по выбранным типам сущностей.

До получения ответа от системы синхронизация по данному объекту всистему заблокирована. По истечению таймаута, если ответ не был получен,высылается нотификация об ошибке, блокировка на синхронизацию объектаснимается.

Ответ может содержать аналог системы, информацию о произошедшихошибках, либо информацию об успешности обработки датаграммы в случае синхронизации с использованием Крок-кода, синхронизации объектов с использованием идентификаторов НСИ или обновлении уже существующегообъекта.

Требования к системе-источнику:

– система-источник при изменении сущности выгружает полный срез данных по этой сущности;
– флагом syncAllowed="true" помечаются выгружаемые сущности, по которым система является мастер-системой. Флаг синхронизации, true/1 – сущность нужно обновить, false/0 – сущность обновлять не нужно. У основной сущности флаг всегда true или 1;
– в датаграмме должна присутствовать только одна корневая сущность.

Заключение

В результате в данной работе была рассмотрена архитектура системы при взаимодействии с сервисной шиной предприятия, проведен разбор методов с применением ESB, изучены общие подходы, необходимые для работы с корпоративной сервисной шиной и разработана концепция синхронизации сущностей.

Литература

1. Корпоративная сервисная шина - "бюджетный" подход к решению задач интеграции // citforum URL: http://citforum.ru/internet/webservice/esb/ (дата обращения: 31.01.2017).
2. Программное обеспечение websphere // IBM URL: https://www-1.ibm.com/software/ru/websphere/ (дата обращения: 31.01.2017).
3. Концепция онлайн-синхронизации // КРОК-КСШ URL:https://blog.croc.ru/pages/viewpage.action?pageId=150905588 (дата обращения:31.01.2017).
4. IBM WebSphere MQ Explorer // IBM URL: https://www-01.ibm.com/software/integration/wmq/explorer/downloads/ (датаобращения:30.10.2016).

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Малышев А.П.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

SEGMENTATION OF IMAGES

Malyshev A.P.
Supervisor: Ph.D., Associate Professor, Volosatova T.M.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Основной задачей в области компьютерного зрения является задача извлечения информации из изображений, для облегчения обработки происходит их разделение на меньшие блоки. В статье рассмотрены основные методы сегментации изображений. Подробно представлены алгоритмы метода маркерного водораздела, метода выделения границ Канни, сегментации по методу К-средних. В заключение приведены положительные и отрицательны стороны перечисленных методов.

Abstract
The main task in the field of computer vision is the task of extracting information from images, it segments to simplify processing. Basic methods of image segmentation are discussed in this article. It is spoken in detail algorithms of Selection for Watershed, Canny Edge Detection, K-means Method. In conclusion, there are list of pros and cons of different methods.

Введение

Одной из основных задач обработки и анализа изображений является сегментация, т.е. разделение изображения на области, для которых выполняется определенный критерий однородности, например, выделение на изображении областей приблизительно одинаковой яркости. Понятие области изображения используется для определения связной группы элементов изображения, имеющих определенный общий признак (свойство). Таким свойством может быть цвет, яркость или текстура. Сегментация находит свое применение в медицинской области (определение объемов тканей, изучение анатомической структуры, обнаружение опухолей), в инженерной (машинное зрение) и многих других.

1. Метод водораздела

Метод водораздела, также называемый преобразованием водораздела – это основанный на областях метод математической морфологии. Рассматривая изображения как геологический ландшафт, можно сказать, что линии водораздела – это границы, разделяющие участки изображений. В топографическом представлении изображения численные значения (например, уровни серого) каждого пикселя выступают в качестве высоты этой точки. Преобразование водораздела вычисляет водосборные бассейны и линии хребтов, при том что водосборные бассейны –соответствующие области изображения, а линии хребтов – это границы этих областей. Алгоритм работает с изображением как с функцией от двух переменных f=I(x, y), где x,y – координаты пикселя.

Значением функции может быть интенсивность или модуль градиента. Для наибольшего контраста можно взять градиент от изображения. Если по оси OZ откладывать абсолютное значение градиента, то в местах перепада интенсивности образуются хребты, а в однородных регионах – равнины. После нахождения минимумов функции f, идет процесс заполнения “водой”, который начинается с глобального минимума. Как только уровень воды достигает значения очередного локального минимума, начинается его заполнение водой. Когда два региона начинают сливаться,

строится перегородка, чтобы предотвратить объединение областей. Вода продолжит подниматься до тех пор, пока регионы не будут отделяться только искусственно построенными перегородками.

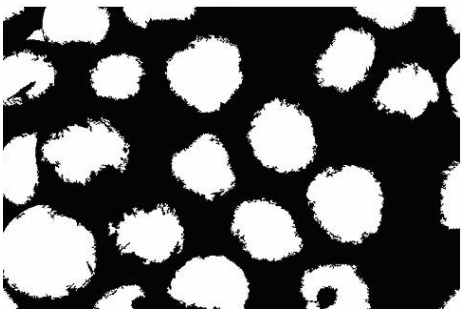


Рис. 1. Исходное изображение. Рис. 2. Маркеры Рис. 3. Результат сегментации.

В результате работы алгоритма мы получаем маску с сегментированным изображением, где пиксели одного сегмента помечены одинаковой меткой и образуют связную область. Основным недостатком данного алгоритма является использование процедуры предварительной обработки для картинок с большим количеством локальных минимумов (изображения со сложной текстурой и с обилием различных цветов).

2. Детектор границ Канни

Детектор границ Канни является одним из самых популярных алгоритмов обнаружения контуров. Важным шагом в данном алгоритме является устранение шума на контурах, который в значительной мере может повлиять на результат, при этом необходимо максимально сохранить границы. Для этого необходим тщательный подбор порогового значения при обработке данным методом. В отличии от операторов Робертса и Собеля, алгоритм Канни не очень восприимчив к шуму на изображении.

Алгоритм состоит из пяти отдельных шагов:

1. Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума.
2. Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение.
3. Подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.
4. Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами.
5. Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

Перед применением метода для уменьшения вычислительных затрат исходное изображение подвергается предварительной обработке . Изначально рисунок , представленный в цветовой модели RGB, преобразуют в модель YUV (или HSL, HSV и т. д.), в которой цвет представляется как три компоненты – яркость (Y) и две цветоразностных (U и V). Для этого каждый из составляющих цвета умножается на коэффициенты перевода, являющиеся постоянными в связи с особенностями человеческого восприятия.

Оператор Канни использует фильтр Гаусса. Размытие по Гауссу – это характерный фильтр размытия изображения, который использует нормальное распределение (также называемое гауссовым распределением) для вычисления преобразования, применяемого к каждому пикселю изображения.

$$Gauss(x, y, \sigma) = \frac{e^{\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}}{2\pi * \sigma^2}$$

где (x2 + y2) – это радиус размытия; σ – стандартное отклонение распределения Гаусса. Выбор границ происходит в тех местах, где наблюдается максимальное значение градиента. Это значение зависит от направления поиска градиента. Поэтому в алгоритме Канни выделяются четыре ядра фильтра, отвечающие за горизонтальное, вертикальное и два диагональных направления.

Рис. 4. Исходное изображение.

Рис. 5. Результат работы метода.

3. Метод К-средних

Алгоритм разделительной кластеризации, основанный на разбиении множества элементов векторного пространства на заранее определенное число кластеров k. Алгоритм представляет собой итерационную процедуру, в которой выполняются следующие шаги.

1. Выбирается число кластеров k.
2. Из исходного множества данных случайным образом выбираются k записей, которые будут служить начальными центрами кластеров.
3. Для каждой записи исходной выборки определяется ближайший к ней центр кластера. При этом записи, «притянутые» определенным центром, образуют начальные кластеры.
4. Вычисляются центроиды – центры тяжести кластеров. Каждый центроид – это вектор, элементы которого представляют собой средние значения признаков, вычисленные по всем записям кластера. Затем центр кластера смещается в его центроид.

Затем 3-й и 4-й шаги итеративно повторяются. Очевидно, что на каждой итерации происходит изменение границ кластеров и смещение их центров. В результате минимизируется расстояние между элементами внутри кластеров.

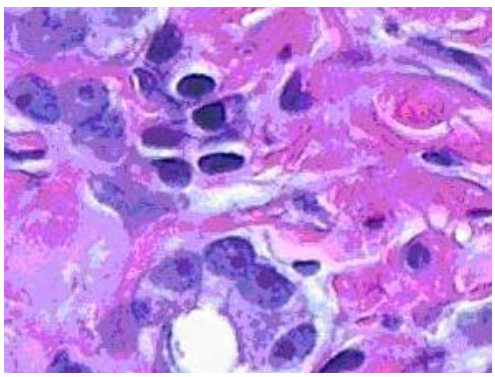


Рис. 6. Исходное изображение

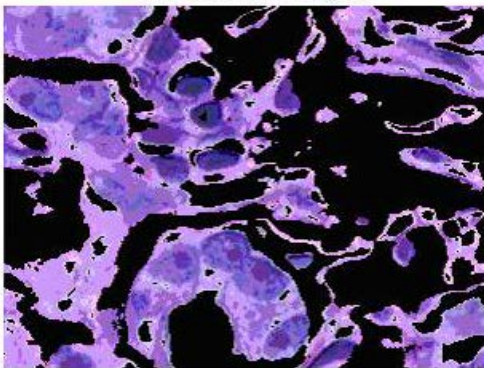


Рис. 7. Объекты в кластере 1

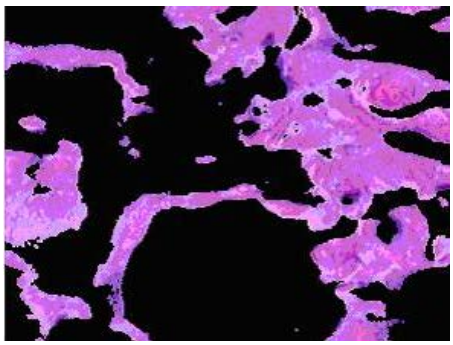


Рис. 8. Объекты в кластере 2

Потенциальная проблема алгоритма – проблема «пустых» кластеров.

Заключение

В ходе работы были рассмотрены различные методы сегментации, проанализоравана работа алгоритмов обработки изображений с различной структурой и содержанием. На основе теоретических и практических знаний выявлены основные достоинства и недостатки каждого из алгоритмов, подтверждающие теоретические предположения. Подводя итог, можно придти к выводу, что единого алгоритма, который позволял бы проводить приемлемую сегментацию для любого изображения не существует.

Литература

1. Прэтт, У.К., Цифровая обработка изображений: в 2 т. / У. К. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 305 с.
2. Sonka, M. Image Processing, Analysis and Machine Visison / M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle. - Brooks and Cole Publishing, 1998. -829 с.
3. Федотов, Н.Г. Теория признаков распознавания образов на основе стохастической геометрии и функционального анализа / Н.Г.Федотов. -М.: Физмалит, 2009.-304 с.

МЕТОДИКИ ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Михайличенко С.С., Лукьянова К.Д.
Научный руководитель: асс., Аверьянихин А.Е.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

METHODS OF TESTING COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS

Mikhaylichenko S.S., Lukyanova K.D.
Supervisor: Ass., Averianichin A.E.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается методика тестирования сложных программных систем. Описаны типы программных систем и наиболее часто встречаемых ошибок. Рассмотрены методы тестирования программных систем. В заключении представлены выводы о наиболее подходящей методике тестирования сложных программных систем.

Annotation
The article discusses the technique of testing complex software systems. It des cribes the types of software systems and the most common mistakes. Discusses the methods of testing of softwaresystems. Finallypresents conclusions about the mostsu i table method of testingcomplexsoftwaresystems.

Введение

Одной из проблем при разработке программного обеспечения (ПО), является наличие различных ошибок, что приводит к увеличению сроков разработки ПО и повышению затрат на выявление ошибок и их последующее исправление. Следует отметить тот факт, что исправление ошибок на этапе эксплуатации ПО обходится существенно дороже, чем во время разработки. Исходя из этого крайне существенным является не допустить попадания ошибок на этап эксплуатации ПО.В настоящее время существует большое количество международных стандартов, посвященных тестированию и контролю качества ПО, среди них следует отметить серию стандартов IEEE (IEEE 1008-1986, IEEE 1012-1986), NASA-STD-8739.8, SWEBOK, однако основным их недостатком является сложность адаптации для тестирования специализированного ПО и существенность требуемых изменений процесса тестирования [1-4].
Проблема оптимизации тестирования является актуальной, так как существенно влияет на время и затраты на тестирование, а также на само качество программного обеспечения.

1 Классификация программного обеспечения.

Наиболее популярной классификацией программного обеспечения является классификация по назначению ПО:

- системное ПО;
- прикладное ПО;
- инструментальное ПО;
- программные средства защиты.

Системное ПО представляет собой комплекс программ, предназначенных для обеспечения работы других программ, предоставляя им сервисные функции. Системное ПО является “межслойным интерфейсом” между приложениями пользователя и аппаратурой – процессором, оперативной памятью, устройствами ввода-вывода и др.

Прикладное ПО – это программы, предназначенные для выполнения конкретных задач и непосредственно взаимодействующие с пользователем.

Инструментальное ПО предназначено для проектирования, разработки и сопровождения программ.

Программные средства защиты – набор программ, позволяющий обеспечивать информационную безопасность систем.

2 Анализ типовых ошибок при разработке ПО

При разработке ПО ошибки могут быть допущены на различных этапах разработки и чем сложнее разрабатываемое ПО, тем большее количество ошибок может быть допущено и тем сложнее его тестирование. Причинами ошибок могут выступать многие факторы: сложность, нарушение спецификаций, неструктурированный код, нарушение стандартов и многие другие.

При выявлении ошибок стоит обратить внимание, что ошибки могут быть различных типов: логические, вычислительные, интерфейсные, ввода-вывода, управления данными, целостности данных. Также необходимо учитывать такие атрибуты как серьезность и приоритет:

– Серьезность (severity) – характеризует влияние ошибки на качество работы приложения;

– Приоритетность (priority) – это атрибут, помогающий установить очередность устранения ошибок и оптимизировать работу. Чем выше приоритет, тем быстрее нужно устранить дефект.

Градация серьезности дефекта:

– Блокирующая (blocker) – приводит ПО в неработоспособное состояние;

– Критическая (critical) – дефект, приводящий к неработоспособному состоянию части ПО;

– Значительная (major) – ошибка, при которой часть основной бизнес-логики работает некорректно;

– Незначительная (minor) – очевидная проблема пользовательского интерфейса;

– Тривиальная (trivial) – проблема посторонних сервисов, не влияющая на качество ПО.

Градация приоритета ошибки:

– Высокий (high);

– Средний (medium);

– Низкий (low).

При исправлении ошибок следует придерживаться следующего порядка исправления по приоритету: в первую очередь исправляются ошибки с высоким приоритетом. Если таковых не найдено или они уже исправлены, то следующими следует исправлять ошибки со средним приоритетом и в последнюю очередь с низким приоритетом.

3 Тестирование программных систем

Методы тестирования

Существует множество классификаций методов тестирования, рассмотрим одну из них:

– “Белый ящик” – низкий уровень детализации, составленный на структуре программы.

– “Серый ящик” – переходный уровень, на котором определен интерфейс между составляющими.

– “Черный ящик” – глобальное представление, составленное на спецификации.

Тестирование по стратегии белого ящика позволяет проверить внутреннюю структуру программы. Исходя из этой стратегии, тестировщик получает тестовые данные путём анализа логики работы программы.

Данный метод состоит из следующих процессов:

– анализ структуры программы;

– покрытие операторов;
– покрытие ветвей;
– статическое тестирование.

Метод “Черный ящик” или поведенческое тестирование — это метод тестирования функционального поведения объекта (в данном случае - ПО) с точки зрения внешнего мира, при котором не нужны знания о внутреннем устройстве ПО.

Данный метод состоит из следующих процессов:
– анализ потоков;
– таблица разрешений;
– функциональный анализ;
– рубежные значения;
– история дефектов;
– целостность данных;
– диаграмма переходов состояний.

Метод тестирования по стратегии серого ящика находится в пограничном состоянии между белым ящиком и черным. Сочетание происходит следующим образом: снаружи продукт представляется как черный ящик, но выбор тестов основывается на знании внутреннего устройства программы, знании ее кода.

Данный метод состоит из следующих процессов:
– анализ архитектуры;
– проверка навигации;
– проверка интерфейсов;
– модель событий.

Планирование тестирования

Особое внимание следует уделить планированию тестирования, которое заключается в определении достаточного и разумного объема проводимых тестов, который можно реализовать, не превышая ограничения на имеющиеся ресурсы (аппаратные, временные, персонал и т.д.).

Первым делом надо определить, каким объемом тестов разумно ограничиться, т.к. невозможно проверить 100% исходных данных. Но даже если покрыто 100% исходного кода, это не означает, что программа полностью протестирована. На других исходных данных с таким же покрытием результат может быть совершенно другой.

План тестирования можно рассматривать как группу методик тестирования, каждая из которых состоит из сценариев тестирования. После прохождения программным обеспечением каждого теста тестировщик получает результат, который необходимо сравнить на эквивалентность с ожидаемым (требуемым) результатом. План тестирования определяет: общие цели тестирования, стратегию и подходы к тестированию, а также среду, в которой будет проводится тестирование и какие процедуры будут использованы.

4 Регрессионное тестирование

При проведении тестов ПО следует обратить внимание регрессионное тестирование (РТ) – тестирование ПО после осуществления изменений и учитывая ранее заявленную функциональность и ранее обнаруженные ошибки [6-10].

РТ – это обобщающее название тех видов тестирования, которые используются для нахождения ошибок в уже проверенных участках исходного кода. Такое явление, – когда после внесения изменений в исходный код ПО не работает то, что работало ранее – получило такое название как регрессионные ошибки(РО).

РТ содержит повторные прохождения уже пройденных тестов, а также проверки, не попали ли РО в новую версию в результате слияния кода.

Из истории разработки ПО известно, что возникновение одних и тех же ошибок в новых версиях – случай нередкий. Причинами этого может быть плохая техника управления версиями или из-за человеческого фактора при работе с системой управления версий.

Также нередко решение проблемы бывает кратковременным: после последующего изменения решение перестаёт работать. Также при изменении какой-либо части кода, часто всплывают те же ошибки что были в предыдущей реализации [5].

Заключение

Тестирование ПО – крайне важный этап его разработки, который позволяет существенно уменьшить затраты (временные, стоимостные), на его сопровождение в процессе эксплуатации. Существует множество различных методик тестирования, позволяющие выявить большинство ошибок, совершенных при разработке. Система тестирования программных систем нуждается в дальнейшем развитии с целью увеличения доли выявленных ошибок до 100%.

Литература

1. IEEE 1008-1986, Standard for Software Unit Testing, 1986.
2. IEEE 1012-1998, Standard for Software Verification and Validation, 1998.
3. NASA-STD-8739.8,NASA TECHNICAL SOFTWARE ASSURANCESTANDARD, 1992
4. SWEBOK, Guide to the Software EngineeringBody of Knowledge, IEEE, 2004.
5. Глудкин О.П., Гуров А.И Управление качеством электронных средст». - М: «Высшая школа».
6. Власов А.И., Ганев Ю.М., Карпунин А.А. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ "БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА" ИНСТРУМЕНТАМИ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2015. № 4 (160). С. 19-24.
7. Власов А.И., Карпунин А.А., Ганев Ю.М. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИ КАСКАДНОЙ И ИТЕРАТИВНОЙ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 1. С. 96-100.
8. Карпунин А.А., Ганев Ю.М., Чернов М.М. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ // Надежность и качество сложных систем. 2015. № 2 (10). С. 78-84.
9. Демин А.А., Карпунин А.А., Ганев Ю.М. МЕТОДЫ ВЕРИФИКАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ // Программные продукты и системы. 2014. № 4 (108). С. 229-233.
10. Власов А.И. КОНЦЕПЦИЯ ВИЗУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СИНХРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ // Датчики и системы. 2016. № 8-9 (206). С. 19-25.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ В ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМА CAD

Ныннырова А.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Мартынюк В.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

DEVELOPING APPLICATIONS FOR FOREIING CAD SYSTEMS

Nynnyrova A.S.
Supervisor: Associate Professor, PhD, lecture RK-6., Martyniuk V.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются задачи, возникающие в процессе проектирования самолета, которые требуют разработки приложений к зарубежным системам CAD. Подробно исследована задача анализа пересечений всех компонентов сборки и какой-либо ограниченной зоны. В результате было разработано приложение для разбиения самолета на зоны и создания псевдосборок из узлов, входящих в задаваемую зону.

Abstract
The article deals with problems arising in the process of designing an aircraft that require the development of applications for foreign CAD systems. We studied in details the problem of intersections analysis of all components in the assembly and a bounded area. As a result, the application has been designed to split the plane into zones and create pseudo assemblies consisting of the assemblies belonging to the defined zone.

Введение

При проектировании и анализе самолета часто встречаются задачи, связанные с определением всех компонентов, попадающих в какую-то ограниченную заданную область (рис. 1).

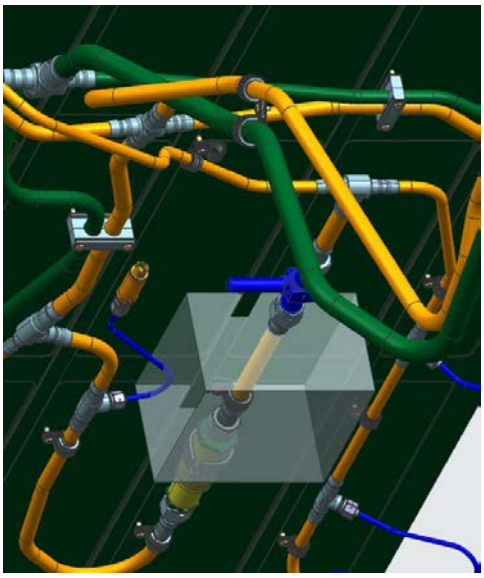


Рис. 1. Сборка из части каркаса самолета и топливной системы с заданной зоной для анализа в виде параллелепипеда

Например, существует задача разбиения самолета на зоны, где вся модель самолета делится на зоны определенного размера. Такое «зонирование» востребовано многими пользователями. Например, зоны, в которых присутствуют элементы электрики и гидравлики, считаются «опасными». Они требуют повышенного внимания при анализе. Кроме этого, зонирование необходимо для проектирования технологии сборки, определения ватерлинии самолета, формирования связи компонентов в сложном трубопроводе и пр.

Для решения этих задач было разработано приложение, которое проверяет попадание детали в зону, используя габариты этой детали и зону для анализа в виде параллелепипеда. Под габаритом детали понимается некий параллелепипед, расположенный вдоль осей системы координат детали, и ограниченный максимальным и минимальным размерами. Для проверки пересечения используются условия пересечения, следующие из теоремы вычислительной геометрии, о том, что два непересекающихся выпуклых многогранника могут быть разделены плоскостью, которая параллельна грани одного из многогранников, или плоскостью, которая проходит по ребру одного из многогранников.

1 Задача разбиения самолета по зонам

При решении задачи разбиения модели самолета по зонам пришлось столкнуться со следующими особенностями анализа:

1) Структура самолета на верхнем уровне разбита по системам, т.е. по функциональному, а не по геометрическому признаку, что усложняет анализ моделей в плане геометрии.

2) Большой размер структуры самолета (52 000 деталей) приводит к большим временам анализа.

Кроме этого, существуют трудности, обусловленные особенностями работы в системе NX. В частности, сборка в NX представляет собой только первый уровень «входимости» компонентов. Так, если в сборку в качестве компонента входит некая подсборка, то на уровне сборки пользователю ничего не известно о структуре подсборки. Особенность процесса проектирования заключается как раз в том, что небольшие подсборки узлов меняются очень часто, а на уровне сборки самолета это не отслеживается. Для поддержки корректной обновленной структуры самолета при изменении какой-то подсборки необходимо «пересохранить» все сборки, включающие в себя измененную подсборку, поднимаясь по иерархии вверх до головной сборки самолета. Это очень трудоемко и не всегда возможно в связи с особенностями работы по утверждению макета самолета. По этому, сейчас на уровне головного самолета мы имеет фактически устаревший макет. Это делает невозможным работу со стандартным функционалом NX для определения пересечений, деталей, находящихся вблизи других деталей, и определения компонентов, попадающих в заданную зону.

Чтобы устранить вышеперечисленные трудности, было разработано приложение, которое получает актуальную структуру самолета, и габариты входящих компонентов. Далее, по ним осуществляется проверка пересечений.

В процессе реализации приложения решались следующие задачи:

1) получение габаритов детали в координатах головной сборки. При этом ограничивающий объем в виде параллелепипеда в головной сборке уже не будет совпадать с осями координат сборки. Он будет позиционирован, так же как и компонент;

2) определение факта пересечения в общих координатах головной сборки;

3) возможность дополнительной проверки пересечения для деталей, которые пересекаются по габаритам, так как возможен вариант, что габаритные блоки пересекаются, а сами твердые тела деталей - нет.

Используя матрицы позиционирования компонентов в сборке как матрицы трансформации объекта, можно ориентировать габаритные блоки деталей в координатах головной сборки. Ориентированные габаритные блоки будут определяться их центром, координатами осей, идущих вдоль ребер блока и длинами этих ребер.

Проверка факта пересечения габарита детали с габаритом зоны осуществляется на основе теоремы вычислительной геометрии. Согласно этой теореме, два непересекающихся выпуклых многогранника могут быть разделены или плоскостью, которая параллельна грани одного из многогранников, или плоскостью, которая содержит по ребру каждого из многогранников. Для определения пересекаются ли два выпуклых

многогранника необходимо и достаточно проверить пресечения проекций многогранников на линиях, которые перпендикулярны плоскостям, описанным в теореме. Если минимальные интервалы, содержащие проекции многогранников на эти линии не пересекаются, то и многогранники не пересекаются. В этом случае такую линию называют разделительной осью.

Проверка на пересечение включает проверку каждой из потенциальных разделительных осей путем проецирования объектов на оси и проверки на пересечение минимальных интервалов, содержащих проецируемые объекты. Если разделяющая ось найдена, то остальные оси не проверяются. Для двух параллелепипедов, представляющих габариты детали, существует 15 потенциальных разделительных осей: 3 для независимых граней первого параллелепипеда, 3 для граней второго, и 9 сформированных из ребра первого и ребра второго параллелепипеда.

Кроме этой, стандартной проверки необходимо учитывать случаи, когда габариты деталей пересекаются, а сами твердые тела - нет. Для этого предусмотрена дополнительная проверка, на пересечение твердых тел встроенными средствами из библиотеки NX.

2 Приложение для автоматизации анализа распределения компонентов сборки по зонам

Разработанное приложение состоит из 3 раздельных модулей - подпрограмм:

1) выгрузка информации о структуре сборок и габаритов деталей из системы Teamcenter; реализована с помощью библиотек программирования к системе Teamcenter;
2) создание структуры анализируемой сборки с анализом пересечений;
3) модуль вывода результатов: формирование файла таблицы Excel со структурой анализируемой сборки и компонентами, попавшими в заданную зону, и создание псевдосборки в системе Teamcenter, состоящей из узлов (сборок) с компонентами, попавшими в зону.

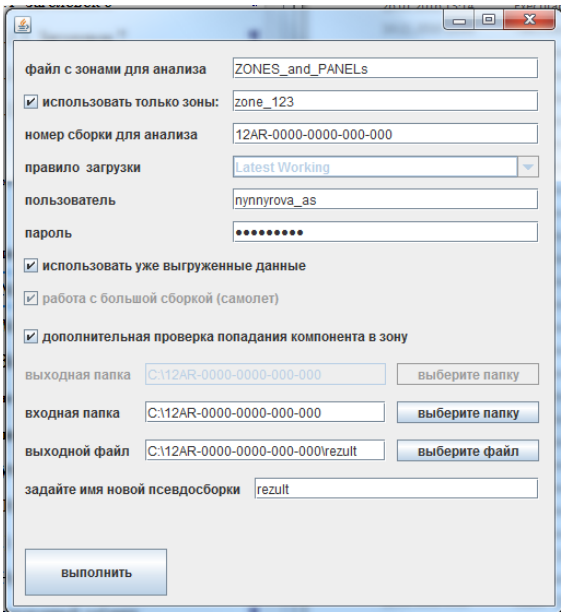


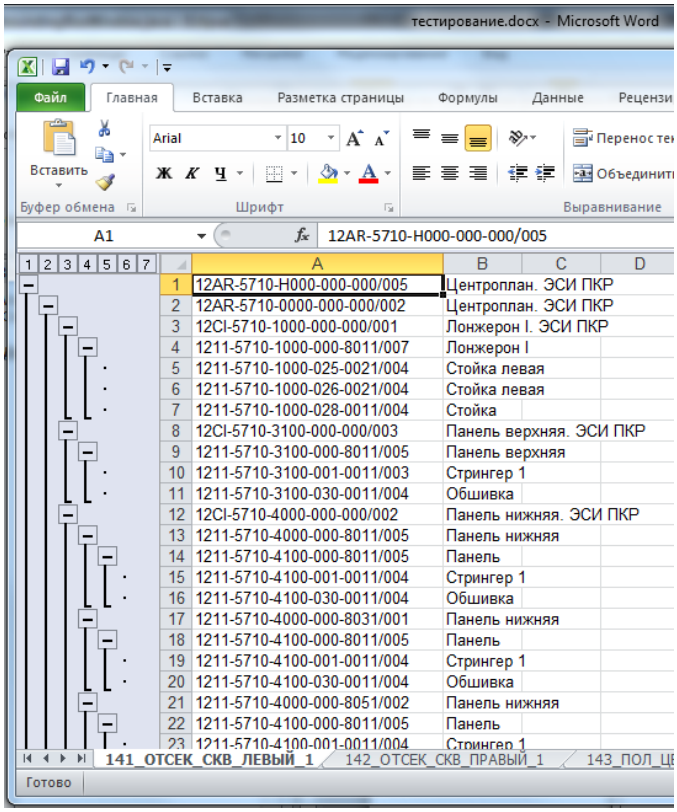
Рис. 2. Интерфейс приложения для автоматизации анализа распределения компонентов сборки по зонам

На рис.2 представлено диалоговое окно, в котором пользователь задает все, необходимые исходные данные. В частности, здесь он указывает зону, содержимое которой необходимо проанализировать. Здесь же он указывает компоненты, каких

подсистем (каркаса самолета, гидравлики, системы пожаротушения, системы кондиционирования воздуха и пр.) следует анализировать в зоне.

На рис.3 представлены результаты работы приложения в виде таблицы Excel. В ней перечислены компоненты заданных подсистем, которые оказались в анализируемой зоне.

Кроме представленного перечня найденных компонентов (рис.2), приложение автоматически формирует сборку, в которой графически представлены все компоненты, оказавшиеся в интересующей нас зоне (рис.1, 4).



	A	B
1	12AR-5710-H000-000-000/005	Центроплан. ЭСИ ПКР
2	12AR-5710-0000-000-000/002	Центроплан. ЭСИ ПКР
3	12CI-5710-1000-000-000/001	Лонжерон I. ЭСИ ПКР
4	1211-5710-1000-000-8011/007	Лонжерон I
5	1211-5710-1000-025-0021/004	Стойка левая
6	1211-5710-1000-026-0021/004	Стойка левая
7	1211-5710-1000-028-0011/004	Стойка
8	12CI-5710-3100-000-000/003	Панель верхняя. ЭСИ ПКР
9	1211-5710-3100-000-8011/005	Панель верхняя
10	1211-5710-3100-001-0011/003	Стрингер 1
11	1211-5710-3100-030-0011/004	Обшивка
12	12CI-5710-4000-000-000/002	Панель нижняя. ЭСИ ПКР
13	1211-5710-4000-000-8011/005	Панель нижняя
14	1211-5710-4100-000-8011/005	Панель
15	1211-5710-4100-001-0011/004	Стрингер 1
16	1211-5710-4100-030-0011/004	Обшивка
17	1211-5710-4000-000-8031/001	Панель нижняя
18	1211-5710-4100-000-8011/005	Панель
19	1211-5710-4100-001-0011/004	Стрингер 1
20	1211-5710-4100-030-0011/004	Обшивка
21	1211-5710-4000-000-8051/002	Панель нижняя
22	1211-5710-4100-000-8011/005	Панель
23	1211-5710-4100-001-0011/004	Стрингер 1

Рис. 3. Результат работы приложения – таблица, отображающая компоненты из структуры анализируемой сборки, попавшие в заданную зону

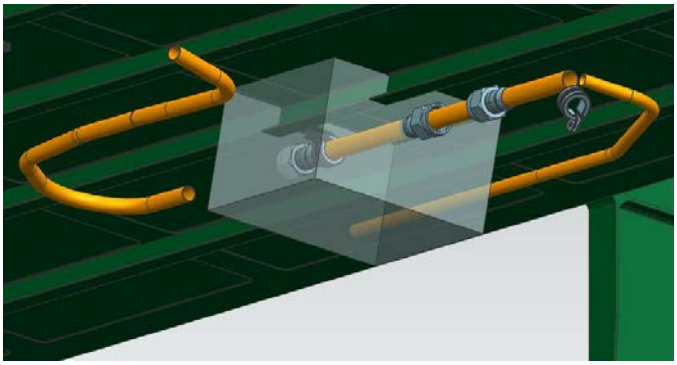


Рис. 4. Результат работы приложения – псевдосборка с узлами, попавшими в заданную зону

Заключение

В процессе проектирования часто возникают задачи, сводящиеся к проверке пересечения габаритов деталей с заданными ограниченными областями. В результате данной работы были изучены проблемы и разработаны подходы для решения подобных задач, учитывающие особенности безбумажного проектирования самолета.

Литература

1. Данилов Ю., Артамонов И. практическое использование NX. М., Изд-во ДМК, 2011, 331 с.
2. Тороп Д., Терликов В. Teamcenter Начало работы. М., Изд-во ДМК, 2011, 278 с.
3. David Eberly: Dynamic Collision Detection using Oriented Bounding Boxes, Geometric Tools, LLC, 2008.

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ МЧС РОССИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Остудин Н.В.
Научный руководитель: к.т.н., профессор, Антюхов В.И.
Университет ГПС МЧС России, кафедра системного анализа и антикризисного управления, Санкт-Петербург, Россия

SYSTEM OF INTELLECTUAL SUPPORT OF ACTIVITIES OF OFFICIALS OF CONTROL CENTRES IN CRISIS SITUATIONS OF EMERCOM OF RUSSIA DURING LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS OF ECOLOGICAL CHARACTER

Ostudin N.V.
Supervisor: PhD, Professor, Antyukhov V.I.
University of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются вопросы применения систем искуственного интеллекта в деятельности должностных лиц органов управления МЧС России. Данные системы позволят автоматизировать задачи, возложенные на должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России, а как следствие повысить качество, оперативность и обоснованность принимаемых решений.

Abstract
The article discusses the use of systems of artificial intelligence in the activities of officials of management bodies of EMERCOM of Russia. These systems will automate the tasks assigned to officials of the centers of crisis management (CMC) of EMERCOM of Russia, and as a result improve the quality, timeliness, and validity of decisions.

Введение

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

В соотвествии с Федеральным законом № 69 «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций» различают ЧС природного, техногенного и экологического характера [фз № 68].

Залогом успешного предотвращения, прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), расчета оптимального состава сил и средств (СИС), адекватной помощи пострадавшим и защиты населения от ЧС природного, техногенного и экологического характера является эффективная организация деятельности органов управления МЧС России.

Основные задачи, связанные с организацией управления в МЧС России, возложены на Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС).

В соответствии с задачами, возложенными на РСЧС, для осуществления оперативного управления и контроля функционирования подсистем и звеньев РСЧС в пределах имеющихся полномочий существуют органы повседневного управления РСЧС.

В деятельности органов управления МЧС России существует ряд проблем, связанных с качеством и оперативностью принимаемых решений. Эти проблемы могут негативно повлиять на дальнейший исход ЧС, привести к дополнительным материальным затратам и непредсказуемым последствиям.

Среди таких проблем - должностным лицам центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) различных уровней управления МЧС РФ постоянно приходится решать вопросы оперативного реагирования на кризисные и чрезвычайные ситуации в условиях дефицита личного состава подразделений и наличия специалистов, имеющих еще не накопленный опыт практической работы в должности.

Объем и качество получаемой информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях остаются недостаточными для принятия оптимального решения. Имеет место получение дезинформации, когда количество информации измеряется отрицательным значением или когда ценность полученной информации равна нулю (информационный шум). Это не позволяет реально оценить сложившуюся ситуацию, и, как следствие, значительно усложняет возможность адекватно управлять процессом ликвидации возможной кризисной или чрезвычайной ситуации.

Другая проблема связана с тем, что должностные лица выполняют значительный объем работ по содержательной обработке информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях при ограниченном времени их проведения. Вследствие чего лицо принимающее решение (ЛПР) может произвести ошибки в расчетах или просто-напросто не успеть их провести, что также может привести к необратимым последствиям.

Существует большое число вариантов действий, связанных с принятием решений в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций из которых нужно выбрать оптимальное.

Все эти проблемы можно решать с применением современных достижений в области систем искусственного интеллекта. Необходима разработка методик, моделей и алгоритмов процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Сокращение времени на разработку и внедрение систем интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС возможно путём автоматизации составляющих данного процесса.

Актуальность статьи подтверждается основными приоритетами научно-технического и информационного обеспечения управления деятельности РСЧС (определены приказом МЧС России от 05.08.2009 г. № 457) по следующим пунктам:

– научно-методическое обеспечение совершенствования системы управления в кризисных ситуациях;

– создание и совершенствование технологического, математического, программного и информационного обеспечения автоматизированных систем управления в чрезвычайных ситуациях;

– совершенствование управления функциональными и территориальными подсистемами РСЧС.

А также актуальными задачами по развитию ЦУКС (определены решением коллегии МЧС России № 15 от 5.12.2014 «О концепции развития системы управления МЧС России до 2030 года») в части:

– совершенствования информационно-технологического обеспечения деятельности ЦУКС МЧС России;

– оснащения ЦУКС современными информационно-техническими и программно-аппаратными средствами с целью повышения эффективности их функционирования.

Актуальность статьи также обусловлена тем, что в условиях экономического кризиса МЧС России вынуждено экономить бюджетные средства, в связи с чем производятся кадровые сокращения в органах управления, что может оказать негативное влияние на эффективность функционирования этих органов. В связи с этим предлагается часть функциональных обязанностей возложить на системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц.

Для анализа проведенных работ в рамках темы статьи условно можно выделить два основных направлений:

– вопросы управления структурными подразделениями МЧС России;

– основные аспекты применения систем искусственного интеллекта в различные сферы человеческой деятельности

Значительный вклад в развитие данных направлений можно выявить в работах Еникеевой К.Р. [1], Евграфова П.М.[2], Ждановой Е.И., Малыгина И.Г., Ямалова И.У.[3], Артамонова В.С., Брушлинского Н.Н., Топольского Н.Г., Таранцева А.А., Иванова А.Ю., Андиевой Е.Ю., Даниленко А.Н. и др. Однако анализ современного состояния вопросов применения систем искусственного интеллекта в деятельности должностных лиц органов управления МЧС России позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день отсутствуют научно-методические средства применения систем интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, не проработан вопрос выявления рациональной модели представления для задач интеллектуальной поддержки, актуальными также остаются вопросы анализа информационной потребности деятельности должностных лиц.

На сегодняшний день в рамках исследования по данной теме получены следующие результаты:

1) Разработана методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [4];
2) Разработана методика анализа информационной потребности деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [7];
3) Разработана методика выявления перечня задач интеллетуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [5];
4) Разработана система интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [6];
5) Предложена технология установления рациональной модели представления знаний для задач интеллектуальной поддержки.

В настоящее время заканчиваются работы по моделированию и алгоритмизации процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Разрабатывается система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки.

Исследования в рамках темы статьи основаны на теории вероятности и математической статистики, теории принятия решений, методах системного анализа, декомпозиции, инженерии знаний, теории эффективности, теории управления в организационно-технических системах.

Цель исследования заключается в совершенствовании деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России путём разработки и внедрения средств интеллектуальной поддержки.

Постановка задачи.

Зна́ние — форма существования и систематизации результатов познавательной деятельности человека.

База знаний — база данных, содержащая правила вывода и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области.

Инженерия знаний — область наук об искусственном интеллекте, связанная с разработкой экспертных систем и баз знаний.

Под сопровождением процессов интеллектуальной поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России понимается выполнение этапов, способствующих достижениею конечной цели – разработки системы интеллектуальной поддержки

Под задаччами интеллектуальной поддержки будут полагаться задачи, выполняемые должностным лицом ЦУКС с применением систем интеллектуальной поддержки.

1 Система интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Автором разработана система в соотвествии со структурой, представленной на рис.1 и рис.2. Система разработана при помощи объектно-ориентированного языка программирования C# и языка логического програмиирования Prolog.

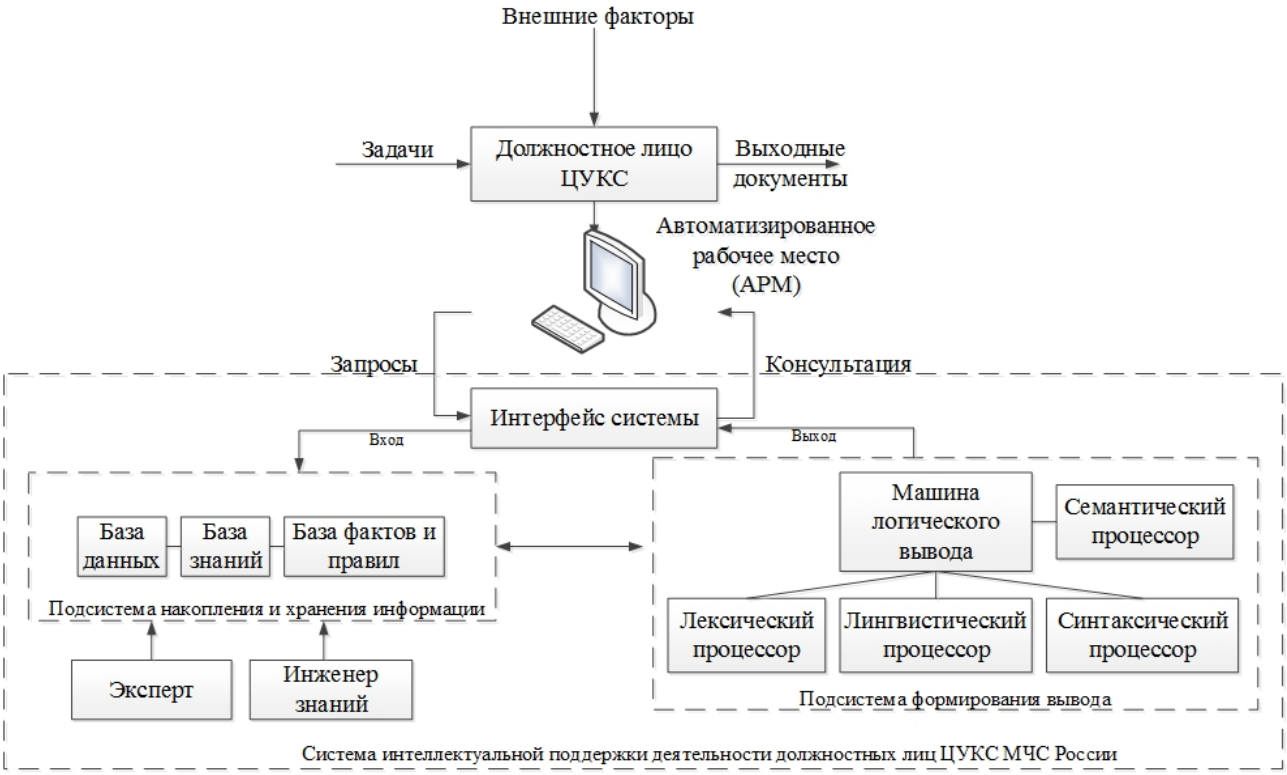


Рис. 1. Структурная схема системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Разрабатываемая система интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России является сложной системой, поэтому автором проведена её декомпозиция (рис.2).

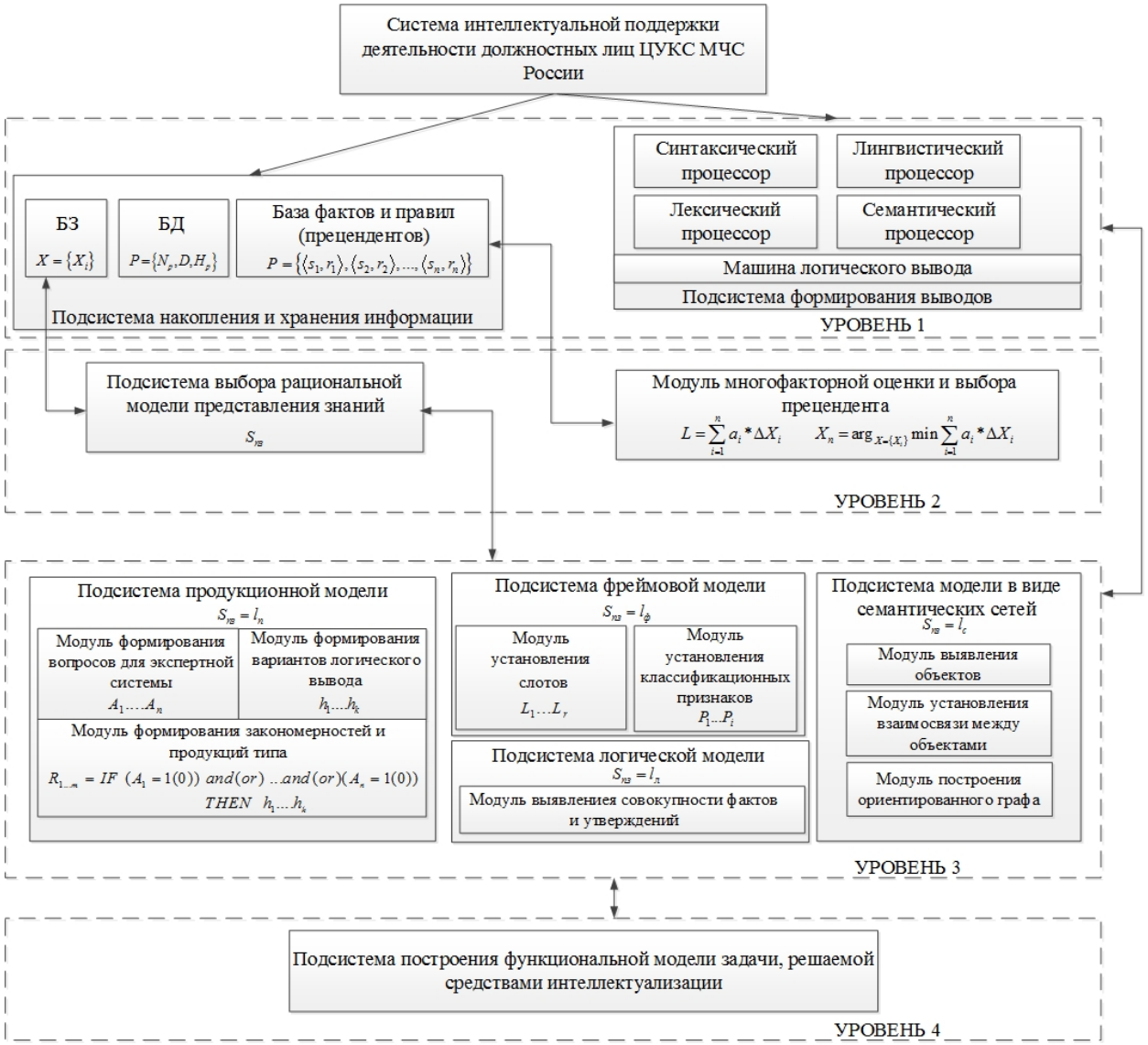


Рис. 2. Декомпозиция системы интеллектуальной поддержки

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности №2016619140.

2 Системасопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

В настоящее время с целью объединения всех полученных результатов в единый автоматизированный комплекс разрабатывается система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России (рис.3).

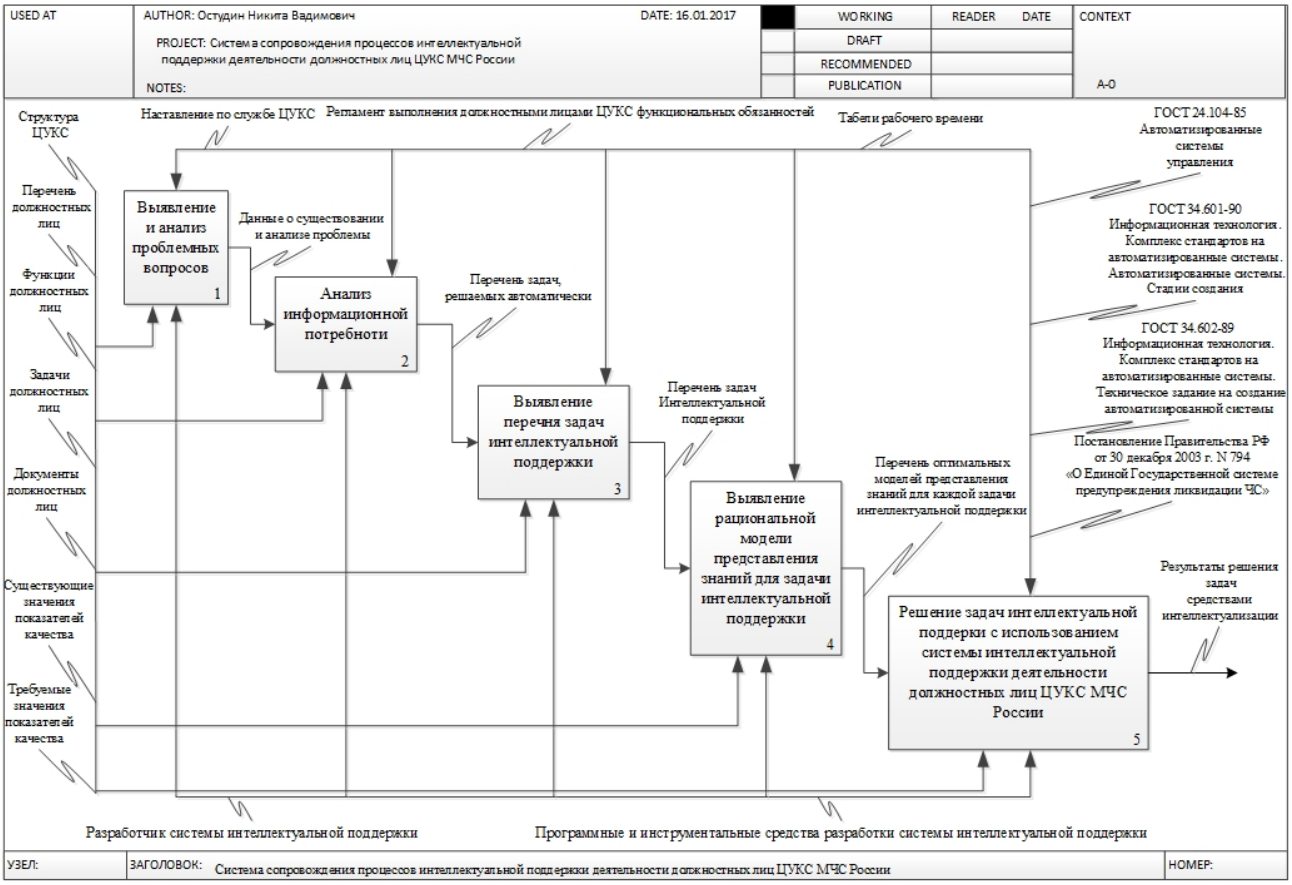


Рис. 3. Функциональная модель предлагаемой системы

В настоящее время осуществляется внедрение полученных результатов в практическую деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России на трёх уровнях функционирования МЧС России: Федеральном, межрегиональном и региональном.

Заключение

Результаты исследования в рамках внедрения систем интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России опубликованы в рамках 3 статей в журналах, рецензируемых ВАК, на 22 Российских и Международных конференциях, а также на конкурсе грантов Правительсва Санкт-Петербурга. Предложены подходы к оценке эффективности полученных результатов, основанные на жлементах теории массового обслуживания.

Литература

1. Еникеева К.Р. Интеллектуальная информационная поддержка принятия решений в процессе разработки паспортов безопасности промышленных объектов: диссертация на соискание ученой степени кандидат технических наук. Уфа, 2008. — 120 с.
2. Евграфов П.М. Разработка алгоритмов интеллектуальной поддержки решений в системах социального управления: На примере ГПС: диссертация на соискание ученой степени кандидат технических наук М. 2003. — 226 с.
3. Ямалов И.У. Поддержка принятия решений для управления в условиях чрезвычайных ситуаций на основе когнитивных и динамических моделей: диссертация на соискание ученой степени доктор технических наук Уфа. 2007. — 352 с.
4. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2016. - №1 С. 97-106.
5. Антюхов В.И., Остудин Н.В.. Сорока А.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2016. - №4 С. 63-76.
6. Онов В.А., Остудин Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Система интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений должностными лицами центров управления в кризисных ситуациях МЧС России». Федеральная служба по интеллектуальной собственности – Москва, 2016. - №2016619140.
7. Антюхов В.И., Остудин Н.В.. Сорока А.В. Методика анализа информационной потребности деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. - №4. – С.15-20.

Работа выполнена при частичной поддержке Правительства Санкт-Петербурга
(грант ПСП № 16549)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗЧИКОВ

Порошина В.И.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Пивоварова Н.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

DATA MINING FOR SUBURBAN PASSENGER RAILWAY COMPANY

Poroshina V.I.
Supervisor: Ph.D., associate Professor, PivovarovaN.V.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Встатьерассматриваютсяметоды интеллектуального анализа данных для повышения эффективности работы компании, занимающейся пригородными пассажирскими перевозками. Исследованы методы, позволяющие решать задачи прогнозирования отказоустойчивости билетопечатающих автоматов, описаны принципы реализации метода. Краткопредставленобзорметодовимоделейдляпрогнозирования.

Abstract
The article describes the methods of data mining to improve the performance of the company, engaged in commuter passenger transportation.There were researched the methods that allow us to solve the problem of forecasting resiliency of machines for printing tickets. Principles of the development of predictive models in a given subject area were described. An overview of methods and models for forecasting was briefly presented.

Введение

Система пригородного пассажирского транспорта занимает особое положение в муниципальном хозяйстве городов, но достаточно сложна, особенно в крупных городах. Например, на данный момент действующая пригородная пассажирская компания в Москве охватывает более 1,5 тысячи остановочных пунктов по 10 направлениям в 6 региональных центрах и имеет в своем распоряжении более 500 поездов. В компаниях такого масштаба, а также с такой развитой физической инфраструктурой, довольно сложно поддерживать высокое качество обслуживания и технико-экономические показатели работы системы. Действующие автоматизированные системы управления (АСУ) должны всегда отвечать заявленным требованиям в условиях постоянного усложнения решаемой задачи: постоянный рост интенсивности пассажирских и транспортных потоков, развитие маршрутной сети, увеличение средней дальности передвижений на пассажирском транспорте, возрастание неравномерности пассажиропотоков по времени и направлениям следования.

В данной статье рассмотрены принципы построения модели, реализующей метод прогнозирования, для получения возможности предотвращения появления проблем, связанных с выходом из строя билетопечатающих автоматов (БПА).

Основным ожидаемым бизнес-эффектом от внедрения решения является снижение финансовыхпотерь за счет повышения технической готовности оборудования. Данная цель должна быть решена посредством предоставления средствпрогнозирования отказоустойчивости оборудования на основе исследованных методов прогнозирования.

Постановка задачи

В Системе регистрируются инциденты – происшествия, связанные с поломками оборудования, отменами и опозданиями поездов, случаями травматизма или нарушения

безопасности и другие. Инциденты обрабатывает диспетчерская служба компании. Некоторые категории инцидентов требуют оперативного разрешения, например, всевозможные поломки подвижного состава, устройств контроля входа/выхода пассажиров, билетопечатающих автоматов. Для повышения эффективности работы компании, отказоустойчивость ряда пассажирских обустройств может быть спрогнозирована.

1 Архитектура хранилища данных

Разрабатываемая система, как и любая информационно-аналитическая система,состоит из источников данных, модулей извлечения, преобразования и загрузки данных, хранилища данных и подсистемы отчетности или инструментов создания отчетов. Общая архитектура представлена на рисунке 1.

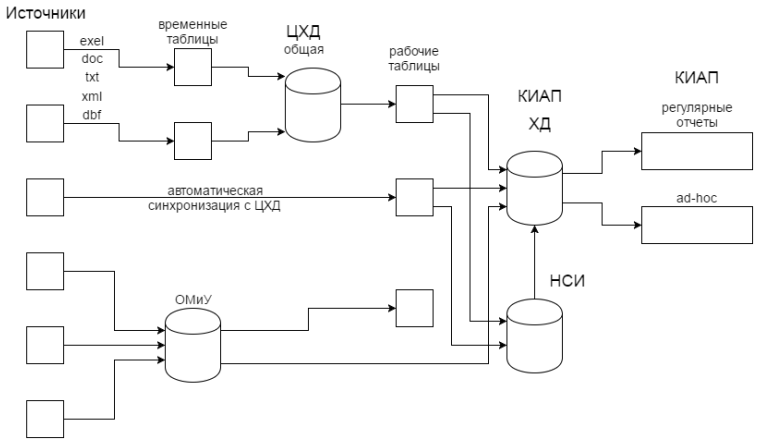


Рис. 7. Общая архитектура Системы

Данные, необходимые для реализации методов прогнозирования, складируются в хранилище данных уже очищенными и подготовленными к анализу, т.е. предварительной подготовки данных перед применением методов не требуется. Для представления результатов работы модели была подготовлена тестовая выборка.

2 Обзор методов и моделей прогнозирования

На сегодняшний день существует более двухсот различных методов прогнозирования, но на практике наиболее распространенными являются около двадцати. Количество методов и моделей постоянно растет, добавляются новые, наиболее эффективные для определенных предметных областей или определенных задач.

Классификация методов

Классифицировать методы принято в общем виде на основе наиболее важных признаков, так как данная область разрастается и расширяется довольно быстро, то нет возможности охватить все аспекты различных методов и составить более детальную классификацию. Наиболее важными признаком классификации является степень формализации (рисунок 2).

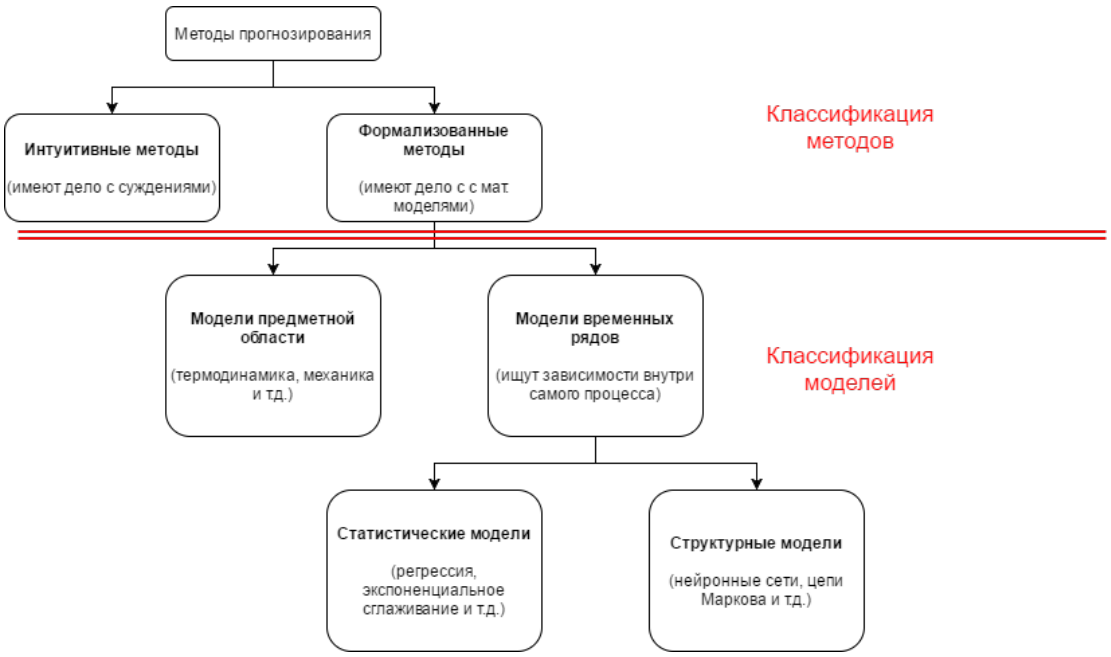


Рис. 2. Классификация методов и моделей прогнозирования

По степени формализации выделяют:

– интуитивные методы — используются в тех случаях, когда невозможно учесть влияние многих факторов из-за значительной сложности объекта прогнозирования. В этом случае используются оценки экспертов, как индивидуальные, так и коллективные;

– формализованныеметоды — описанные в литературе методы прогнозирования, в результате которых строят модели прогнозирования, то есть определяют такую математическую зависимость, которая позволяет вычислить будущее значение процесса, то есть сделать прогноз.

Классификация моделей

Модели, описываемые формализованными методами, можно разделить на следующие группы:

– Модели предметной области —математические модели прогнозирования, для построения которых используются зависимости, свойственные конкретной предметной области. Такого рода моделям свойственен индивидуальный подход в разработке.

– Модели временных рядов — математические модели прогнозирования, которые стремятся найти зависимость будущего значения от прошлого внутри самого процесса и на этой зависимости вычислить прогноз. Эти модели универсальны для различных предметных областей, то есть их общий вид не меняется в зависимости от природы временного ряда.

o Статистические модели – зависимостьбудущего значения от прошлого задается в виде некоторого уравнения. К ним относятся:

- регрессионные модели (линейная регрессия, нелинейная регрессия);
- авторегрессионные модели (ARIMAX, GARCH, ARDLM);
- модель экспоненциального сглаживания;
- модель по выборке максимального подобия;
- и т.д.

o Структурные модели – зависимостьбудущего значения от прошлого задается в виде некоторой структуры и правил перехода по ней. К ним относятся:

- нейросетевые модели;
- модели на базе цепей Маркова;
- модели на базе классификационно-регрессионных деревьев;

- и т.д.

Представленные примеры моделей являются наиболее распространенными, часто применяющимися на практике.

3 Обзор реализации метода прогнозирования

Реализация метода прогнозирования заключается в построении прогнозирующей модели. Прогнозирующая модель представляет собой критерии, описывающие взаимосвязь между входными данными и прогнозируемыми переменными, или набор данных, позволяющий автоматически проследить данную взаимосвязь.

В качестве метода прогнозирования был выбран метод регрессии– статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных $X_1,X_2,\ldots,X_n$ на зависимую переменную Y. С помощью данного метода были построены две модели прогнозирования: в одной из них в процессе установления зависимости между переменными были взяты за основу результаты машинного обучения, для другой модели превалировала экспертная оценка в части установления степени влияния независимых переменных на зависимую.

Перед построением моделей былпроизведен анализ и подготовка данных, определены взаимосвязи данных, частота их обновления (изменения), после чего были установлены опорные элементы для создания модели.

– Определен показатель, значение которого должно быть спрогнозировано – коэфициент технической готовности БПА (КТГ БПА);

– Определены параметры, которые влияют на изменение показателей. При этом нужно проследить, чтобы данных было достаточно для проведения анализа, параметры были отобраны такие, которые по мнению специалистов оказывают наибольшее влияние на изменения показателя:

– информация об изменениях пассажиропотока: по времени суток, дням недели;

– информация о пройденном плановом обслуживании;

– информация о выходе из строя по инцидентам, учитывая количество, частоту и критичность поломок;

– приближение срока эксплуатации БПА к границам ожидаемого срока службы;

– отклонение значений погодных условий от допустимых по нормам эксплуатации билетопечатающих автоматов.

– Осуществлена проверка на наличие тренда и сезонности изменения показателя.

– Определены временные параметры прогнозирования:

– период прогнозирования - основная единица времени, на которую делается прогноз;

– горизонт прогнозирования - это число периодов в будущем, которые покрывает прогноз.

– интервал прогнозирования - частота, с которой делается новый прогноз.

– Описаные выше параметры установлены следующим образом: прогноз осуществляется на месяц вперед (горизонт прогнозирования - месяц) с данными на каждую неделю (период прогнозирования - неделя), обновление прогноза происходит раз в час (интервал прогнозирования - час).

– Выбран критерий, определяющий точность построения прогноза.

В настоящее время широко используется такой критерий для определения точности построения прогноза как сумма квадратов ошибок (SSE):

$$SSE = \sum_{t=1}^{n} e_t^2.$$

Данный критерий наиболее часто используется при выборе оптимальной модели прогнозирования. Каждое значение ошибки прогноза в критерии возводится в квадрат, что подчеркивает большие ошибки прогноза. Данная особенность очень важна, так как модель прогнозирования, постоянно дающая средние по величине ошибки, в некоторых случаях

может быть предпочтительнее другой модели, имеющей малые ошибки, но периодически дающей неприемлемые по абсолютной величине выбросы.

Выборка данных, которая подготовлена для построения модели прогнозирования, разделена на две части: обучающая выборка – используется для отладки модели, и выборка для тестирования – используется для проверки работы прогнозирующей модели. Результат тестирования определяется указанным выше критерием точности.

Модель была реализована с помощью инструмента RapidMiner 5.3, который является решением с открытым исходным кодоми при этом обладает мощным функционалом для разработки.

В ходе работы были получены результаты при использовании моделей на основе машинного обучения и на основе экспертной оценки на тестовых данных. В настоящее время происходит оценка эффективности работы моделей и сравнение полученных результатов с выборкой для тестирования. В ходе сравнения ожидаются следующие результаты: если процент попадания в выборку значений с учетом случайного фактора незначителен, то модель на основе машиного обучения гарантирует более точные результаты. В противном случае, в результах будут присутствовать «выбросы» - единичные значения с большой погрешностью, которые могут быть скорректированы в модели на основе экспертной оценки. Результаты будут получены в соответствующие сроки.

Заключение

Эффективность функционирования пригородной пассажирской компании существенным образом зависит от оперативности, точности и достоверности управленческих решений, принимаемых её подразделениями. В свою очередь, оперативность зависит от степени автоматизации процесса принятия решений, а точность и достоверность от качества и используемого соответствующего специального математического и программного обеспечения.

Использование методов интеллектуального анализа данных для прогнозирования отказоустойчивости БПА позволяет повысить коэфициент технической готовности оборудования до 99%. Это позволит сэкономить компании значительные средства, которые идут на ремонт, замену сломанного оборудования, т.к. профилактический осмотр обходится в разы дешевле. Также компания не потеряет прибыль в связи с простоем автоматов из-за затрат времени на обнаружение и исправление поломки. С повышением КТГ сократится число «зайцев», так как появится возможность быстро и удобно приобретать билеты, даже если поезд отправляется через пару минут.

Литература

1. Басергян А.А. Технологиианализаданных: DataMining, VisualMining, TextMining, OLAP. — 2-е изд. — СПб: БХВ-Петербург, 2007. — 375 с.
2. Markus Hofmann, Ralf KlinkenbergRapidMiner: Data Mining Use Cases and Business Analytics Applications. — Chapman & Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series, 2013. — 525 pages.
3. Ian H. Witten, EibeFrank, Mark A. Hall Data Mining. PracticalMachineLearning. ToolsandTechniques. — 3rded. — Elsevier, 2011. — 629 pages.

СУРРОГАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Прокопьева С.М.
Научный руководитель: доцент РК-6, к.ф.-м.н. Соколов А.П.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

SURROGATE MODELING OF EFFECTIVE PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON THE METHODS OF REGRESSION ANALYSIS

Prokopyeva S.M.
Supervisor: Ph. D., Associate Professor Sokolov A.P.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе предложена вычислительная методика оценки эффективных упругих характеристик композиционных материалов (КМ), базирующаяся на применении методов суррогатного моделирования (в работе использовались методы регрессионного анализа). Для создания программной реализации вычислительных методик применялся специализированный подход, разработанный доцентом А.П. Соколовым [4], основанный на применении понятий теории графов и потокоориентированных методик разработки программного обеспечения [7], - графоориентированная технология разработки сложных вычислительных методов (GBSE). В рамках применения GBSE были построены сетевые модели программных инструментов решения поставленных задач. Разработка осуществлялась в рамках Распределенной вычислительной системы GCD (PBC GCD).

Abstract (Die Inhaltsangabe)
The paper proposes a computational technique for estimating the effective elastic characteristics of composite materials based on the use of surrogate modeling methods (the regression analysis methods were used in this work).To create a software implementation of computational techniques, the specialized approach developed by Associate Professor A.P. Sokolov. This approach based on the application of concepts of graph theory and flow-oriented techniques for the software development – the graph-oriented technology of complex computational methods development (GBSE). Within the use of the GBSE, the network models of software tools were built for solving the assigned tasks. The development was carried out within the Distributed Computational System GCD (PBC GCD).

Введение

Композиционные материалы находят широкое применение в машиностроении, авиации, космонавтике, военной технике, медицине, а так же в других областях деятельности человека. Одним из преимуществ КМ является способность проявлять лучшие свойства их компонент и довольно часто демонстрируют признаки, не присущие ни одному из них.

С ростом интереса к использованию новых композиционных материалов растет и число задач, связанных с оценкой их физико-механических характеристик (ФМХ). Для решения таких задач обычно используются различные приближенные, аналитические или численные методы. Одним из хорошо зарекомендовавших себя численных методов анализа характеристик гетерогенных сред является метод асимптотического осреднения (МАО) или метод гомогенизации (МГ). Однако, следует учесть, что МГ, помимо сложной программной реализации, предполагает многократный запуск процедур решения промежуточных задач методом конечных элементов (МКЭ), что зачастую приводит к существенным затратам вычислительных ресурсов.

Цель настоящей работы – уменьшить затраты вычислительных ресурсов при необходимости оценки ФМХ КМ за счет построения и последующего применения специальных суррогатных моделей, интересующих исследователя конкретных ФМХ КМ

(в работе рассматриваются упругие характеристики) вместо МГ. В качестве конкретных суррогатных моделей ФМХ КМ применялись модели регрессионного анализа.

1 Постановка задачи

Заданы свойства отдельных компонент КМ, схема армирования модели материала композитного элемента, а также данные вычислительных экспериментов, накопленных в результате использования МГ, реализованного в PBC GCD (рис.1).

Рис. 1. Представление задачи

Требуется создать программный модуль в рамках PBC GCD, который позволит определить на основе вышеперечисленных входных данных эффективные упругие характеристики КМ.

2 Графовые представления сложных вычислительных методов

Сложным вычислительным методом (СВМ) будем называть комплекс взаимосвязанных вычислительных операций, основанных на применении численных методов (возможно различных), по преобразованию входных данных, заданных численно, с целью получения численного результата [6].

Сетевой моделью (СМ) (графовой моделью) алгоритма программной реализации СВМ будем называть ориентированный граф, при обходе которого реализуется алгоритм решения конкретной вычислительной задачи (рис.2).

Программной реализацией (ПР) СВМ на основе GBSE или «решателем» СВМ будем называть тройку: сетевая модель M, данные СВМ D и множество функций преобразования $F = \{F_i, i \in A \subset N\}$, обеспечивающих переходы данных D из одних состояний в другие.

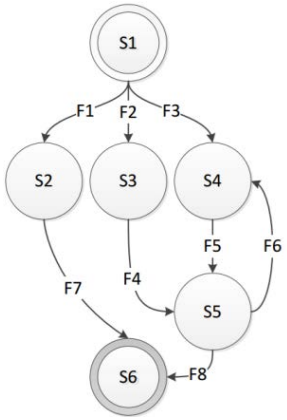


Рис. 2. Пример сетевой модели

3 Разработка ПР СВМ на основе GBSE

Создаваемый программный модуль состоит из трех «решателей»: REGRESSION_POLY, REGRESSION_OUT, REGRESSION_TEST.

В REGRESSION_POLY происходит выгрузка накопленных данных вычислительных экспериментов из базы (функция LOAD_LEARNING_DATA_REGR) и построение регрессионной модели (функция BUILD_REGRESSION_MDL) (рис. 3).

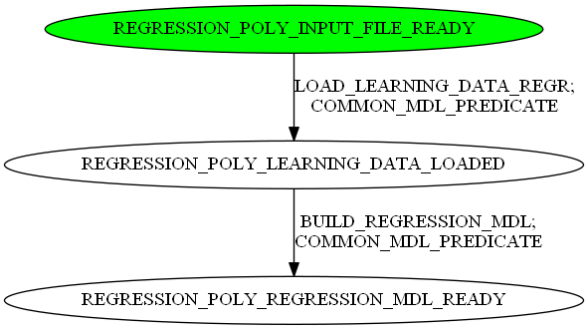


Рис. 3. Сетевая модель «решателя» REGRESSION_POLY

REGRESSION_OUT включает в себя сетевую модель REGRESSION_POLY. Вложение одной сетевой модели в другую иллюстрирует прямоугольник (рис.4).

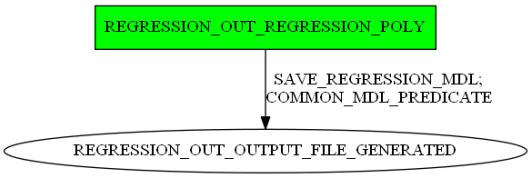


Рис. 4. Сетевая модель «решателя» REGRESSION_OUT в нераскрытом состоянии

В «решателе» REGRESSION_TEST тестируется регрессионная модель (функция TEST_REGRESSION_MDL) (рис. 5).

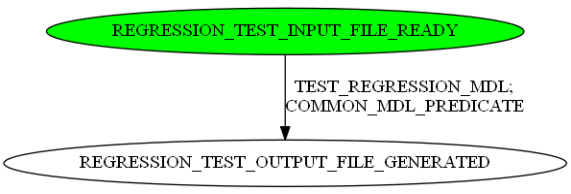


Рис. 5. Сетевая модель «решателя» REGRESSION_TEST

Заключение

Основные достоинства графоориентированного подхода в PBC GCD – возможность создания программных реализаций СВМ несколькими программистами одновременно и возможность оперативной перестройки программной реализации СВМ при изменении требований.

В ходе работы были построены сетевые модели «решателей» программного модуля в PBC GCD, который позволит определить эффективные упругие характеристики КМ. Дальнейшим этапом работы является разработка программной реализации построенных сетевых моделей.

Литература

1. Димитриенко Ю.И., Соколов А.П. Об упругих свойствах композиционных материалов // Математическое моделирование. – 2009. - Т.21. - №4. - С. 96-110.
2. Димитриенко Ю.И., Соколов А.П. Разработка численного метода расчета эффективных упругих характеристик композиционных материалов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. - 2008. - №2. - С. 56–67.
3. Димитриенко Ю.И., Соколов А.П. Численное моделирование композиционных материалов с многоуровневой структурой // Известия РАН. Физическая серия – Т. 75, №11. - 2011. – с. 1551-1556.
4. Соколов А.П. Математическое моделирование эффективных упругих характеристик композитов с многоуровневой иерархической структурой: диссертация на соискание учен. степ. канд. физ.-мат. наук: 05.13.18, 01.02.04, защищена 14.10.08; утв. 23.01.09 / Соколов Александр Павлович. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Москва, 2009, 108 стр.
5. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. – М.: Наука, 1984.
6. Соколов А.П., Щетинин В.Н., Макаренков В.М. Опыт применения теории графов для создания гибких сопровождаемых масштабируемых программных реализаций сложных вычислительных методов \\ Материалы XIX Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС’2015), 24 – 31 мая 2015 г., Алушта. – М: Изд-во МАИ, 2015 – С. 172-174. URL: http://www.cmmass.ru/files/cmmass2015_web.pdf
7. Соколов А.П., Щетинин В.Н., Шпакова Ю.В., Макаренков В.М. Разработка технологии построения программных реализаций сложных вычислительных методов на основе теории графов на примере МКЭ. // Материалы XX Всероссийской конференции (молодежной школы-конференции) «Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов и решение задач математической физики»: ИМП им. М.В. Келдыша, 15-21 сентября 2014 г., с. 93-94.
8. Соколов А.П. Практика использования CASE-инструментов для ведения разработки программного обеспечения. Методика создания расширений программных систем: учебное пособие / А.П. Соколов. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 46, [3] с.: ил. (на правах рукописи).
9. Robert M. Jones Mechanics of Composite Materials, CRC Press, Jul *1*, 1998 - Technology & Engineering - 538 pages.
10. http://www.machinelearning.ru/

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЯЦИОННОЙ И ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ. ОБЗОР РЕАЛИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НИМИ ЧЕРЕЗ ORM

Гончаровский Е. Г.
Научный руководитель: доцент ИУ4, к.т.н. Власов А.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

COMPARATIVE ANALYSIS OF RELATIONAL AND OBJECT-ORIENTED MODEL OF DATA REPRESENTATION. REVIEW OF THR IMPLEMENTATION BETWEEN THEM WITH ORM

Goncharovsky E.G.
Supervisor: Ph. D., Associate Professor Vlasov A.I.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе рассмотрены характерные особенности реляционной и объектно-ориентированной моделей, приведено краткое изложение основных концепций. Проведен анализ целесообразности использования этих моделей в различных областях, освещены главные достоинства и недостатки. Рассмотрен способ взаимодействия между реляционной и объектно-ориентированной моделью через технологию объектно-реляционного отображения (ROM). Приведен краткий обзор технологии Hibernate, реализующей ROM в объектно-ориентированном языке программирования Java, проанализированы преимущества и недостатки ее применения.
Ключевые слова: реляционная модель, объектно-ориентированная модель, объектно-реляционное отображение, база данных.

Abstract
The article discusses the specific features of relational and object-oriented models and a summary of the main concepts is shown. The expediency of using these models in the various areas was analyzed and the main advantages and disadvantages were covered. This paper considers the way of interaction between the relational and object-oriented model in terms of use of the object-relational mapping technology (ROM). A brief review of Hibernate technology that implements ROM into the object-oriented Java programming language was done, the advantages and disadvantages of its application were reviewed.
Keywords: relational model, object-oriented model, object-relational mapping, data base.

Введение

Актуальность организации взаимодействия между реляционной и объектной моделью данных обусловлена необходимостью интеграции реляционных баз данных с объектно-ориентированными языками программирования [1].

В настоящее время активно развивается отрасль информационных технологий. Объемы информации, требующей обработки постоянно увеличивается, также растут требования к функциональности, предоставляемой системой программного обеспечения (в дальнейшем - системой). Вследствие этого возрастает сложность проектируемых систем программного обеспечения, использующихся в различных областях деятельности общества. В результате естественного развития процедурных языков программирования появились объектно-ориентированные языки программирования [3 - 5], основная концепция которых представлена объектной моделью данных. Объектная модель позволяет создавать сложные, многомодульные системы, обеспечивающие необходимую функциональность и эффективность [4, 5].

В тоже время, для хранения и обработки данных в системе используются базы данных, основанные на реляционной модели [3]. Это обусловлено, в первую очередь, историческими факторами. Помимо этого, база данных, использующая реляционную модель обладает рядом преимуществ: реляционная модель имеет развитый

математический аппарат, а также существует стандартизированный язык запросов к реляционной базе данных (SQL) [2].

Постановка проблемы. Развитие технологий приводит к необходимости реализовать эффективное взаимодействие между программным обеспечением и базой данных.

Целью данной статьи является освещение основных концепций реляционной и объектно-ориентированной моделей, а также возможности взаимодействия между ними.

1 Анализ реляционной модели данных

Почти все современные системы управления базами данных основаны на **реляционной** (relational) модели управления базами данных. Слово «реляционный» происходит от англ. relation.

В **реляционной** СУБД все обрабатываемые данные представляются в виде плоских таблиц. Информация об объектах определенного вида представляется в табличном виде: в столбцах таблицы сосредоточены различные атрибуты объектов, а строки предназначены для сведения описаний всех атрибутов к отдельным экземплярам объектов.

Модель, созданная на этапе инфологического моделирования, в наибольшей степени удовлетворяет принципам реляционности. Однако для приведения этой модели к реляционной необходимо выполнить процедуру, называемую **нормализацией.**

Теория нормализации оперирует с **нормальными формами**. К ним относятся:

- первая нормальная форма;
- вторая нормальная форма;
- третья нормальная форма;
- нормальная форма Бойса-Кодда;
- четвертая нормальная форма;
- пятая нормальная форма;
- доменно-ключевая нормальная форма
- шестая нормальная форма.

Эти формы предназначены для уменьшения избыточности информации, поэтому каждая последующая нормальная форма должна удовлетворять требованиям предыдущей и некоторым дополнительным условиям. При практическом проектировании, как правило, используются первые три нормальные формы.

2 Сравнение объектно-ориентированной и реляционной модели

Как реляционная модель данных, так и объектно-ориентированная модель активно используются на практике. Однако, они находят применения в разных областях: это связано с преимуществами и недостатками, которыми они обладают. Реляционная модель получила наибольшее распространение среди баз данных, объектный же подход популярен среди языков программирования.

Среди достоинств реляционных баз данных (БД) можно выделить:

Популярность. Исторически именно под реляционные БД создано множество программных продуктов, которые необходимо поддерживать и развивать. В них вложены значительные суммы и их готовы поддерживать и развивать. Напротив, под объектно-ориентированные БД выпущено сравнительно мало коммерческих продуктов.

Язык запросов и его стандартизация. Еще в 1986 году был принят первый стандарт SQL-86. После принятия стандарта все разработчики реляционных БД были обязаны ему следовать. Для объектно-ориентированных БД пока стандарта запросов нет.

Математический аппарат. Для реляционных БД в свое время Эдгар Кодд заложил фундамент математического аппарата реляционной алгебры. С другой стороны для ООБД нет такого аппарата, даже не смотря на то, что работы в этой области ведутся с 80-х годов.

Проблема хранения данных и методов. В реляционных БД хранятся только голые данные. Что с ними будет делать приложение, зависит уже от приложения. В ООБД же, напротив, должны храниться объекты, а объект это совокупность его свойств (параметры объекта) и методов (интерфейс объекта). Здесь так же нет единого мнения, как ООБД должна осуществлять хранение объектов и как разработчик должен эти объекты проектировать и разрабатывать. Здесь же возникает и проблема хранения иерархии объектов, хранение абстрактных классов и т.п.

Недостатки реляционной модели можно сгруппировать по следующим параметрам.

Быстродействие. Выборка данных в реляционной БД осуществляется достаточно быстро, так же как и изменение атрибутов в строке. Однако вставка новой строки, а в особенности удаление занимает значительное время, которое затрачивается на переиндексацию таблицы. Существует множество специальных подходов к организации архитектуры БД и методов оптимизации, которые частично компенсируют этот недостаток. Однако, реляционные БД плохо предназначены для хранения и обработки сравнительно больших объемов данных.

Трудоемкость проектирования и разработки. С связи с тем, что реляционная модель достаточно далека от инфологических представлений разработка внутренней архитектуры данных является довольно трудоемким процессом. Далеко не всегда естественной формой для данных являются таблицы, и в этом аспекте объектно-ориентированные БД выигрывают.

Однако, часто быстродействие не является главным критерием, так же как и достаточно большие объемы данных: для решения большинства задач реляционная БД отлично подходит. Таким образом, несмотря на существенные недостатки, реляционные БД в настоящее время лидируют в своей отрасли, и, вероятно, еще долго будут занимать свою нишу.

Объектно-ориентированная модель получила наибольшее распространение среди языков программирования, представленная концепциями объектно-ориентированного программирования (ООП). Рассмотрим достоинства и недостатки ООП.

Среди достоинств объектно-ориентированного подхода:

Унификация. Использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования не только программ, но и проектов, что в конце концов ведет к созданию среды разработки и переходу к сборочному созданию ПО. Системы зачастую получаются более компактными, чем их структурные эквиваленты, что означает не только уменьшение объема программного кода, но и удешевление проекта за счет использования предыдущих разработок.

Естественность. Объектная модель вполне естественна, поскольку в первую очередь ориентирована на человеческое восприятие мира, а не на компьютерную реализацию, за счет чего разрабатывать такие системы легче.

Инкапсуляция. Сокрытие реализации от пользователя повышает безопасность и стабильность работы системы. Кроме того, она практически полностью исключает проблему именования функций.

Структурированность и модульность. Механизмы наследования, полиморфизма и композиции позволяют конструировать сложные объекты из сравнительно простых. Это также способствует возможности повторного использования кода.

К недостаткам объектно-ориентированного подхода можно отнести:

Сложность разработки. Из-за повторного использования разработка классов и библиотек требует тщательного и продуманного подхода, что ведет к увеличению сложности разработки и необходимых трудозатрат.

Быстродействие. Основным недостатком ООП - снижение быстродействия за счет более сложной организации программной системы.

Сложные иерархии. Зачастую в процессе разработки возникают сложные иерархии классов, и не всегда легко определить, какие поля и методы фактически относятся к данному классу.

Объектно-ориентированные языки программирования возникли в результате развития идеологии процедурного программирования. Они обладают рядом преимуществ перед ними и позволяют проектировать очень сложные системы, однако проигрывают в быстродействии. В настоящее время объектно-ориентированные языки являются одними из самых популярных в мире.

3 Связь между моделями, Object-Relational Mapping, Hibernate

В настоящее время организация взаимодействия между объектно-ориентированной моделью и реляционной является актуальной проблемой. Как правило, со стороны реляционной модели выступают базы данных, а со стороны объектной - объектно-ориентированные языки программирования. Таким образом, задача сводится в организации взаимодействия между программой и базой данных.

Одно из решений организации уровня взаимодействия - т.н. ORM *(от англ. Object-Relational Mapping - объектно-реляционное отображение*). Это технология языков программирования, которая связывает базы данных с концепциями ООП, создавая *"виртуальную объектную базу данных"*. Существуют как коммерческие, так и свободные реализации этой технологии.

Для языка Java одной из самых популярных технологий является **Hibernate**. Это библиотека (пакет классов), предназначенная для решения задач объектно-реляционного отображения (ORM), распространяется свободно на условиях GNU Lesser General Public License. Основной задачей Hibernate является преобразование данных реляционнной БД в объектно-ориентированные модели и обратно. Помимо этого фреймворк также предоставляет средства для автоматического построения запросов, поиска и извлечения данных.

К достоинствам Hibernate относят:

Природная модель программирования. Библиотека позволяет разрабатывать классы, следуя особенностям объектно-ориентированного языка: наследования, полиморфизма, а также, ассоциаций и коллекций Java.

Адаптивность. Hibernate не требует никаких особых интерфейсов или базовых классов для создания персистентного класса и его связи с таблицами в БД. Абсолютно любой класс или структура может выступить в этой роли.

Производительность. Hibernate поддерживает «ленивую» инициализацию и множество стратегий выборок. Он не требует наличия специальных таблиц или полей в базе данных и генерирует большую часть SQL кода во время инициализации системы, а не во время выполнения. Также фреймворк использует 3 уровня кэширования, что позволяет очень значительно увеличить производительность.

Расширяемость. Библиотека является легко настраиваемой и расширяемой.

К недостаткам Hibernate:

Сложность использования. Hibernate имеет большое количество настроек, в которых легко запутаться, особенно для начинающих.

Плохо подходит для нетривиальных случаев. Данная технологию сложно использовать, когда требуется обрабатывать большие объемы данных или построить сложные запросы.

Мало документации. Существует очень мало грамотных примеров и документации по использованию и тонкостям при работе с фреймворком.

Подводя итог можно сказать, что Hibernate отлично подходит для малых и средних систем, благодаря своей гибкости он довольно прост в использовании. Помимо этого, за счет концепции ORM он экономит время разработчиков и сокращает трудозатраты на обеспечение взаимодействия ПО и БД, предоставляя собственный, хорошо проработанный связующий слой. Однако, Hibernate становиться неэффективным в крупных системах, когда появляются задачи обработки большого количества данных.

Заключение

Работа посвящена обзору концепций реляционной и объектно-ориентированной моделей представления, являющихся одними из самых популярных и используемых на мировом рынке. Проведен анализ их применимости в различных областях. Рассмотрены возможности их взаимодействия и способы его достижения через технологию объектно-реляционного отображения. Проанализирована целесообразность применения Hibernate, реализующего прослойку объектно-реляционного отображения.

Реляционная модель наилучшим образом подходит в качестве концепции для баз данных. Она имеет ряд преимуществ перед объектной и другими моделями. Среди них большое число развивающихся коммерческих проектов, ориентированных на эту модель, простая внутренняя структура и развитый математический аппарат, а также *стандартизированный* язык запросов SQL [10], предоставляющий функциональный интерфейс для взаимодействия с базой данных. С другой стороны, она не годится для быстрой обработки больших объемов данных и обладает менее гибкой структурой, нежели объектная. Также она плохо подходит для специализированных задач, например хранения и обработки географических карт. Предположительно, со временем, объектная модель сможет отвоевать свое место на рынке баз данных, однако вряд ли когда-нибудь полностью вытеснит реляционную модель.

Объектная модель дает значительные преимущества для языков программирования, позволяя динамически изменять внутреннюю структуру системы. Помимо этого объектно-ориентированные языки программирования обладают высокой степенью модульности и расширяемости. Одним из главных преимуществ объектно-ориентированного подхода в программировании, безусловно, является возможность повторного использования. Именно эта особенность позволяет объектно-ориентированному программированию занимать прочную позицию на рынке [11-15].

Закономерно возникает необходимость обеспечения взаимодействия между реляционными базами данных и объектно-ориентированными языками программирования. Одним из подходов является т.н. ROM - объектно-реляционное отображение. Эта технология подразумевает создания специального уровня прослойки между программой и базой данных, по сути являясь адаптером и эмулируя объектную базу данных. В Java популярным решением для ROM-технологии является Hibernate. Он обладает рядом преимуществ и решает большую часть возникающих в бизнес системах задач.

Литература

1. C. J. Date. *An Introduction to Database Systems (8th edition)*. На русск.: Введение в системы баз данных, 8е издание. -М.: Изд. дом "Вильяме", 2005, 1328 с.
2. M. Gruber. *Mastering SQL*. На русск.: SQL.-М.: Изд-во "Лори", 2003.
3. М. П. Когаловский. *Энциклопедия технологий баз данных*. -М.: Финансы и статистика, 2002, 800 с.
4. B. Eckel. *Thinking in Java (4th edition)*. На русск.: Философия Java, 4е издание. - СПб.: Питер, 2009, 640 с. (серия "Библиотека программиста")
5. Cay S. Horstmann, G. Cornell. *Core Java (8th edition)*. На русск.: Java 2, 8е издание. - М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2009, 816с. (серия "Библиотека программиста")
6. В. Новиков. Реляционное отображение коллекций - альтернатива объектно-реляционному отображению?
7. Сивков С. Нормализация отношений. Шесть нормальных форм
8. Попов Д. Интерфейсы vs классы
9. Павел К. Реляционные БД vs Объектно-ориентированные БД
10. Власов А.И., Лыткин С.Л., Яковлев В.Л. КРАТКОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО РАЗРАБОТЧИКА ПО ЯЗЫКУ PL/SQL - Москва, Изд-во Машиностроение, 2000. 64 с. Сер. Библиотечка журнала "Информационные технологии". Том 2.
11. Власов А.И. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭВОЛЮЦИИ МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ // Датчики и системы. 2013. № 9 (172). С. 10-28.
12. Шахнов В.А., Власов А.И., Тимонин С.Г., Броновицький А.Р. JAVA - ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕЙРОИНФОРМАТИКИ // Информационные технологии. 1999. № 6. С. 45-53.
13. Резчикова Е.В., Власов А.И., Писаревская А.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СУБД ORACLE // Тезисы докладов научно-технической конференции. Москва. 2000. С. 35.
14. Власов А.И., Новиков П.В., Ривкин А.М. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНОПТИЧЕСКИХ КАРТ, ПОСТРОЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2015. № 6 (105). С. 46-62.
15. Власов А.И. КОНЦЕПЦИЯ ВИЗУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СИНХРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ // Датчики и системы. 2016. № 8-9 (206). С. 19-25.

О НОВОМ ПОДХОДЕ К КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ОДНОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Сахаров М.К.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Карпенко А.П.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

A NEW WAY OF CLASSIFYING OBJECTIVE FUNCTIONS IN A SINGLE-OBJECTIVE GLOBAL OPTIMIZATION PROBLEM

Sakharov M.K.
Supervisor: Dr., Prof., Karpenko A.P.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье представлен новый подход к классификации целевых функций при решении однокритериальной задачи глобальной оптимизации с использованием параллельного мультимеметического алгоритма, предложенного авторами в работе [1]. Подход основан на декомпозиции целевых функций по их значениям в некоторых точках пространства поиска с целью подбора оптимальной стратегии глобального поиска. В рамках работы проведено широкое исследование различных многомерных тестовых функций в среде *Wolfram Mathematica;* представлены результаты их классификации, а также обозначены направления дальнейших исследованийй.

Abstract
This article presents a new way of classifying objective functions when solving a single-objective global optimization problem utilizing a parallel multi-memetic algorithm proposed by the authors in the work [1]. A new approach implies the decomposition of objective functions based on their values in some arbitrary points within a search domain, in order to determine the most feasible global optimization strategy. Within the scope of this work, a wide investigation was carried out in *Wolfram Mathematica* using various multidimensional optimization benchmark functions; classification results were presented along with the directions for further studies.

Введение

В данной работе исследуется новый подход к классификации целевых функций при решении задачи однокритериальной глобальной минимизации, используемый авторами в параллельном мультимеметическом алгоритме [1]. Механизм разбиения целевых функций на классы направлен на подбор для некоторой целевой функции Φ оптимальной стратегии глобальной оптимизации p_i из множества существующих стратегий $P = \{p_1, \dots, p_k\}$. Поэтому алгоритм классификации учитывает не только параметры целевых функций, такие как число локальных оптимумов и их топологию, но и свободные параметры алгоритма оптимизации, на основе значений которых формируются стратегии глобального поиска.

Классификация основана на методе декомпозиции целевой функции Φ, предложенном авторами. Декомпозиция осуществляется по значениям целевой функции на некотором конечном множестве точек X. В предельном случае такой способ декомпозиции совпадает с традиционным подходом – декомпозицией пространства поиска с помощью гиперплоскостей. Однако, в общем случае области декомпозиции могут и не быть связанными, а также не иметь аналитической записи для своих границ. Такой способ декомпозиции позволяет повысить диверсификацию поиска при его использовании в эвристическом алгоритме глобальной оптимизации [1].

Авторами проведено широкое исследование различных многомерных тестовых функций глобальной оптимизации, включающих в себя многоэкстремальные, овражные, листообразные и другие классы функций. Проведены вычислительные эксперименты, по

результатам которых осуществлена классификация целевых функций и определены соответствующие стратегии глобального поиска.

1 Краткое описание параллельного алгоритма

Параллельный алгоритм глобальной оптимизации, разрабатываемый авторами [1,2], состоит из двух частей – стадии предобработки задачи и стадии оптимизации. На стадии предобработки происходит инициализация параллельной вычислительной системы – на основе числа ядер $|K|$ рассчитываются входные параметры алгоритма, в частности, число областей декомпозиции функции $|N|$ и общее число главных индивидов $|S|$. Проводится классификация целевой функции, по результатам которой определяется стратегия глобального поиска p_i; решается задача балансировки загрузки.

На стадии оптимизации осуществляется основной расчет с использованием модифицированного мультимемеевого метода эволюции разума. За счет использования различных мемов, алгоритм динамически адаптируется к различным участкам области поиска. Более подробно алгоритм описан в работе [2].

2 Схема классификации

Процедура классификации целевых функций может быть представлена следующей последовательностью шагов.

– положим, заданы область для генерации начальных значений индивидов $D = \{X | x^{min} \le x_i \le x^{max}, i \in [1:|X|]\}$. Число главных индивидов определяется по формуле $|S| = |X| \cdot |x^{max} - x^{min}| \cdot |K|$; число областей декомпозиции рассчитывается по формуле $\eta = \frac{|S|}{|x^{max} - x^{min}|}$.

– в пределах области D происходит генерация главных индивидов $S_i, i \in [1:|S|]$ с использованием последовательности Соболя [3].

– для каждого индивида S_i вычисляется соответствующее значение целевой функции Φ_i.

– осуществляется декомпозиция пространства поиска по значениям целевой функции $\Phi_i, i \in [1:|S|]$. Индивиды S_i сортируются по значению целевой функции и равномерно разделяются на подгруппы $N_j, j \in [1:|N|]$.

– для каждой подгруппы с использованием евклидовой нормы вычисляется ее диаметр d_j – максимальное расстояние между любыми двумя индивидами. Оценивается зависимость диаметра от номера группы j, строится линейная модель этой зависимости. Здесь возможны три случая:

- диаметр d_j увеличивается с ростом порядкового номера группы j;
- диаметр d_j уменьшается с ростом порядкового номера группы j;
- диаметр d_j не увеличивается и не уменьшается с ростом порядкового номера группы j.

– диаметр первой группы d_1 сравнивается с диамтером области D, $d_D = \sqrt{\sum_{i=1}^{|X|} x_i^2}$. Возможны два случая:

- отношение $\frac{d_D}{d_1} > 2{,}5$;
- отношение $\frac{d_D}{d_1} \le 2{,}5$.

- Здесь параметр $2,5$ – эмпирический коэффициент.

– на основе рассчитанных соотношений функция Φ относится к одной из шести возможных групп (таблица 1). В рамках данной работы принято, что $d_j(j)$ возрастает, если угол наклона линейной аппроксимации этой зависимости больше 3°, убывает – меньше -3°. В остальных случаях зависимость $d_j(j)$ считается невозрастающей и неубывающей.

Каждому из полученных шести значений соответствует стратегия глобального поиска p_i, обеспечивающая необходимый уровень интенсификации и диверсификации поиска [2, 4].

3 Вычислительный эксперимент

Эксперименты проводились в среде *Wolfram Mathematica* на персональном компьютере с двухъядерным процессором *Intel Core* 2 *Duo* 2,53 ГГц и оперативной памятью объемом 4 ГБ.

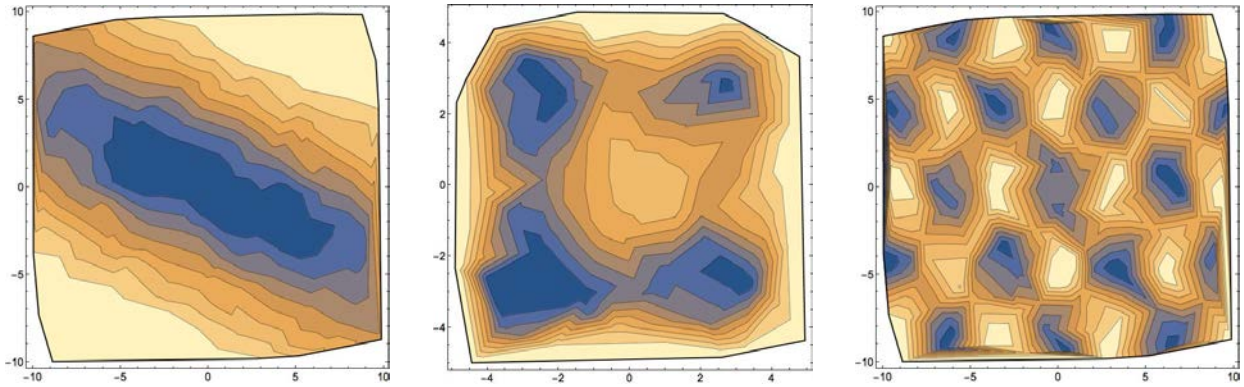
Таблица 1 – Группы целевых функций

	$d_j(j)$ возрастает	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает	$d_j(j)$ убывает
$\frac{d_D}{d_1} > 2,5$	Предположительно вложенные подгруппы с плотной первой группой (группа I)	Подгруппы одинакового размера, предположительно несовпадающие (группа III)	Предположительно несколько распределенных областей локальных минимумов (группа V)
$\frac{d_D}{d_1} \le 2,5$	Предположительно вложенные подгруппы с распределенной первой группой (группа II)	Подгруппы одинакового размера, предположительно пересекающиеся (группа IV)	Предположительно несколько областей локальных минимумов, сильно распределенных по области D (группа VI)

Рассматриваем двумерные, восьмимерные и шестнадцатимерные тестовые функции (таблица 2).

4 Результаты эксперимента

Результаты вычислительных экспериментов демонстрируют разбиение исследуемых функций на три группы (группа I – 15 функций, группа II – 10 функций и группа IV – 7 функций). Каждая группа предполагает использование на второй стадии работы использование определенной стратегии поиска. На рисунке 1 представлены примеры декомпозиции тестовых функций из различных групп со связанными и несвязанными областями.



а) группа I – функция Захарова

б) группа II –функция Стиблинского-Танга

в) группа IV – функция Гриванка

Рис. 1. Примеры декомпозиции двумерных тестовых функций

Отсутствие функций, принадлежащих группам V и VI ожидаемо, так как в экспериментах участвовали лишь тестовые функции, предназначенные для исследования эффективности различных методов оптимизации. Функции из групп V и VI представляют класс в которых локальные минимумы разбросаны по области поиска, а локальные максимумы сгруппированы в определенной небольшой области. Такие функции не являются сложными для современных методов оптимизации, однако встречаются в практически значимых задачах и поэтому должны быть включены в схему классификации.

Таблица 2 – Результаты вычислительных экспериментов

	$\|X\| = 2$	$\|X\| = 8$	$\|X\| = 16$
Функция Растригина $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -5 \le x_i \le 5, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}24$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}00$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}56$ (I)
Функция Розенброка $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (1,\dots,1)$ $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}31$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}74$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}61$ (I)
Функция Гриванка $\Phi^*(X) = 0 \; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 1{,}24$ (IV)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 1{,}47$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}56$ (I)
Функция Захарова $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 3{,}14$ (I)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}16$ (IV)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}18$ (IV)
Функция Экли $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -5 \le x_i \le 5, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 1{,}72$ (II)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 1{,}89$ (IV)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}38$ (IV)
Функция Диксона $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (2^{\frac{2^1-2}{2^1}},\dots,2^{\frac{2^i-2}{2^i}})$; $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 3{,}02$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}63$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}35$ (II)
Функция Пауэлла $\Phi^*(X) = 0 \;\; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -5 \le x_i \le 5, i \in [1;\|X\|]\}$	Функция неопределена	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}86$ (I)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}42$ (IV)
Функция Леви $\Phi^*(X) = 0 \; X^* = (1,\dots,1)$ $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 3{,}83$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}39$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}27$ (II)
Функция Стиблинского-Танга $\Phi^*(X) = 0$ $X^* = (-2{,}903534,\dots,-2{,}903534)$ $D = \{X \mid -5 \le x_i \le 5, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 1{,}62$ (II)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}12$ (II)	$d_j(j)$ не возрастает и не убывает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}13$ (IV)
Сферическая функция $\Phi^*(X) = 0 \; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -5 \le x_i \le 5, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 5{,}76$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 3{,}03$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}70$ (I)
Функция суммы квадратов $\Phi^*(X) = 0 \; X^* = (0,\dots,0)$ $D = \{X \mid -10 \le x_i \le 10, i \in [1;\|X\|]\}$	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 4{,}41$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}56$ (I)	$d_j(j)$ возрастает; $\frac{d_D}{d_1} = 2{,}64$ (I)

Несмотря на наличие пограничных случаев, в группе III также не оказалось ни одной функции. Для выявления функций принадлежащих данной группе необходимо более широкое исследование, с использование гибридных тестовых функций.

Заключение

В работе предложена схема классификации целевых функций в задаче однокритериальной глобальной оптимизации, используемая авторами для предобработки задачи. Метод классификации основан на декомпозиции функций по значениям целевой функции на некотором множестве точек. По результатам вычислительных экспериментов с использованием традиционных тестовых функций было продемонстрировано их разделение на три группы в зависимости от их топологии, с учетом используемых стратегий глобального поиска.

Дальнейшие исследования в данной области будут посвящены классификации гибридных тестовых функций, а также сравнению эффективности предложенного метода декомпозиции с традиционным.

Литература

1. Sakharov M., Karpenko A. Performance Investigation of Mind Evolutionary Computation Algorithm and Some of Its Modifications // Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’16). – Springer, 2016. – pp. 475 – 486. DOI 10.1007/978-3-319-33609-1_43

2. Карпенко А.П., Сахаров М.К. Мультимемеевая глобальная оптимизация на основе алгоритма эволюции разума // "Информационные технологии" выпуск 7, 2014. С. 23-30.

3. Соболь И.М. Равномерно распределенные последовательности с дополнительным свойством равномеронсти // Вычислительная математика и матемаческая физика, том 16, номер 5, 1976. С. 1332-1337.

4. Сахаров М.К., Карпенко А.П., Велисевич Я.И. Мультимемеевый алгоритм эволюции разума для слабосвязанных систем на основе персональных компьютеров // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2012. № 4. Режим доступа: http://www.technomag.edu.ru/doc/355729.html (дата обращения 24.01.2015).

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА ХАОСА ПРИ ПОСТРОЕНИИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Сазонов В.С.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Басараб М.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ8, Москва, Россия

APPLICATION OF MODEL CONSTRUCTION IN CHAOS GENERATOR CRYPTOGRAPHIC ALGORITMS

Sazonov V.S.
Supervisor: Dr., Prof., Basarab M.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются вопросы, затрагивающие тему применения инновационных алгоритмов на основе генераторов хаоса для построения систем криптографии. Подробно исследованы вопросы, связанные с темой хаотических карт и их применения для шифрования изображения и текста. Кратко приведена информация об энтропии и пространстве состояний хаотической системы. В заключении представлен пример реализации криптоалгоритма на базе теории хаотических карт.

Annotation
Thearticledealswithissuesconcerningthetopicofinnovativealgorithmsbasedonchaosgeneratorstobuildcryptographicsystems.
Theissuesrelatedtothechaoticmapsandtheirapplicationstoencryptimagesandtextarestudiedindetail.
Informationabouttheentropyandthestatespaceof a chaoticsystemisprovidedandanexampleofimplementationofthecryptographicalgorithmbasedonchaoticmapstheoryispresented.

Введение

Стоит отметить, что изначально понятие «теория хаоса» берет свое начало в работеTien-WienLi и JamesA. Yorke «PeriodThreeImpliesChaos»[1], где авторы впервые упоминают о ней и дают определение. В современном мире теория хаоса имеет колоссальный охват, перечень областей, в которых ей нашлось применение, огромен. Это и связь, и управление техническими системами, и химия, и медицина и, конечно, криптография. Также были произведены попытки создания логических вентилей, основанных на свойствах хаоса, для возможности адаптации различных типов логики в зависимости от текущих потребностей [2].

Исследования теории хаоса активно происходит в научных сообществах сегодня. В результате исследований данной теории были выделены так называемые хаотические карты. В контексте данного определения – это простые нестабильные динамические системы с высокой чувствительностью к начальным условиям [3]. Небольшие отклонения в начальных условиях (из-заприближения или неточностей численных расчетов) приводят к большим отклонениям соответствующих орбит, что делает долгосрочный прогноз для описания поведения хаотических систем нетривиальной задачей. [4].

1. Криптографические системы на базе хаотических карт

Впервые применение хаотических карт построения криптографических систем предложил Шеннон в своей первой классической математической работе по криптографии. Суть его работы заключалась в предложении хаотических карт в качестве модели, являющейся основой механизма симметричного шифрования.

$$B:[0,1)\times[0,1)\to[0,1)\times[0,1):\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}\to\begin{cases}\begin{pmatrix}2x\\ \frac{y}{2}\end{pmatrix} & x\in\left[0,\frac{1}{2}\right)\\ \begin{pmatrix}2x-1\\ \frac{y+1}{2}\end{pmatrix} & x\in\left[\frac{1}{2},1\right)\end{cases} \quad (1)$$

Обратное преобразование выглядит таким образом:

$$B^{-1}:[0,1)\times[0,1)\to[0,1)\times[0,1):\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}\frac{1}{2} & 0\\ 0 & 2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}\bmod 1=\begin{cases}\begin{pmatrix}\frac{x}{2}\\ 2y\end{pmatrix} & y\in\left[0,\frac{1}{2}\right)\\ \begin{pmatrix}\frac{x+1}{2}\\ 2y-1\end{pmatrix} & y\in\left[\frac{1}{2},1\right)\end{cases} \quad (2)$$

Теория энтропии хаоса была разработана немного позже, группой ученых под руководством Колмогорова.

Стоит отметить, что хаотическое отображение Бейкера является самым простым примером хаотического автоморфизма с постояннойэнтропией хаоса, где прирост энтропии былравен одному биту на каждый шаг. Сама модель хаотической карты Бейкера служила в качестве модели дляпонимания проблемы необратимости в статистической механике [5].

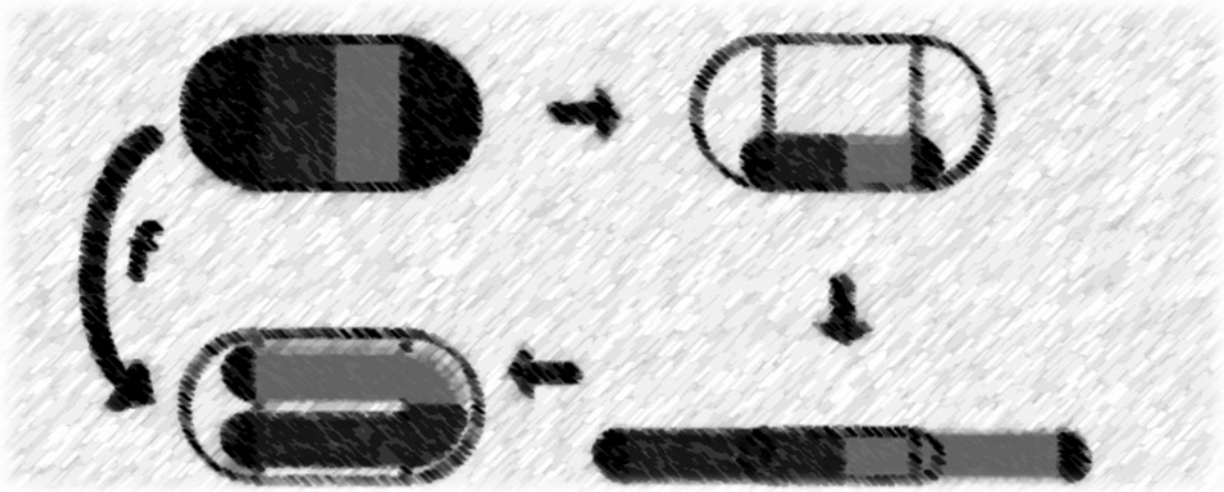


Рис. 1. Карта – подкова

Шеннон заметил, что при использовании модели хаотических карт, работа шифрования осуществляется за счет последовательного смешивания исходной информации и пространства состояний. Таким образом, зашифрованное сообщение строится экспоненциально, и задача восстановления первоначального сообщения, без знания обратного преобразования становится нетривиальной с математической точки зрения. Именно пространство состояний в данном случае шифрования является «секретным ключом».

Разновидностью трансформации карты Бейкера является карта – подкова. Она получила такое название благодаря принципу действия: карта определяется как

геометрически хлюпающий квадрат, множество значений состояний системы можно описать геометрически, сначала складывающихся в длинную полосу, а затем формирующихся в фигуру в форме подковы. [6].Карта была введена ученым Стивеном Смейлом при изучении поведения орбит Ван Дер Поля, она представлена на рисунке 1:

Однако, на сегодняшний день результаты применения теории хаоса для построения криптографических систем на практике до сих ограничены шифрованием изображений. Но можно привести пример, каким образом шифрование текста также может быть достигнуто с применением хаотических карт теории хаоса.

2. Практическое применение теории хаоса для построения криптографического алгоритма

Алгоритм шифрования можно описать следующим образом:

Шаг 1: Подсчет всех символов текста, включая разрывы строк (= N_1)

Шаг 2: Если значение N_1 не является квадратом целого числа, необходимо найти наименьшее целое число $M > N_1$, такое, что M представляет собой квадрат целого числа. Если N_1 является квадратом целое число, то множество $M = N_1$;

Шаг 3: Нахождение корня M;

Шаг 4: Создание таблицы символов (Nx N) и помещение в нее символов текста, учитывается также ряд специальных символов новой строки (Enter);

Шаг 5: Если есть пустые ячейки в конце таблицы, то они заполняются нулевыми значениями.

Например: необходимо зашифровать текст, приведенный на рисунке 2.

Cryptography with chaos
George Makris, Ioannis Antoniou
Thessaloniki 54124
Greece.

Рис. 2. Исходный текст

Приведенный выше текст имеет 82 символа. Нам нужно поле 10x10 в соответствии с текстом в таблице. Значение «100» - это минимальное значение массива в соответствии с алгоритмом. В итоге можно получить матрицу, изображенную на рисунке 3.

C	r	y	p	t	o	g	r	a	p
h	y		w	i	t	h		c	h
a	o	s	\n	G	e	o	r	g	e
	M	a	k	r	i	s	,		I
o	a	n	n	i	s		A	n	t
o	n	i	o	u	\n	T	h	e	s
s	a	l	o	n	i	k	i		5
4	1	2	4	\n	G	r	e	e	c
e	.								

Рис. 3. Матрица для алгоритма шифрования

Заключение

Подвести итог данной статьи можно следующим образом:
а) Теорию хаоса, а именно хаотические карты или карты хаоса, можно применять как к изображениям, так и к текстам;
б) Данная теория дает возможность говорить о создании нового класса криптографических моделей, а именно: моноблочных шифров;
в) Сам закрытый ключ совершенно не зависит от длины блока данных для шифрования, данная длина очень мала по сравнению с ключом алгоритмов классических перестановок, в них она, как правило, равна длине блока.
г) В алгоритмах, построенных на базе теории хаоса, шифрование будет невозможно при потере хотя бы малой части исходного документа.
Криптографические системы, основанные на данной теории, имеют только один недостаток: безопасная передача закрытого ключа.
На сегодняшний день многие ученые находят возможным построение криптографических систем на базе хаотических алгоритмов, считая это перспективной областью исследования.

Литература

1. Tien-WienLi, JamesA. Yorke «PeriodThreeImpliesChaos» [Электронный ресурс] URL:http://www.jstor.org/stable/2318254(дата обращения: 06.02.2017);
2. Antoniou I., Tasaki S.1992, Generalized spectral decomposition of the ß-adic baker's transformation and intrinsic irreversibility, Physica A 190,303-329;
3. Antoniou I., Bi Qiao, Suchanecki Z. 1997, "Generalized SpectralDecomposition and Intrinsic Irreversibility of the Arnold Cat Map",ChaosSolitons and Fractals 8, 77 – 90;
4. R. Devaney 1992, A First Course in Chaotic Dynamical Systems, Perseus Books;
5. Arnold, V. I. and Avez, A. 1968, Ergodic Problems of ClassicalMechanics Benjamin, New York;
6. Antoniou I., Tasaki S. 1993, Generalized spectral decomposition ofmixing dynamical systems, Int. J. Quantum Chemistry 46, 425-474;
7. Akritas P., Antoniou I., Pronko G. 2001, "On the Torus Automorphisms: Analytic Solution, Computability and Quantization", Chaos, Solitons and Fractals 12, 2805-2814;

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Семенов И.И.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Федорук В.Г.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

ANALYSIS OF PROTOCOLS OF STREAM DATA TRANSMISSION

Semenov I.I.
Supervisor: Ph. D., associate Professor, Fedoruk V.G.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Статья посвящена анализу существующих протоколов потоковой передачи данных. Рассмотрены устройство и принцип работы таких протоколов, как RTP, RTCP, RTSP. Выявлены проблемы метода прямого последовательного скачивания при передачи данных. Описаны методы их решения. В дальнейшем планируется реализация данных методов и анализ полученных результатов.

Abstract
Article is devoted to the analysis of the existing streaming protocols of data. The device and the principle of operation of such protocols as RTP, RTCP, RTSP, SDP are considered. Problems of a method of direct sequential downloading in case of data transfer are revealed. Methods of their decision are described. Further realization of these methods and the analysis of the received results is planned.

Введение

Расширение охвата сети Интернет, увеличение скорости передачи данных и снижение стоимости трафика в последние годы привело к резкому скачку развития технологий потоковой передачи данных. Многие компании (особенно по предоставлению аудио и видео контента) проектируют и создают сервисы, способные обслуживать миллионы пользователей, предоставляя доступ к мультимедийным ресурсам.

Потоковая передача данных позволила просматривать (прослушивать) медиа ресурсы, не дожидаясь их полной загрузки. Однако развитие этой технологии нашло применение так же в тех системах, где требуется передача большого объема данных в реальном времени: финансовые торговые площадки, геопространственные сервисы, а так же сервисы, где идет обработка телеметрических данных.

1 Протоколы RTP, RTCP, RTSP

Большой прорыв, который был достигнут в технологии потоковой передачи данных, произошел благодаря комбинации UDP (User Datagram Protocol) протокола и новых методов кодирования для сжатия файлов в небольшие пакеты.

В последнее время появились новые протоколы, такие как RTP (Real-Time Protocol), которые созданы для того, чтобы сделать передачу еще более эффективной, чем в более старых протоколах.

Протокол RTP работает на уровне приложений (OSI - 7) и используется при передаче трафика реального времени.

Основная функция RTP – создание службы доставки от сервера до клиента для данных, требующей поддержки в режиме реального времени. RTP использует в качестве транспортного протокола UDP что означает, что нет гарантий доставки пакетов. Важно отметить, что функциональные возможности RTP не обеспечивают такие механизмы как обеспечение своевременной доставки или предотвращение нарушения исходного порядка доставки пакетов. Поэтому каждый отправленный пакет имеет дополнительную служебную информацию, которая требуется для работы служебного протокола RTCP

(Real-Time Transport Control Protocol), основными задачи которого является обеспечения обратной связи для контроля качества при рассылке данных.

Кроме передачи данных как таковой и контроля целостности данных, существует протокол RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Этот протокол отвечает за установление и контроль сессии. Благодаря этому протоколу, клиент может управлять потоком данных. Команда для управления на сервер посылается в следующем формате

```
<метод> <абсолютный_адрес> <контент> <версия_протокола>
```

Вместе с запросом могут быть переданы дополнительные служебные поля (на новых строчках запроса).
Пример запроса:

```
PLAY rtsp://server/path/test.mpg RTSP/1.0
```

2 Последовательное скачивание

Последовательное скачивание представляет собой метод для передачи данных от сервера клиенту. Пользователи запрашивают мультимедийный контент, который загружается постепенно в локальный буфер. Как только достаточно данных будет загружено начинается воспроизведение контента. Если скорость воспроизведения превышает скорость загрузки, то воспроизведение задерживается до тех пор, пока необходимый для продолжения объем данных не будет загружен.

Последовательное скачивание имеет некоторые недостатки:

1. расточительное использование пропускной способности, в случае если пользователь решит прекратить просмотр медиа-контента, так как в таком случае данные были переданы и буферизованны, но не будут воспроизводится.
2. нет адаптации скорости передачи битов, так как каждый клиент считается равным с точки зрения имеющейся в наличии пропускной способности.
3. отсутствие поддержки прямых трансляций из медиа-источников.

Поведение с точки зрения конечного пользователя похоже на потоковую передачу данных, однако при последовательном скачивании файл физически качается и кладётся в директорию на жёстком диске устройства, которое используется для проигрывания - или в специально отведённую директорию временных файлов браузера (в случае реализации потоковой передачи данных посредством HTTP протокола).

3 Адаптивная передача данных

Адаптивная передача данных представляет собой метод, который определяет доступную пропускную способность пользователя и мощность процессора для того, чтобы регулировать качество медиа контента, которое предоставляется пользователю, таким образом, чтобы предложить самое лучшее качество, которое может быть дано этому пользователю в данной ситуации.
Это требует кодирования медиа контента с различной скоростью передачи данных (или использование нескольких типов кодирования). В результате, пользователи получают потоковые данные с максимально возможным качеством. Общая схема работы адаптивной передачи данных иллюстрирует адаптацию передаваемого контента в зависимости от пропускной способности.

Существуют следующие методы адаптации скорости передачи данных источника к переменной пропускной способности: перекодирование

С помощью перекодирования можно преобразовать исходные медиа-данные “на лету” на стороне сервера. Чтобы соответствовать конкретной скорости передачи происходит перекодировка из одной кодировки в другую.

При использовании метода переключения потока, исходные данные кодируются в нескольких вариантах скорости потока , генерируя R версий одних и тех же данных. Как показано на рисунке 7, алгоритм должен динамически выбирать уровень скорости передачи данных, который соответствует пользовательской доступной полосе пропускания. Когда в доступной полосе пропускания происходит изменение, то алгоритм переключается на другой уровень скорости передачи для обеспечения непрерывного воспроизведения.

Заключение

Потоковая передача данных представляет из себя простую последовательную передачу пакетов данных. Однако из-за требования непрерывности этих данных, изменяемых значений пропускной способности сети на пути пакетов возникает большое количество проблем управления потоком этих данных, контроля целостности и, что не мало важно, производительности систем, реализующих потоковую передачу данных. Следующим этапом работы является реализация вышеописанных методов, анализ результатов, а также выявление иных «узких» мест потоковой передачи данных.

Литература

1. RFC 3550 [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: https://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt, свободный. (дата обращения 02.02.2017).
2. Транспортный протокол реального времени RTCP [Электронный ресурс] - Семенов Ю.А. ИТЭФ-МФТИ –Режим доступа: http://book.itep.ru/4/44/rtc_4493.htm, свободный. (дата обращения 04.02.2017).
3. RFC 2326 [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: https://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt, свободный. (дата обращения 02.02.2017).
4. RFC 3264 [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: https://www.ietf.org/rfc/rfc3264.txt, свободный. (дата обращения 03.11.2016).

ПРОБЛЕМЫ СЕРИАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В РАМКАХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Сериков И.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Федорук В.Г.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

DATA SERIALIZATION PROBLEMS WITHIN THESOFTWARE NETWORK INTERACTION

SerikovI.S.
Supervisor: Ph. D., associate Professor, Fedoruk V.G.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Статья посвящена проблемам сериализации данных в рамках сетевого взаимодействия программ.Рассмотрено понятие потока данных.Обоснована необходимость специализированного механизма сериализации данных. Выявлены некоторые проблемы при сериализации данных. Представлены варианты решения этих проблем. Приведённый в качестве примеров код написаннаязыке C++.

Abstract
The article is devoted to data serialization problems within the software network interaction. The concept of data flow was considered. The necessity of a specialized mechanism for data serialization was justified. Some problems in data serializationwere identified. Variants of solutions to these problemswere presented.The given examples of the code are written by C ++.

Введение

Для передачи данных об объекте между клиентом и сервером в программной системекод этой системы должен преобразовать информацию об этих объектах так, чтобы ее можно было отправить по протоколу транспортного уровня. Это преобразование подразумевает перевод данных из формата, который используется при хранении в памяти с произвольным доступом, в линейную последовательность битов. Такая операция и называется сериализацией. Обратной к операции сериализации является операция десериализации (структуризации) - восстановление начального состояния структуры данных из битовой последовательности.

Обычно для передачи данных по сети между узлами используются сокеты Беркли. Программный интерфейс сокетов предлагает функции для отправки данных удалённому узлу. Эти функции, как правило, принимают указатель на однобайтовый тип данных (char, uint8_t) для передачи соответствующих данных. Следственно, самый простой способ передачи данных между узлами без применения специализированного механизма сериализации–приведение типа указателя на передаваемые данные к указателю на char(uint8_t) (см. листинг 1)и передача его в качестве аргумента функции для отправки данных.

Такой подход может быть использован только для передачи данных простой структуры. Но даже в этом случае возможно придется передать объём данных больший, чем объём полезных данных. Например, результатом вызова sizeof(*s) (s – указатель на структуру из листинга 1) будет 12. Хотя на самом деле объём полезных данных в структуре равен 9 байтам. В случае более сложной структуры, такой подход работать не будет в принципе. Например, объект класса, в котором присутствует какой-либо указатель. При передаче такого объекта рассматриваемым способом, данные, на которые указывал указатель в классе, переданы не будут.

Листинг 1. Приведение типа указателя на передаваемую структуру.

```
structMyStruct
{
chara;
	int x;
	float y;
}

MyStruct* s = new MyStruct;
s->a = 'a';
s->x = 2;
s->y = 3.123;
uint8_t* pointer = (uint8_t*)s;
```

Проблемы, перечисленные выше, наглядно показывают, что экземпляры классов не должны передаваться в сокет монолитным блоком – каждое поле должно сериализоваться отдельно. Для этого необходимо разработать систему сериализации, которая решала бы указанные проблемы.Кроме этого, система сериализации должна обеспечивать корректную сериализацию/десериализацию при взаимодействии машин с различным порядком байтов.

Сериализация простых типов данных

Система сериализации базируется на классах потоков данных в памяти. Поток данных в памяти (memorystream) обертывает буфер в памяти. Обычно такой буфер динамически размещается в куче. Поток вывода в память (outputmemorystream) имеет методы для последовательной записи данных в буфер, а также метод доступа, обеспечивающий возможность чтения самого буфера. Вызвав метод доступа к буферу, разработчик может получить сразу все данные, записанные в поток, и передать их другой системе, через функцию send сокета.

Потоки могут быть байтовые и битовые. Различаются они способом записи в буфер и считывания из буфера данных. В байтовых потоках запись и считывание побайтовое, в битовых – побитовое. Ниже представлен пример реализации методов, которые обеспечивают побайтовую запись данных в буфер (побайтовую сериализацию) (см. листинг 2).

Листинг 2. Методы, обеспечивающие побайтовую сериализациюпростых типов.

```
void Stream::Write(const void* inData, size_tinByteCount)
{
uint32_tresultHead = mHead + static_cast<uint32_t>(inByteCount);
if(resultHead>mCapacity)
{
ReallocBuffer(std::max( mCapacity * 2, resultHead));
}
std::memcpy(mBuffer + mHead, inData, inByteCount);
mHead = resultHead;
}

template<typename T> void Stream::Write(T inData)
{
Write(&inData, sizeof(inData));
}
```

Встраивание ссылочных данных

Иногда требуется выполнить сериализацию переменных-членов, ссылающихся на данные, не используемые никакими другими объектами. Примером может послужить вектор целых чисел. Так как std::vector<int> - это «черный ящик», нельзя просто скопировать данные по адресу std::vector<int> в поток, используя стандартную функцию Stream::Write, потому что дело закончится сериализацией указателей в векторе std::vector, которые после десериализации на удаленном узле будут указывать на «мусор».

Вместо сериализации самого вектора функция должна записать в поток только данные, хранящиеся в векторе, внедрив их непосредственно в данные некоторого объекта. По этой причине данный процесс называют встраиванием (inlining) или внедрением (embedding). Например, функция сериализациистd::vector<int32_t> могла бы выглядеть следующим образом:

```
voidStream::Write(conststd::vector<int32_t>&inIntVector)
{
	size_telementCount = inIntVector.size();
	Write(elementCount);
	Write(inIntVector.data(), elementCount * sizeof(int32_t));
}
```

Сначала функция сериализует размер вектора, а затем данные из него. Метод Write должен сериализовать размер вектора первым, чтобы соответствующий метод Read смог использовать его для создания вектора соответствующего размера перед десериализацией содержимого.

Связывание ссылочных данных

Этот прием применяется, когда на сериализуемые данные ссылаются сразу несколько указателей. Например, такую ситуацию можно встретить в реализации системы управления проектами. Пусть в реализации этой системы есть класс проекта Project. Он содержит список указателей на объекты класса задачи Task. Но кроме этого, класс Project содержит еще два списка с указателями на объекты класса Task: с начальными задачами, и с конечными задачами. И конечные, и начальные задачи являются элементами множества всех задач проекта. Таким образом, на начальные и конечные задачи в проекте будет указывать по два указателя. В таком случае, при использовании встраивания (см. раздел2), в сетевой пакет будут записаны по две копии конечных и начальных объектов класса Task: сначала будет разыменован указатель из списка конечных или начальных задач, а затем указатель из списка всех задач. Это приведет к тому, что принимающая сторона создаст у себя две копии одного объекта, а указатели, которые должны были ссылаться на один и тот же объект, будут ссылатьсяна независимые объекты.

Более серьезной проблемой являются данные, которые в итоге ссылаются сами на себя. Если в предыдущем примере предположить, что каждая задача содержит указатель на проект, которому она принадлежит, то сериализация с помощью встраивания приведет к переполнению стека.

Решение этих проблем заключается в том, чтобы присвоить уникальный идентификатор каждому объекту, доступному по указателю, и затем вместо указателей на эти объектысериализовать идентификаторы. После десериализации всех объектов на другом конце сети специальная подпрограмма могла бы отыскивать объекты по идентификаторам и сохранять указатели на них в соответствующие переменные-члены. Из-за этой особенности данный процесс называют связыванием.

Совместимость с порядком следования байтов при сериализации чисел с плавающей точкой

Еще одной задачей при разработке системы сериализации является обеспечение совместимости с порядком следования байтов.Не все процессоры хранят байты в многобайтных числах в одном и том же порядке. Порядок, в котором байты хранятся данной аппаратной платформой, так и называется: порядок байтов (endianness). Различают платформы с прямым порядком байтов (big-endian) и обратным (little-endian). Платформы с обратным порядком хранят младшие байты в многобайтных числах в младших адресах.В платформах с прямым порядком, напротив, первым в памяти хранится самый старший байт.

Язык C++ предоставляет стандартные функции для изменения порядка следования байтов (htons(), htonl(), ntohs(), ntohl()). Если по каким-то причинам данные функции нет возможности использовать, можно написать свою реализацию (см. листинг 3).

Листинг 3. Пример реализации функции изменения порядка байтов у 2-хбайтового целого.

```
inline uint16_t ByteSwap2(uint16_t inData)
{
return (inData>> 8) | (inData<< 8);
}
```

Однако, все они работают только с целыми числами. Для того, чтобы менять порядок байтов у чисел с плавающей точкой, пользуются особенностями объединений (union) из языка C++ (см. листинг 4).

Листинг 4. Использование union для сериализации типа float.

```
unionFloatInt
{
    float float_value;
    uint32_t int_value;
};

FloatInttmp;
tmp.float_value = 10.0f;
```

Приведенный выше способ позволяет менять порядок байтов у float_value, применяя функции к int_value.

Заключение

Для передачи любой информации по сети, необходимо преобразовать её в линейную последовательность битов, т.е. сериализовать. В системах, где производительность имеет большое значение, разрабатываются специальные механизмы сериализации. Они учитывают характер передаваемых данных и дают возможность применять различные методы сжатия данных для уменьшения их объёма, тем самым увеличивая скорость взаимодействия удалённых узлов.

Однако, разработка таких систем связана с проблемами сериализации ссылочных данных и совместимости с различными порядками байтов. Варианты решения этих проблем были приведены в данной статье.

В результате работы была создана система сериализации, основанная на классах потоков ввода из памяти и вывода в память. Система поддерживает все простые типы данных, тип string, некоторые объекты из стандартной библиотеки шаблонов (vector, list, deque). Также присутствует совместимость с прямым и обратным порядком байтов.

Литература

1. Глейзер Дж., МадхавС.. Многопользовательские игры. Разработка сетевых приложений. – СПб.: Питер, 2017. – 368 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»).
2. Стивенс У.Р., Феннер Б., РудоффЭ.М.. UNIX: разработка сетевых приложений. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 1039 с.: ил.
3. Ivancescu, Gabriel. (2007, декабрь 21). «Fixed Point Arithmetic Tricks». Доступно по адресу: http://x86asm.net/articles/fixed-point-arithmetic-and-tricks/. Проверено 2 февраля 2017.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТ КОМПОЗИТНЫХМАТЕРИАЛОВС ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ И РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ТИХОНОВА

Щетинин В.Н.
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент, Соколов А.П.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

SOLUTION OF THE IDENTIFICATION ELASTIC CHARACTERISTICS OF COMPONENTS OF A COMPOSITE MATERIALS PROBLEM USING METHODS OF OPTIMIZATION AND TIKHONOV REGULARIZATION

Shchetinin V.N.
Supervisor: Dr., Associate prof., Sokolov A.P.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Аннотация
В работе рассмотренапостановказадачи идентификации упругих свойств отдельных компонент композитных материалов на основесвойствкомпозита в целом. Задача сформулирована в общей постановке как некорректная коэффициентная обратная задача. Поиск решения задачи осуществляется с помощью метода последовательного квадратичного программирования и регуляризации Тихонова с априорным выбором коэффициента регуляризации.

Abstract
The paper considers the problem of identification of elastic properties ofcomponentsof composite material. The type of problem under investigation is ill-posed coefficient inverse problem. It was proposed to use method of sequential quadratic programming and Tikhonov regularizationwith the a predetermined regularization coefficients to solve this problem.

Введение

На сегодняшний день количество используемых композитных материалов (КМ) в технике неуклонно растёт. Для предсказания упругих характеристик КМ (УХ КМ) могут использоваться специальные математические модели гетерогенных сред совместно с методом асимптотического осреднения (МАО)[1, 2] (в зарубежной литературе метод гомогенизации) (далее МГ). Для расчета УХ КМс помощью МАО необходимо знание всех технических модулей компонент исследуемого КМ, которые зачастую не всегда известны в связи со следующими причинами. Во-первых, трудоемкость и дороговизна проведения экспериментов над образцами материалов, имеющихмалый (микронный) размер: мелкодисперсные порошки, тонкие волокна. Во-вторых, большинство ММКМ не учитывают особенности технологических процессовизготовления КМ, при котором возможно изменение свойств компонент КМ. В-третьих, обычно нет возможности экспериментальнойоценкисвойств компонент, образовавшихся в результате технологического процесса(например, свойств пограничных слоев между матрицей и наполнителем). В связи с этим актуальной является задача разработки вычислительной методики определения свойств компонентКМна основе известных свойств всего КМ (например, полученных из эксперимента) и свойств остальных компонент КМ (далее, задача идентификации свойств компонент КМ). Таким образом, полученные свойства компонент КМ далее могут использоваться для решения задач проектирования других КМ, включающейданную компоненту.

1. Численная методика получения эффективных упругих свойств композитов

Композит является неоднородной средой, определяющие соотношения которой в общем виде записываются так:

$$\boldsymbol{\sigma} = F(\boldsymbol{\epsilon}, \boldsymbol{x}), \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$– тензор напряжений;$\boldsymbol{\epsilon}$– тензор деформаций;$\boldsymbol{x}$ – вектор положения точки в среде;$\boldsymbol{F}$ – оператор определяющих соотношений. Если материальные функции оператора $\boldsymbol{F}$ разрывны (зависят от координат), то мы говорим о том, что неоднородная среда является композитом.

Для технических расчетов переходят к так называемымэффективным или осредненным определяющим соотношениям:

$$\langle\boldsymbol{\sigma}\rangle = f(\langle\boldsymbol{\epsilon}\rangle), \quad (2)$$

где $\langle\boldsymbol{\sigma}\rangle$ и $\langle\boldsymbol{\epsilon}\rangle$ – осредненные тензорынапряжений и деформаций; f – оператор осредненных определяющих соотношений (для линейной теории упругости соотношения (2) представляют собой обобщенный Закон Гука (см. (3), соотношение 3)). Материальные функции оператора f – компоненты эффективного тензора упругих модулей $\langle\boldsymbol{C}\rangle$, не зависят от координат и характеризуют неоднородную среду как сплошную. Компоненты $\langle\boldsymbol{C}\rangle$могут быть получены с использованием МАО, а далее на основе компонент тензора$\langle\boldsymbol{C}\rangle$ согласно[1]получают эффективные технические модули: $\langle\boldsymbol{E_{ii}}\rangle$– эффективные модули Юнга, $\langle\boldsymbol{\nu_{ij}}\rangle$– эффективные коэффициенты Пуассона, $\langle\boldsymbol{G_{ij}}\rangle$ – эффективные модули сдвига.

В работах[1,2] показано, что для нахождения эффективных свойств композитов с помощью МГ необходимо решить на ячейке периодичности (ЯП) композита наборклассических задач линейной теории упругостивида:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} = 0 \\ \epsilon_{ij} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial u_i}{\partial x_j} + \dfrac{\partial u_j}{\partial x_i}\right), \\ \sigma_{ij} = C^{\alpha}_{ijkl}\epsilon_{kl} \end{cases} \quad (3)$$

где u_i – компонентывектора перемещений; α – номер компоненты композита (по одноименныминдексам предполагается суммирование). Такие задачи принято называть локальными[1] и обозначать L_{pq},где pq – индекс группыграничных условий (постановки задач трехмерные). В общем случае анизотропии необходимо решить шесть локальных задач (для допущения об ортотропности исследуемого КМ): три растяжения и три сдвига.

Для получения компонент эффективного тензора упругих модулей$\langle\boldsymbol{C}\rangle$ необходимо применять осредняющие соотношения вида:

$$\begin{cases} \langle\sigma_{ij}\rangle = \dfrac{1}{V}\displaystyle\int_V \sigma_{ij}\,dV \\ \langle\epsilon_{ij}\rangle = \dfrac{1}{V}\displaystyle\int_V \epsilon_{ij}\,dV, \\ \langle C_{ijkl}\rangle = \dfrac{\langle\sigma_{ij}\rangle}{\langle\epsilon_{kl}\rangle} \end{cases} \quad (4)$$

где V – объем «ячейки периодичности» (ЯП) – представительного объемного элемента, характеризующего внутреннюю микроструктуру схемы армирования исследуемого КМ. Такую постановку будем называть постановкой прямой задачи поиска эффективных упругих характеристик композита (ЭУХ КМ).

Введем следующее обозначение для**прямой задачи**:

$$\langle\boldsymbol{C}\rangle = H(\Gamma, \boldsymbol{C^1}, \boldsymbol{C^2}, \ldots, \boldsymbol{C^N}), \quad (5)$$

где H – оператор гомогенизации;Г – геометрия ЯП композита;C^{α} - тензор упругих модулей соответствующей компоненты α КМ;N- число компонент композита.

2. Постановка задачи идентификации упругих свойства компонент композитов

Задача идентификации упругих свойств компонент композитов является обратной задачей поиска эффективных упругих характеристик КМ. Также данную задачу называют обратной гомогенизацией[3]. В данной задаче необходимо определить упругие свойства одного из составляющих КМна основе заданных эффективных упругихсвойств всего КМ, упругим свойствам всех остальных составляющих КМ и схеме армирования.

Введем следующее обозначение для**обратной задачи**:

$$C^{*} = H^{-1}(\Gamma, C^{exp}, C^{1}, C^{2}, \dots, C^{N-1}), \quad (6)$$

где H^{-1} – оператор обратной гомогенизации;C^{*} - тензор модулей упругости неизвестной компонентыКМ; C^{exp} – тензор упругих модулей КМ, найденный из эксперимента. При этом предполагаем, что:

$$\langle C \rangle \approx C^{exp}. \quad (7)$$

Данная обратная задача является некорректной по Адамару [4], так как негарантируется единственность решения. Существование решения гарантирует условие (7). Непрерывность оператора H гарантирует математическая постановка (3,4).

Количество независимых компонент в тензоре C^{*}зависит от степени анизотропии неизвестной компоненты,поэтому удобно решать задачу относительно вектора технических модулей$P = (E_{ii}, \nu_{ij})$, размер которого зависит от свойств материала неизвестной компоненты.

Построим оператор H^{-1}:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_{ij(pq)}(P^{*})}{\partial x_i} = 0 \\ \epsilon_{ij(pq)}(P^{*}) = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial u_{i(pq)}}{\partial x_j} + \dfrac{\partial u_{j(pq)}}{\partial x_i}\right) \\ \sigma_{ij(pq)}(P^{*}) = C^{\alpha}_{ijkl}\epsilon_{kl(pq)} \\ \langle \sigma_{ij(pq)} \rangle = \dfrac{1}{V}\int_V \sigma_{ij(pq)}\, dV \\ \langle \epsilon_{ij(pq)} \rangle = \dfrac{1}{V}\int_V \epsilon_{ij(pq)}\, dV \\ \langle C_{ijkl} \rangle = \dfrac{\langle \sigma_{ij(pq)} \rangle}{\langle \epsilon_{kl(pq)} \rangle} \\ \langle P \rangle \approx P^{exp} \end{cases} . \quad (8)$$

Обозначение (pq) в индексах тензоров обозначает, что данный тензор был получен в локальной задаче pq.

3. Применение метода оптимизации

В связи с наличием в системе (8) неточного равенства, задачу имеет смысл свести к задаче минимизации невязки между решением прямой задачи и экспериментальными данными вида:

$$\min_{P^{*}} \| H(\Gamma, P^{1}, P^{2}, \dots, P^{*}, \dots, P^{N}) - P^{exp} \| . \quad (9)$$

Данную задачу можно решать произвольным методом оптимизации. В рамках данного исследования был выбран метод последовательного квадратичного программирования

(SQP). Данный методбыл выбран в связи с доступностьюего реализующего программного обеспечения, включающего схемы вычисления производных откликов модели, устойчивых к численным шумам, наличия устойчивости к зонам не вычислимости модели, и наличия алгоритма глобального поиска на базе метода SQP. Обработка зон не вычислимости модели обязательна при решении коэффициентных вариационных задач, так как обусловленность матрицы жесткости будет сильно зависеть от значений коэффициентов.

В связи с разным масштабом компонент вектора $\boldsymbol{P}$, была выбрана следующая норма невязки:

$$\left\|\boldsymbol{X}-\boldsymbol{X}^{exp}\right\| = \sqrt{\sum\left(\frac{X_i - X_i^{exp}}{X_i^{exp}}\right)^2}. \qquad (10)$$

4. Применение метода регуляризации Тихонова

В рамках данной работы так же была исследована возможность использования регуляризирующего функционала Тихонова [8], для преобразования задачи к корректной форме. Для этого был введенфункционал вида:

$$\min_{\boldsymbol{P}^*}\left(\left\|H(\Gamma,\boldsymbol{P}^1,\boldsymbol{P}^2,\dots,\dots,\boldsymbol{P}^N)-\boldsymbol{P}^{exp}\right\|^2+\beta\|\boldsymbol{P}^*\|^2\right), \qquad (11)$$

гдеβ - параметр регуляризации. Выборβдля данной задачиможно задать с учетом предположенияо погрешностях экспериментальных данных и оператора H. Погрешность экспериментальных данных можно получить из документации на экспериментальную установку, апогрешность оператора H зависит от выбранной модели конечного элемента и разрешающей способности конечно-элементной сетки. На основе этих данных значение коэффициентаβ выбрано с помощью априорного метода, предложенного А.Н. Тихоновым [5].

Заключение

1. Поставлена задача «обратной гомогенизации» для идентификации свойств компонент КМ и построен оператор «обратной гомогенизации».
2. Задача «обратной гомогенизации» сведена к задаче оптимизации.
3. Выбран метод оптимизации.
4. Для преобразования задачи к корректной форме введен регуляризирующий функционал Тихонова.
5. Обоснован способ выбора коэффициента регуляризации функционала.

Литература

1. Димитриенко Ю.И., Соколов А.П. Об упругих свойствах композиционных материалов // Математическое моделирование. – 2009. - Т.21. - №4. - С. 96-110.
2. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. – М.: Наука, 1984.
3. Werner S. Weiglhofer, On the inverse homogenization problem of linear composite materials, Microwave and Optical Technology Letters, Volume 28, Number 6, pp. 421-423, 2001.
4. Ватульян А. О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М: Физматлит, 2007. 223 с.
5. Тихонов А.Н., Леонов А.С., Ягола А.Г. Нелинейные некорректные задачи. - М.: Наука, 1995.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

Сотников П.И.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Карпенко А.П.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

SOFTWARE PACKAGE FOR RESEARCH AUTOMATION IN THE FIELD OF BRAIN-COMPUTER INTERFACES

Sotnikov P.I.
Superviser: Dr., Prof., Karpenko A.P.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается программный комплекс для автоматизации исследований в области интерфейсов мозг-компьютер (ИМК). Программный комплекс разработан в среде графического программирования NI LabVIEW и реализует основные методы выделения характерных признаков сигнала электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и наиболее распространенные методы классификации данных, применяемые в ИМК. Также в состав комплекса входят утилиты для анализа данных ЭЭГ с помощью новых перспективных методов, включающих в себя поиск оптимальных частотных диапазонов сигнала ЭЭГ и поиск шейплетов многомерных временных рядов.

Abstract
The article discusses the software package for research automation in the field of brain-computer interfaces (BCI). The package is designed in LabVIEW development environment using visual programming language “G”. The software implements most common feature extraction methods and methods of data classification that are used in BCI systems. Also the package includes utilities for electroencephalogram (EEG) data analysis with the help of new promising methods, which are the selection of optimal frequency bands of the EEG signal and the search of time series shapelets.

Введение

В настоящее время существует несколько программных платформ, предназначенных для автоматизации исследований в области интерфейсов мозг-компьютер (ИМК). К таким платформам относятся BCI2000, OpenViBE, EEGLAB, BCILAB, BCI++ и др. Данные платформы представляют собой разработки различных университетов и исследовательских групп, занимающихся изучением ЭЭГ, распространяются по лицензии GPL и имеют открытые исходные тексты.

Предлагаемый программный комплекс реализован в среде графического программирования NI LabVIEW, которая сочетает в себе достоинства перечисленных выше программных платформ. Во-первых, среда NI LabVIEW, как и пакеты BCILAB, EEGLAB, имеет большой набор встроенных библиотечных функций, реализующих различные алгоритмы цифровой обработки сигналов. Во-вторых, как и в OpenViBE, программа представляется в наглядном графическом виде (в форме блок-диаграммы), что существенно ускоряет процесс разработки и отладки приложения. В-третьих, среда NI LabVIEW обладает встроенными средствами распараллеливания вычислений, что позволяет в полной мере задействовать ресурсы современных многоядерных процессоров и повысить производительность программы.

1 Состав программного комплекса

В состав реализованного программного комплекса входят следующие основные компоненты.

– *FeatureExtractionUtility* – приложение для выделения характерных признаков сигнала ЭЭГ. Приложение принимает в качестве входных данных файлы формата XML

EEG с записями сигнала ЭЭГ, рассчитывает в соответствии с выбранными пользователем алгоритмами векторы характерных признаков и сохраняет полученные результаты в файл с признаковым описанием формата XMLFeatures.

– *ClassifierUtility* – приложение для оценки достижимой точности классификации. Приложение принимает в качестве входных данных файлы XMLFeatures с признаковым описанием объектов обучающей и тестовой выборки и на основе данных выборок выполняет построение и тестирование классификаторов следующих типов: метод опорных векторов (МОВ), метод *k* ближайших соседей, многослойный персептрон, комитет МОВ классификаторов, классификатор на основе расстояния Махаланобиса.

– *GeneticAlgorithm* – утилита поиска оптимального подмножества признаков. Утилита принимает на вход файлы XMLFeatures с признаковым описанием объектов обучающей и тестовой выборки и с помощью генетического алгоритма выполняет поиск наиболее информативного подмножества признаков.

– *OptimalFrequencyBandsSearch* – утилита поиска оптимальных частотных диапазонов сигнала ЭЭГ. Утилита принимает на вход файлы XMLFeatures, содержащие значения спектра сигнала для объектов обучающей и тестовой выборки. Далее пользователь выбирает метод оптимизации (генетический алгоритм или метод роя частиц) и метод классификации. На итерациях алгоритма поиска для каждой особи/частицы производится построение и тестирование классификатора на объектах обучающей выборки. По завершению каждого поколения точность классификатора дополнительно оценивается на объектах тестовой выборки.

– *Optimal Shapelets Search* – утилита, реализующая поиск шейплетов многомерных временных рядов с помощью генетического алгоритма. Утилита принимает на вход файл формата XMLFeatures, содержащий набор многомерных временных рядов с соответствующими им метками классов. Далее на итерациях генетического алгоритма для каждой особи (фрагмента временного ряда) выполняется оценка качества разделения классов. По завершению итераций поиска из последнего поколения ГА выбираются *k* лучших особей, соответствующие им фрагменты многомерных временных рядов (шейплеты) сохраняются в бинарный файл с расширением «.bin».

Приложения, входящие в состав программного комплекса, разрабатывались с применением концепции конечных автоматов (англ. – *finitestatemachines*) и средств объектно-ориентированного программирования, предоставляемых средой NILabVIEW. Последние версии утилит доступны на веб-сайте http://ru-bci.org в разделе «Загрузки».

2 Выделение характерных признаков сигнала ЭЭГ

Приложение *FeatureExtractionUtility*предназначенодля расчета векторов характерных признаков сигнала ЭЭГ. В качестве входных данных приложение принимает файлы формата XMLEEG, рассчитывает векторы характерных признаков для записей ЭЭГ и сохраняет признаковое описание в файлы формата XMLFeatures.

В приложении реализованы следующие методы выделения признаков: расчет *дисперсии* сигнала ЭЭГ в каждом из каналов; расчет *энтропии* сигнала ЭЭГ в каждом из каналов (в соответствии с алгоритмом, описанным в [1]); понижение частоты выборок сигнала (*децимация*); расчет значений суммарной спектральной плотности мощности сигнала в заранее заданных частотных диапазонах (с помощью дискретного преобразования Фурье); расчет значений средней энергии сигнала в заранее заданных частотных диапазонах (на основе матрицы квадратов коэффициентов вейвлет-преобразования); расчет энергетического спектра сигнала (на основе матрицы квадратов коэффициентов вейвлет-преобразования).

Приложение обеспечивает возможность предобработки сигнала ЭЭГ с помощью методов пространственной и частотной фильтрации. Для *частотной фильтрации* используется фильтр Кайзера с оконным сглаживанием. Для *пространственной фильтрации* пользователь может выбрать один из двух методов: общий

пространственный фильтр (англ. *Common Spatial Pattern Filter, CSP*) и перерасчет значений сигнала относительно общего усредненного референта. Параметры CSP-фильтра рассчитываются с помощью отдельной утилиты *SpatialFilter*, входящий в состав программного комплекса.

3 Оценка достижимой точности классификации

Приложение *ClassifierUtility* предназначено для оценки точности классификации, достижимой с помощью различных типов классификаторов. В качестве входных данных приложение принимает файлы формата XML Features с признаковым описанием объектов обучающей и тестовой выборки. Дополнительно на вход может подаваться текстовый файл с истинными метками классов для объектов тестовой выборки (если эти метки не содержатся в XML файле). На основе данных выборок осуществляется построение и тестирование классификаторов нескольких типов. Полученные оценки точности классификации выводятся на экран.

В приложении реализованы следующие методы классификации: ν-SVM классификатор (модификация метода опорных векторов, предусматривающая допуск ошибок на обучающей выборке); метод *k* ближайших соседей; многослойный персептрон; комитет ν-SVM классификаторов, построенных с разными значениями параметра ν; классификатор на основе расстояния Махаланобиса.

Значение параметра ν, число *k* для метода *k* ближайших соседей и число нейронов скрытого слоя для многослойного персептрона выбираются по результатам 5-кратной перекрестной проверки (англ. *cross-validation*). Результаты перекрестной проверки отображаются на экране (рис. 1).

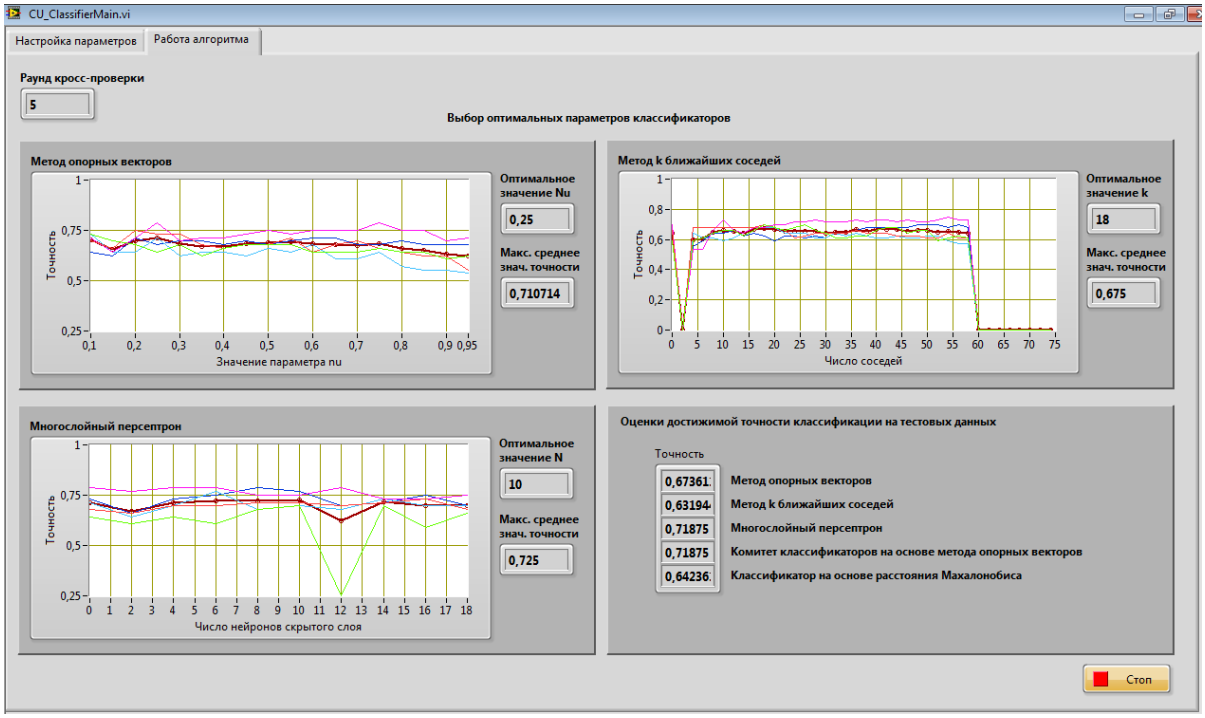


Рис. 1. Лицевая панель приложения *ClassifierUtility*.Вкладка «Работа алгоритма»

Также в приложении *ClassifierUtility* реализовано построение комитета из ν-SVM классификаторов, обученных со значениями $\nu = 0{,}1; 0{,}15; \ldots$; Решение о принадлежности объекта к классу принимается после рейтингового голосования членов комитета. Матрица рейтингов оценивается на основе точности прогнозирования классов членами комитета. Точность прогнозирования определяется на объектах обучающей выборки, которая использовалась для построения членов комитета.

4 Утилита поиска оптимального подмножества признаков

Входящая в состав разработанного программного комплекса утилита *GeneticAlgorithm* реализует поиск наиболее информативных признаков сигнала ЭЭГ с помощью генетического алгоритма (ГА). Целью отбора признаков является исключение «шумовых» признаков и повышение точности алгоритмов классификации.

В качестве входных данных утилита принимает файлы формата XML Features с признаковым описанием объектов обучающей и тестовой выборки, а также текстовый файл с истинными метками классов для объектов тестовой выборки (если эти метки не содержатся в XML файле). Далее с помощью ГА утилита осуществляет перебор подмножеств признаков с целью поиска наиболее информативного из них.

Каждое подмножество признаков задаем с помощью бинарного вектора $B \in \{$ (хромосомы особи), где L – мощность полного набора признаков, значение «1» в i-той позиции вектора указывает на то, что i-тый признак включается в рассматриваемое подмножество, а значение «0» - что признак не включается в подмножество. Мерой информативности подмножества признаков служит качество разделения классов, достижимое на обучающей выборке, построенной с использованием данного подмножества. В свою очередь, для оценки качества разделения классов в утилите *GeneticAlgorithm* предусмотрена возможность выбора одного классификаторов, перечисленных в п. 3.

В приложении реализован вариант поиска с контролем переобучения. Перед запуском итераций генетического алгоритма обучающую выборку разбиваем в отношении 4:1 на два подмножества: собственно *обучающую* выборку и *контрольную* выборку. Приспособленность особей оцениваем путем построения и последующего тестирования выбранного пользователем классификатора на сокращенной *обучающей* выборке. По завершении каждого поколения ГА дополнительно определяем вероятность правильной классификации на *контрольной* и *тестовой* выборке. В качестве итогового решения принимаем подмножество признаков, на котором достигнута максимальная точность классификации на *контрольной* выборке.

5 Утилита поиска оптимальных частотных диапазонов сигнала ЭЭГ

Утилита *Optimal Frequency Bands Search* предназначена для выделения частотных диапазонов сигнала ЭЭГ, в которых наилучшим образом проявляются различия между распознаваемыми по ЭЭГ типами мыслительной деятельности. Приложение позволяет автоматически учитывать индивидуальные особенности каждого из пользователей ИМК.
В качестве входных данных утилита принимает файлы формата XML Features со значениями спектра сигнала для объектов обучающей и тестовой выборки, а также текстовый файл с истинными метками классов для объектов тестовой выборки. Значения энергетического спектра сигнала в каждом из каналов записи ЭЭГ предварительно вычисляются с помощью утилиты *FeatureExtractionUtility.*

Метод поиска оптимальных частотных диапазонов был предложен для анализа сенсомоторных ритмов ЭЭГ, и впоследствии успешно апробирован в гибридном интерфейсе «глаз-мозг-компьютер» [2]. Задача поиска рассматривается, как задача *однокритериальной оптимизации*, в которой в качестве варьируемых параметров выступают границы частотных диапазонов, а в качестве целевой функции – оценка достижимой точности классификации.

Для решения оптимизационной задачи пользователь может выбрать один из двух доступных методов направленного перебора: *генетический алгоритм* или *метод роя частиц*. Для каждой особи/частицы приспособленность рассчитываем как оценку точности классификации, полученную на множестве пар «вектор характерных признаков/метка класса». Для оценки качества разделения классов в утилите *Optimal Frequency Bands Search* предусмотрена возможность выбора одного из классификаторов, рассмотренных в п.3.

Как и в утилите *GeneticAlgorithm* для выбора наиболее информативных частотных диапазонов сигнала ЭЭГ реализована стратегия поиска с контролем переобучения. Результаты поиска (границы частотных диапазонов и соответствующие им оценки точности классификации) отображаются на экране.

6 Утилита поиска шейплетов многомерных временных рядов

Утилита *Optimal Shapelets Search* реализует поиск шейплетов с помощью генетического алгоритма.

Метод шейплетов (англ. *shapelets*) основан на выделении таких фрагментов временного ряда, которые наилучшим образом отражают свойства одного или нескольких классов исследуемых временных рядов. Идея метода состоит в том, что в качестве характерных признаков временного ряда (в частности, сигнала ЭЭГ) используют расстояния от этого ряда до набора из *k* лучших фрагментов, для которых оценка качества разделения классов принимает максимальное значение [3].

Применение генетического алгоритма позволяет сократить множество перебираемых фрагментов временных рядов в процессе поиска шейплетов. Задачу поиска шейплетов рассматриваем при этом как задачу однокритериальной оптимизации, в которой роль целевой функции играет оценка качества кандидата в шейплеты. Варьируемыми выступают такие параметры кандидата, как индекс исходного временного ряда, фрагментом которого является кандидат, сдвиг относительно начала временного ряда и длина кандидата.

Для оценки качества кандидатов используем *точность классификации*, достижимую на векторах расстояний от этого кандидата до объектов исходного набора данных. Точность классификации оцениваем с помощью простого классификатора на основе *метода k ближайших соседей* по результатам процедуры 5-кратной перекрестной проверки.

В приложении *Optimal Shapelets Search* реализовано два подхода к построению набора из *k* лучших шейплетов. Первый подход заключается в выборе из последнего поколения генетического алгоритма *k* кандидатов, имеющих максимальные значения оценки качества. При применении второго подхода выполняем поиск *оптимального сочетания* из *k* шейплетов. Число *k* в обоих случаях определяет пользователь. Критерием останова ГА служит достижение счетчиком числа поколений максимального значения.

Результаты поиска (график изменения значений функции приспособленности и форма текущего лучшего шейплета) отображаются на экране.

Заключение

Разработанный программный комплекс позволяет автоматизировать исследования в области ИМК за счет наличия в нем реализованных алгоритмов выделения характерных признаков сигнала ЭЭГ и методов классификации данных. С помощью программного комплекса исследователь за короткое время может подобрать сочетание методов обработки сигнала ЭЭГ, дающее лучший результат в конкретной практической задаче.

Утилита поиска оптимальных частотных диапазонов сигнала ЭЭГ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661001) и утилита поиска шейплетов многомерных временных рядов реализуют новые перспективные подходы к анализу сигнала ЭЭГ.

Литература

1. Сотников П.И., Выделение характерных признаков сигнала электроэнцефалограммы с помощью анализа энтропии // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон.журн. 2014. № 11. С. 555–570. DOI: 10.7463/1114.0739919.
2. P. Sotnikov, K. Finagin, S. Vidunova, Selection of Optimal Frequency Bands of the Electroencephalogram Signal in Eye-brain-computer Interface // Procedia Computer Science, Volume 103, 2017, pp. 168–175. DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.049.
3. Lines J., Davis L.M., Hills J., and Bagnall A., A shapelet transform for time series classification // Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 2012. pp. 289-297.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ЦЕЛЬЮ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Спасёнов А.Ю.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

ANALYSIS OF DYNAMIC PROCESSES IN THE HUMAN BLOOD CIRCULATION SYSTEM TO INTERNAL ORGANS DISEASES DIAGNOSTIC

Spasenov A. Y.
Supervisor: Ph.D. assistant professor Volosatova T.M.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Данная работа посвящена исследованию подхода к анализу динамических процессов в системе кровообращения человека с целью диагностики заболеваний внутренних органов. Проведен анализ к программно-аппаратным комплексам по улучшению качества снимаемого сигнала и методов первичной обработки позволяют повысить его информативность, что в свою очередь влияет на достоверность диагностики.

Abstract
The algorithms of dynamic processes analysis in the human blood circulation system for the theory of the heart information function and the technology of electrocardiosignals information analysis with the purpose of internal organs diseases diagnostics are examined in the article. The development and improvement algorithms make it possible to increase quality of received signal and its volume of information.

Введение

Для диагностики заболеваний внутренних органов была разработана теория информационной функции сердца и технология информационного анализа электрокардиосигналов [1]. Основными объектами исследований при использовании методов анализа информационной функции сердца на данных момент являются ритмограммы и амплитудограммы, полученные в результате обработки электрокардиограмм (ЭКГ). Электрокардиограмма представляет собой сложный, нестационарный сигнал, подверженный многочисленным видам помех, и требующий качественной обработки для обеспечения высокой точности постановки диагноза.

1 Анализ кардиосигналов и повышение качества их измерений

Совершенствование методов информационного анализа электрокардиосигналов повышает требования к электрокардиографу, предназначенному для съема ЭКГ, а также к обработке электрокардиосигналов, предназначенных для информационного анализа и диагностики заболеваний внутренних органов, описанные в работах [1, 2]. Использование программно-аппаратных комплексов, основанных на технологии информационного анализа электрокардиосигналов, поставило задачу для дальнейшего улучшения параметров съёма электрокардиограмм и методов их обработки в следующих направлениях:

- повышение точности измерения динамики изменения амплитуд комплексов QRS и длительности кардиоциклов;
- совершенствование метода фильтрации шума и помех;
- получение дополнительных источников анализа динамики работы сердца;
- разработка новых методов первичной обработки сигналов.

Электрокардиограмма состоит из последовательности кардиоциклов, характеризующихся такими параметрами, как амплитуды зубцов и их длительность. Для повышения точности локализации пиков, относительно которых выполняется определение амплитуд кардиокомплексов необходимо увеличивать частоту дискретизации, с которой снимается электрокардиосигнал.

Параметры кардиоциклов у каждого человека уникальны и могут изменяться достаточно сильно, поэтому необходимо реализовать алгоритмы определения *QRS*-комплексов, позволяющие исключать из анализа артефакты и шумы, а также исследовать только те диапазоны частот, в которых находится информация, характеризующая параметры кардиоциклов. На рисунках 1 и 2 представлены электрокардиограммы обследуемых, снятые при одинаковых условиях.

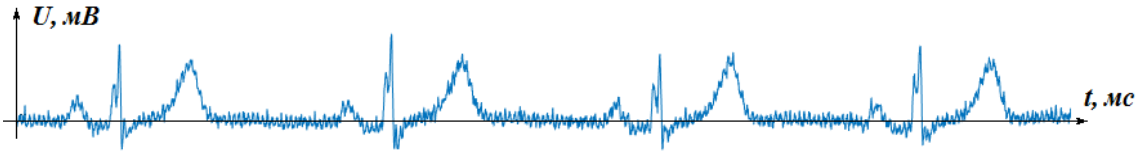


Рис. 1. Электрокардиограмма 1 обследуемого

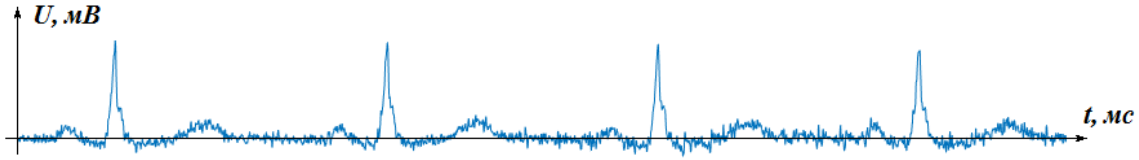


Рис. 2. Электрокардиограмма 2 обследуемого

Во время снятия электрокардиограммы пациент находится под воздействием различных электромагнитных полей, которые оказывают существенное влияние на качество снятия электрокардиограмм и, как следствие, неправильное обнаружение информативных участков ЭКГ (зубцы, сегменты, интервалы) [3]. К шумам, сопровождающим регистрацию кардиограммы, относится сетевая помеха, дрейф изоэлектрической линии, мышечный тремор, а также артефакты, обусловленные движением пациента [3].

Выбор параметров обработки ЭКГ является одним из наиболее важных шагов, поскольку может привести к искажению амплитуд комплексов QRS, используемых при информационном анализе работы сердца [1]. На рисунке 3 представлено искажение QRS - комплекса при различных параметрах фильтра.

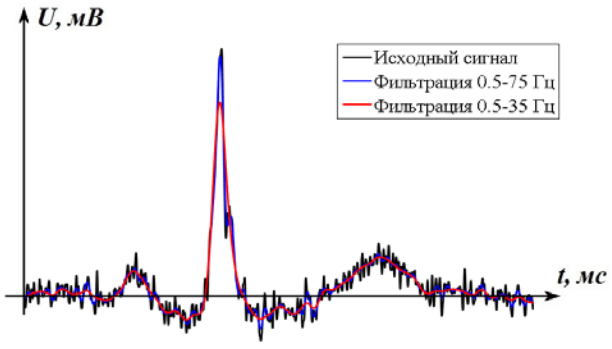


Рис. 3. Искажение амплитуды комплекса QRS

Изменение амплитуд приводит к ошибкам при использовании механизма модуляции электрокардиоимпульсов, определяющий их пространственно-временную

вариабельность. На рисунке 4 изображено сравнение амплитудограмм сигнала *QRS* при различных характеристиках фильтра.

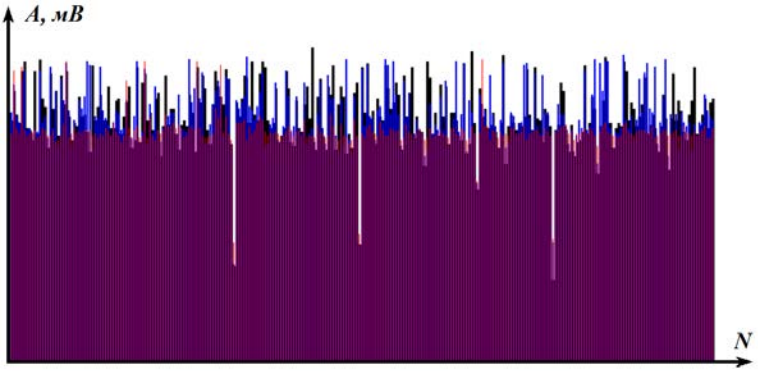


Рис. 4. Искажение амплитудограмм сигнала *QRS*

Помимо электрокардиограмм в качестве источника данных для анализа работы сердца с использованием теории информационной функции сердца могут служить такие сигналы, как баллистокардиограммы (рисунок 5).

Рис. 5. Баллистокардиограмма

Данный вид сигналов позволяет получить дополнительную информацию о работе сердца.

Заключение

На основе проведённых исследований по обработке электрокардиограмм было установлено, что повышение качества регистрации электрокардиограмм значительно влияет на точность определения амплитуд комплексов QRS, используемых для модуляции электрокардиоимпульсов. Улучшение качества съема и обработки электрокардиограмм также даёт возможность провести исследование широтно-импульсной модуляции кардиосигналов.

Дальнейшая разработка алгоритмов обработки сигналов и исследование новых источников данных, позволят повысить точность диагностики заболеваний внутренних органов.

Литература

1. Успенский В.М**.** Информационная функция сердца. Теория и практика диагностики заболеваний внутренних органов методом информационного анализа электрокардиосигналов. - М.: «Экономика и информатика», 2008. - 116 с.
2. V. Uspenskiy. Information Function of the Heart. A Measurement Model // Measurement 2011, Proceedings of the 8-th International Conference, Slovakia. 2011, p. 383-386.
3. Волосатова Т.М., Спасёнов А.Ю., Логунова А.О. Автоматизированная система анализа и интерпретации электрокардиосигнала [Электронный ресурс] // Радиооптика. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 01. С. 1-18. URL: http://radiooptics.ru/doc/831932 (дата обращения 01.02.17).

СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ

Валиуллин А.М.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Волосатова Т.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6, Москва, Россия

STATICTICAL FEATURE SELECTION METHODS IN CLASSIFICATION PROBLEMS

Valiullin A.M.
Supervisor: Ph.D., Associate Professor, Volosatova T.M.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Методы отбора, обработки и преобразования признаков являются одними из ключевых в задачах классификации. В статье обзорно рассматриваются различные статистические критерии отбора информативных признаков, используемые в задачах анализа данных. В заключении приведены положительные и отрицательны стороны статистических методов отбора признаков.

Abstract
Methods of selection, processing and transformation characteristics are one of the main goals of classification and clustering problems. This paper introduces overview of different statistical criteria for the selection of informative features that are used in data mining. In conclusion there are pros and cons of these statictical feature selection methods.

Введение

При решении задач интеллектуального анализа данных возникает множество подзадач, такие как предобработка данных, отбор информативных признаков, выбор алгоритма классификации и др. Во многом от количества и качества обработанных и отобранных признаков будет зависеть качество полученной модели. На этапе формирования исходных данных, как правило, неизвестно, какие признаки, и в каком сочетании окажутся наиболее важными. Поэтому в признаковые описания включаются все данные об объектах, которые только доступны, и появляется задача объективного выделения наиболее значимой части информации.

1. Отбор информативных признаков

Будем считать, что объекты описываются набором признаков $F = \{f1, \ldots, fn\}$. Каждый признак f_j — это отображение из X в некоторое множество D_j допустимых значений признака, в общем случае не обязательно числовое. Вектор $f_1(x), \ldots, f_n(x) \in D1 \times \ldots \times Dn$ называется признаковым описанием объекта x.

Пусть $G \subseteq F$ — произвольное подмножество признаков.

2. Полный перебор

К сожалению, задача поиска информативных наборов признаков является NP-полной, то есть в общем случае требует полного перебора 2^n вариантов, где n - число признаков. Если число признаков равно n, то число непустых подмножеств составляет $2^n - 1$. Алгоритм полного перебора наиболее прост для реализации и гарантирует, что будет найден наилучший набор. Однако его практическая применимость ограничена задачами с небольшим числом признаков n, так как время полного перебора растёт со скоростью 2^n. На современных компьютерах удаётся решать задачи с числом признаков не более 20–25 [1].

3. Статистические критерии

Первым шагом при отборе признаков является статистический анализ признакового пространства. Анализ переменных производится проверкой их статистической значимости. Анализ статистической значимости заключается в исследовании наличия связи и её размера между зависимой переменной и независимыми переменными. После этого анализа мы можем сказать, какие из признаков являются наиболее значимыми и более точно предсказывают целевую переменную. Основные методы статистики, которые используются в анализе отдельных предсказательных характеристик, основаны на распределении целевой переменной, ими являются:

1) статистика χ^2

Статистика χ^2 используется для сравнения двух выборок и определения их схожести. В задаче бинарной классификации сравнивается распределение двух результирующих классов для каждой анализируемой отдельно переменной. Составляется таблица сопряженности для каждой предсказательной переменной. Статистика χ^2 вычисляется по следующей формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - E)^2}{E},$$

где x_i – наблюдаемое значение, E - ожидаемое значение, n – число степеней свободы.

Принимает значения из интервала [0; 1]. При отсутствии статистической связи между переменными значение коэффициента равно 0; при полной связи (когда значение одной переменной полностью определяется значением второй переменной) достигает 1.

2) коэффициент Крамера *V*

Коэффициент Крамера *V* – это коэффициент, полученный на основе статистики χ^2, который принимает значения от 0 до 1, где 0 говорит о том, что две выборки идентичны, а 1, что они абсолютно разные. Коэффициент *V* рассчитывается по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \cdot \min(c-1, r-1)}},$$

где χ^2 – статистика χ^2, n – объем выборки, c – количество столбцов, r – количество строк. Данный коэффициент позволяет таким образом сравнивать относительную значимость отдельных признаков. Чем больше значение, тем статистически более значимая переменная.

3) информационный показатель (IV – Information Value)

Информационный показатель *IV* – считается самой распространенной мерой определения статистической значимости переменных и измерения разницы в распределении двух классов [2].

Для оценки информативности признаков будем считать весомость признака (Weight of Evidence (WOE)), т.е. оценивать, каких результирующих классов в каждом признаке больше (т.е. вероятность набора признаков быть в первом или втором классе)

$$WOE_i = \ln \frac{DG_i}{DB_i},$$

где DG_i - отношение элементов первого класса в категории i к общему количеству элементов первого класса, DB_i - отношение элементов второго класса в категории i к общему количеству элементов второго класса.

Для того, чтобы можно было охарактеризовать данное различие вводится критерий информационный показатель (Information Value (IV)):

$$IV = \sum_{i=1}^{k} (DG_i - DB_i) \ln \frac{DG_i}{DB_i}.$$

Значения IV трактуются следующим образом:

- меньше 0.02 – статистически незначимая переменная
- 0.02 – 0.1 – слабая значимость
- – 0.3 – средняя значимость
- больше 0.3 – сильная значимость

Заключение

В работе описана задача отбора признаков и приведены различные статистические критерии оценки информативности (хи-квадрат, коэффициент Крамера, информационный показатель). При этом следует учитывать, что величины мер связи признаков различной природы не сравнимы между собой. Также возникают потери исходной информации, ее "огрубление". Так, для ранговых признаков теряется информация о соответствующем упорядочении объектов, а значения количественных признаков группируются в интервалы, которые при переходе на номинальный уровень измерения также оказываются неупорядоченными. Однако такое огрубление иногда полезно, поскольку позволяет количественные данные с грубыми ошибками трактовать как ранговые или даже номинальные. Уменьшение точности при этом компенсируется повышением надежности данных.

Литература

1. Воронцов К.В., Лекции по методам оценивания и выбора моделей, 2010
2. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2001.

ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ

Яковенко М.А.
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Павлов Ю.Н.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ3, Москва, Россия

PROCESSING BIG DATA

Yakovenko M.A.
Supervisor: Dr., Prof., Pavlov U.N.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье раскрывается понятие «больших данных», рассматриваются основные подходы к хранению и обработке больших объемов данных. Приведены области применения. Подробно рассматривается вычислительная парадигма MapReduce. Приведена типичная задача, и описаны шаги её решения при помощи данного алгоритма. Приводится самая популярная реализация алгоритма – проект Hadoop.

Abstract
The article deals with the concept of "Big Data", the basic approaches to storing and processing large amounts of data. Given application. Details considered computing paradigm MapReduce. Is a typical problem, and describes the steps to solve it with the help of the algorithm. Present the most popular implementation of the algorithm - the Hadoop project.

Введение

Каждую секунду в мире создаются новые данные, вместе с их объемом растет и скорость их появленияпоявления. В связи с этим появилась проблема хранения, а главное быстрой обработки данных. Традиционные средства уже не способны отвечать современным требованиям. Как следствие, появилась необходимость в создании новых подходов и инструментов для решения данной задачи.

В настоящее время потребность в обработке больших объемов данных возникает в очень многих областях. Это может быть телеком, медицина, энергетика, банковская сфера или даже прогнозирование. Этот список бесконечно длинный и с каждым днем только расширяется.

Термин Big Data или Большие Данные набрал огромную популярность за последние пять лет. Термин является довольно размытым и зачастую трактуется по-разному. Нет определенной границы между тем, какой объем данных называть большим, а какой нет. Более того под этим термином чаще всего подразумевают не сами данные, а некоторые подходы и инструменты, которые позволяют хранить и быстро обрабатывать большие массивы данных [1].

Хоть Большие Данные это и размытый термин, всегда подразумевается, что такой объем данных не способен обработать один компьютер. Поэтому системы, способные решать проблему Big Data – это всегда распределенные системы.

Вычислительная парадигма MapReduce

Для понимания того, как же сейчас работают средства по обработке больших данных, необходимо рассмотреть модель распределённых вычислений MapReduce. Это является базисом в обсласти Big Data.

MapReduce — модель распределённых вычислений, представленная компанией Google, используемая для параллельных вычислений над очень большими (несколько петабайт) наборами данных в компьютерных кластерах. Кластер представляет собой группу компьютеров, объединённых высокоскоростными каналами связи,

представляющую с точки зрения пользователя единый аппаратный ресурс (суперкомпьютер).

Работа MapReduce состоит из двух шагов: Map и Reduce, названных так по аналогии с одноименными функциями высшего порядка, map и reduce.

На Map-шаге происходит предварительная обработка входных данных. Для этого один из компьютеров (называемый главным узлом — master node) получает входные данные задачи, разделяет их на части и передает другим компьютерам (рабочим узлам — worker node) для предварительной обработки. Если говорить точно, то результатом первого шага будет создание несколько объектов типа Ключ/Значение (рисунок 1).

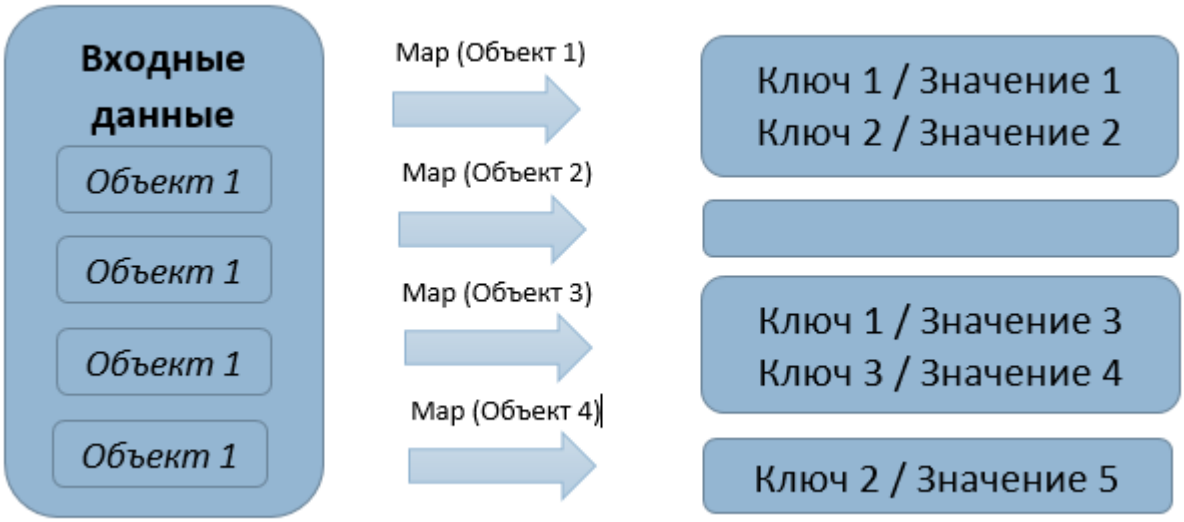


Рис. 1. Map-шаг

Потом алгоритм отсортирует все пары Ключ/Значение и создаст новые объектыов, где все значения будут сгруппированы по ключу (рисунок 2).

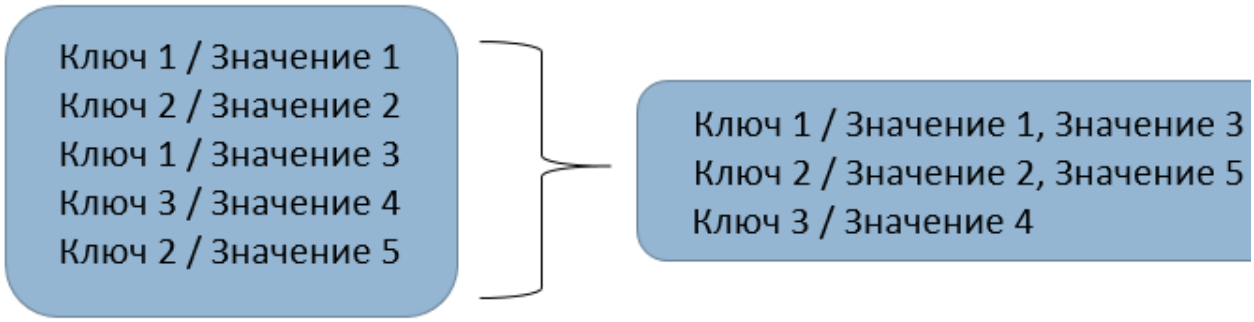


Рис. 2. Сортировка пар Ключ/Значение

На Reduce-шаге происходит свёртка предварительно обработанных данных. Главный узел получает ответы от рабочих узлов и на их основе формирует результат — решение задачи, которая изначально формулировалась (рисунок 3).

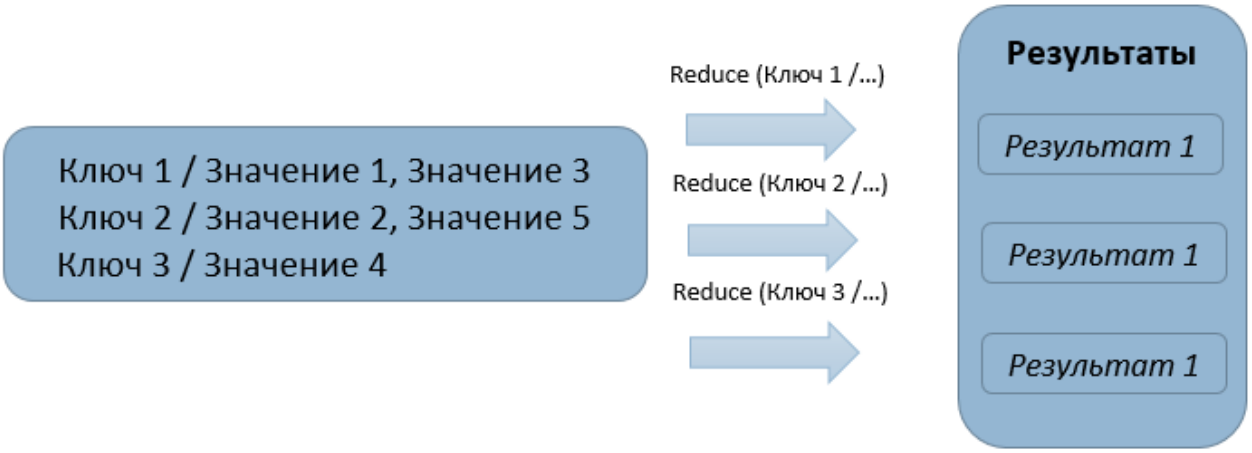


Рис. 3. Шаг Reduce

Преимущество MapReduce заключается в том, что он позволяет распределеннно производить операции предварительной обработки и свертки. Операции предварительной обработки работают независимо друг от друга и могут производиться параллельно на разных машинах. Аналогично, множество рабочих узлов могут осуществлять свертку — для этого необходимо только чтобы все результаты предварительной обработки с одним конкретным значением ключа обрабатывались одним рабочим узлом в один момент времени. MapReduce может быть применен к большим объёмам данных, которые могут обрабатываться большим количеством серверов. Так, MapReduce может быть использован для сортировки петабайта данных, что займет всего лишь несколько часов. Параллелизм также дает некоторые возможности восстановления после частичных сбоев серверов: если в рабочем узле, производящем операцию предварительной обработки или свертки, возникает сбой, то его работа может быть передана другому рабочему узлу (при условии, что входные данные для проводимой операции доступны) [2].

Типичная задача MapReduce

Далее будет приведен пример задачи, которую можно решить с помощью алгоритма MapReduce, следовательно, её можно выполнить на нескольких узлах, создав распределенную систему.

Есть строка со словами: «яблоко, апельсин, яблоко, ананас, апельсин, яблоко». Требуется посчитать количество повторений одного и тогожетого же слова в строке.

1. Мар-шаг

Строка будет преобразована к объектам типа Ключ/Значение, как было описано выше.

В результьтерезультате будет получены объекты, изображенные на рисунке 4.

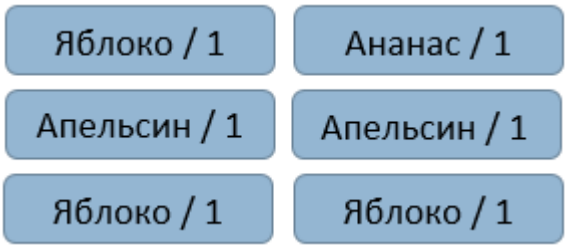


Рис. 4. Результат Мар-шага

Далее объекты с одинаковым ключемключом будут объедененыобъединены в «корзины» (рисунок 5).

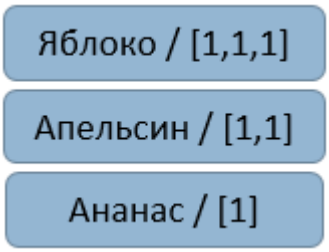


Рис. 5. Объединение объектов в «корзины»

2. Reduce-шаг

На этом шаге складываются элементы массива, соотвествующиесоответствующие одному ключу.

На выходе будет получен искомый ответ (рисунок 6).

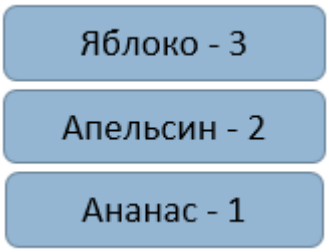


Рис. 6. Результат Reduce-шага

Hadoop

Hadoop – это проект фонда Apache Software Foundation, разработанный в рамках вычислительной парадигмы MapReduce. По сути Hadoop – это инструментом для хранения данных и запуска MapReduce-задач для работы на кластерах из сотен и тысяч узлов. Разработан на языке Java и используется в таких популярных высоконагруженных проектах как Yahoo и Facebook [3]. Сейчас проект стримительностремительно развивается и может предложить решения, основанные на других вычислительных парадигмах (не только при помощи MapReduce).

Заключение

В статье было расскрытораскрыто понятепонятие Больших Данных. Подробно описана вычислительная парадигма MapReduce, которая легла в основу решений в области Big Data. Описаны её цели и преимущества. Наглядно показан процесс выполнения алгоритма, а также приведен пример задачи, и подробно описаны шаги её решения. Также был упомянут проект Hadoop, являющийся самой популярной реализацией алгоритма MapReduce.

Литература

1. Большие данные http://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_данные Дата посещения 25.01.17
2. MapReduce http://ru.wikipedia.org/wiki/MapReduce Дата посещения 26.01.17
3. Hadoop http://ru.wikipedia.org/wiki/Hadoop Дата посещения 27.01.17

ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА IT-КОМПАНИЙ

Ямченко Ю.В.
Научные руководители: д.ф.-м.н.,профессор, Карпенко А.П., к.мед.н., доцент, Соколянский В.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК6, Москва, Россия

OPTIMIZATION OF COST OF THE INTELLECTUAL CAPITAL IT COMPANIES

YamchenkoY.V.
Supervisors: Dr., Prof., Karpenko A.P., Ct. of Med.Sc., Dt., Sokolyanskiy V.V.
BMSTU, Moskow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается проблема оценки интеллектуального капитала компаний ИТ-отрасли экономики. Предлагается модель оценки интеллектуального капитала.Производится оценка интеллектуального капитала двух ИТ-компаний и оптимизация параметров интеллектуального капитала этих компаний.

Abstract
The problem of intellectual capital evaluation for IT-companies is considered in this article. The model of intellectual capital evaluation is provided. The intellectual capital evaluation of two IT-companies and optimization of intellectual capital parameters carry out in the article.

Введение

Современные тенденции развития мировой экономики, усиление роли интеллектуальных и информационных ресурсов для производства конкурентоспособной продукции привели к необходимости создания новых способов оценки потенциала компаний, учитывающих не только их материальные активы, но и, так называемые, неосязаемые факторы: знания и опыт работников компании, организационную структуру компании, информационные сети и базы данных, патенты, лицензии, имидж и т.д. Изначально эта проблема возникла в информационно насыщенных компаниях, у которых объем материальных активов невелик, а интеллектуальный потенциал высок. Инвесторы не были склонны вкладывать средства в подобные компании, и перед менеджерами встала задача расчета величины их неосязаемых активов и доведения ее до инвесторов для создания более адекватной картины деятельности компании, ее перспектив. Таким образом, в мировой экономической литературе было введено и, в последнее время, стало широко использоваться понятие “интеллектуальный капитал” (далее ИК). Существует множество определений интеллектуального капитала, но в общем случае его можно определить как знание, котороев дальнейшем может быть конвертировано в стоимость [1]. Концепция интеллектуального капитала становится все более заметной в учебной и деловой литературе. Большое количество статей, посвященных оценке и максимизации интеллектуального капитала, свидетельствует об актуальности и о сложности решения данной задачи.

Проблема оценки интеллектуального капитала наиболее актуальна для компаний ИТ-сектора экономики, так как успешность компаний этого сектора в большей степени зависит от их нематериальных активов.

В данной работе была предложена модель оценки интеллектуального капитала, основанная на трехкомпонентной структуре Т.Стюарта, и произведена оценка ИК двух российских (*Mail.ruGroup, Yandex*) компаний-лидеров ИТ-сектора экономики. Получен оптимальный вариант распределения вложений в нематериальные активы, при котором

достигается максимальная оценка ИК. На основании полученных результатов сделаны выводы об эффективности вложений, произведенных компаниями, в ИК.

1 Модель ИК и исходные данные

Предложенная модель оценки ИК основана на трехкомпонентной структуре, предложенной в 2007г. американским экономистом Т. Стюартом. В данной структуре интеллектуальный капитал представлен тремя составляющими: человеческим, структурным и потребительским капиталом [2].

В рамках предложенной модели функция оценки ИК компаний имеет следующий вид

$$F(X) = \sum_{i=1}^{3} f_i(C, X), \quad (1)$$

где $C = (c_i, i \in [1:9]) \in R^9$ - вектор факторов; функции $f_i(C, X)$ формализуют денежные эквиваленты человеческого, организационного и потребительского капитала и равны соответственно

$$f_1(C, X) = (c_2 + c_5 + c_6 + c_7)x_1 + (c_1^{-1} + c_2 + c_4 + c_5 + c_7^{-1})x_2,$$
$$f_2(C, X) = (c_2 + c_3 + c_5 + c_6)x_3,$$
$$f_3(C, X) = (c_1^{-1} + c_2 + c_4 + c_8^{-1} + c_9^{-1})x_4 + (c_4 + c_6 + c_9^{-1})x_5.$$

Смысл компонент векторов *C*,*X*раскрывается в таблице 1.

Таблица 1 - Компоненты, влияющие на ИК компании

Внешние факторы			
- Возраст существования на рынке (c_1) - *KEI* образование (c_2) - *KEI* инновации (c_3) - *KEI*технологии (c_4)			
Внутренние факторы	**Человеческий капитал**	**Организационный капитал**	**Потребительский капитал**
Финансовые	- Расходы на оплату труда (x_1) - Затраты на формирование корпоративной культуры (x_2)	- Инвестиции в НИОКР (x_3)	- Затраты на рекламу (x_4) - Затраты на маркетинговые исследования (x_5)
Нефинансовые	- Квалификация топ-менеджмента (c_5) - Средний уровень образования в компании (c_6) - Средний стаж работы в компании (c_7)		- Цитируемость сайта (c_8) - Бренд (c_9)

2 Постановка задачи

Поставим задачу оптимизации интеллектуального капитала как задачу многомерной условной оптимизации

$$\max_{X \in \Omega} F(X) = F(X^*), \quad (2)$$

где $X = (x_1, x_2, x_3, x_4. x_5) \in R^5$ - вектор нормализованных варьируемых параметров, компоненты которого имеют смысл статей расходов (таблица 1); $F(X)$ - скалярная целевая функция – интеллектуальный капитал компании; Ω – множество допустимых значений компонентов вектора *X*. Нормализацию компонентов вектора *X*выполняем по правилу

$$x_i = \frac{x_i}{D} \in [0;1], \quad i \in [1:5],$$

где D – общая сумма денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал.

В качестве целевой функции выступает функция оценки интеллектуального капитала

$$F(X) = \sum_{i=1}^{3} f_i(C, X),$$

структура которой была приведена в предыдущем разделе.

Компоненты вектора *C*полагаем тем или иным образом нормализованными, так что $c_i \in [0;1]$ для всех $i \in [1:9]$. Например, компоненту c_1 естественно определить в виде $c_1 = \frac{c_1}{n - 1896}$, где знаменатель - возраст самой старой ИТ-компании (*n*– текущий год).

Множество Ω удовлетворяет ограничениям

$$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1, \quad (3)$$

$$0,9x_1^0 <= x_1 <= 1,1x_1^0, \quad (4)$$

$$0,5x_i^0 <= x_i <= 1, \; i = 2...5, \quad (5)$$

где $x_i^0, i = 1...5$ – доля *i*-той финансовой переменной в общей сумме денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал (*D*) на момент исследования; $x_i, i = 1...5$ – доля *i*-той финансовой переменной в*D*, полученная путем оптимизации целевой функции (2).

Ограничение (3) имеет смысл равенства общей суммы денег, вкладываемых в интеллектуальный капитал, величине *D,* с учетом того, что слагаемые $x_i, i \in [1:5]$ являются нормализованными.Неравенства (4), (5) имеют смысл предпочтительных ограничений на изменение финансовых переменных.

Для решения задачи оптимизации используем канонический популяционный алгоритм роя частиц (ParticleSwarmOptimization, PSO).

3 Канонический алгоритм роя частиц

Метод оптимизации роем частиц был впервые предложен в 1995 году Джеймсом Кеннеди и Расселом Эберхартомдля графического моделирования хореографии стаи птиц, в дальнейшем он был развит для различных прикладных задач.

Множество частиц обозначаем $S = [s_i, i \in [1:|S|]]$, где $|S| = 80$ – число частиц в рое S. Координаты частицы s_i в момент времени t определяет вектор $X_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, ..., x_{i,|X|})$, а ее скорость – вектор $V_i = (v_{i,1}, v_{i,2}, ..., v_{i,|X|})$. В момент времени $(t+1)$ координаты частицы

s_i определяются вектором $X'_i = (x'_{i,1}, x'_{i,2}, ..., x'_{i,|X|})$. Начальные координаты частицы s_i равны $X_i(0)$; $i \in [1:|S|]$.

Для вычисления нового положения и скорости частицы на каждой итерации алгоритма в алгоритме *PSO* используют формулы

$$X'_i = X_i + V_i,$$

$$V_i = b_l V_i^- + U_{|X|}(0; b_C) \oplus (X_i^* - X_i) + U_{|X|}(0; b_S) \oplus (X_i^{**} - X_i).$$

Здесь приняты следующие обозначения: $\oplus$ – символ прямого произведения векторов; b_l, b_C, b_S – свободные параметры алгоритма; $V_i^- = V_i(t-1)$ – вектор скорости частицы, полученный на предыдущей итерации; X_i^* – вектор координат частицы s_i, соответствующий ее наилучшему значению фитнес-функции за время поиска $[0; \hat{t}]$; X_i^{**} – вектор координат соседней с данной частицы с наилучшим значением приспособленности за время поиска $[0; \hat{t}]$, где $\hat{t}$ – текущий момент времени; $U_{|X|}(a;b)$ – n-мерный вектор псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в интервале $[a;b]$. Рекомендуемые значения свободных параметров алгоритма равны $b_l = 0{,}7298$, $b_C = b_S = 1{,}49618$ [3].

Все необходимые данные об исследуемых компаниях, полученные из открытых источников, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Исходные данные для исследования для компаний *Mail.ruGroup*и *Google*(2014г.)[4]

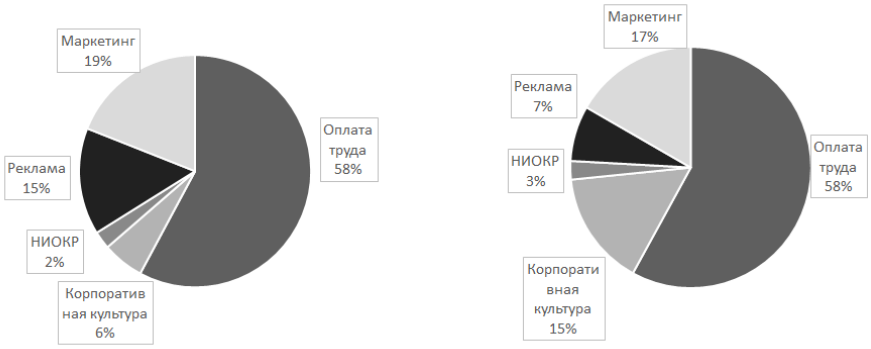
Внешние переменные				
	Возраст компании (c_1)	KEI образование (c_2)	KEI инновации (c_3)	KEI технологии (c_4)
Mail.ru Group	16	0,679	0,693	0,716
Yandex	17	0,679	0,693	0,716
Нефинансовые переменные				
	Квалификация топ-менеджмента (c_5)	Средний уровень образования (c_6)	Средний стаж работы (c_7)	Цитируемость сайта (c_8)	Бренд (c_9)
Mail.ru Group	0,2	0,55	0,35	0,8	0,1
Yandex	0,7	0,85	0,47	0,8	0,1
Финансовые переменные					
	Оплата труда (x_1), дол. США	Инвестиции в корпоративную культуру (x_2), дол. США	Инвестиции в НИОКР (x_3), дол. США	Затраты на рекламу (x_4), дол. США	Затраты на маркетинг (x_5), дол. США
Mail.ru	70 000 000 $x_1^0 = 0{,}579$	70 000 000 $x_2^0 = 0{,}058$	3 000 000 $x_3^0 = 0{,}025$	18 000 000 $x_4^0 = 0{,}149$	23 000 000 $x_5^0 = 0{,}190$
Yandex	170000 000 $x_1^0 = 0{,}366$	46000 000 $x_2^0 = 0{,}099$	54000 000 $x_3^0 = 0{,}116$	34000 000 $x_4^0 = 0{,}073$	160000 000 $x_5^0 = 0{,}345$
Значение ИК					
Mail.ru	$F(X) = 7{,}797$				
Yandex	$F(X) = 7{,}869$				

4 Результаты работы алгоритма

В таблице 3 представлены результаты работы алгоритма. На рисунках 1, 2представлены диаграммы, отражающие распределение финансов компании по нематериальным активам в 2014 году и оптимальное распределение финансов, полученное в результате работы алгоритма.

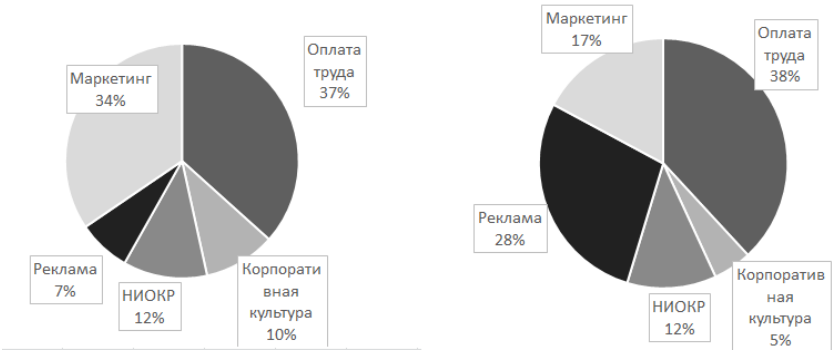
Таблица 3 - Результаты работы алгоритма для компаний *Mail.ruGroup*и *Yandex*

Mail.ru	*Yandex*
$x_1 = 0.549, x_2 = 0.070, x_3 = 0.025,$ $x_4 = 0.261,\ x_5 = 0.095$	$x_1 = 0.381, x_2 = 0.050, x_3 = 0.116,$ $x_4 = 0.281,\ x_5 = 0.172$
$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1$	$\sum_{i=1}^{5} x_i = 1$
$F(X) = 10.234$	$F(X) = 11.675$



а) б)

Рис. 1. Данные компании *Mail.ruGroup*: а) реальные значения за 2014г.; б) значения, доставляющие максимальную оценку ИК (результат работы программы)



а) б)

Рис. 2. Данные компании *Yandex*: а) реальные значения за 2014г.; б) значения, доставляющие максимальную оценку ИК (результат работы программы)

Из диаграммы (а) обеих компаний видно, что компании преимущественно вкладывают деньги в оплату труда сотрудников, поэтому можно сделать вывод о том, что компании пытаются увеличить свой интеллектуальный капитал за счет повышение моральной удовлетворенности сотрудников. Однако средняя трата одного человека в компании *Yandex*больше, чем в *Mail.ru*.Также значительная часть средств вкладывается в маркетинговые исследования для поддержания конкурентоспособности компании на рынке. Обе компании вкладывают небольшой процент денег на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки.

Диаграмма (б) компании *Mail.ruGroup* показывает, чтомаксимальное значение ИК достигается путем увеличения затрат на корпоративную культуру и НИОКР за счет снижения затрат на маркетинг и рекламу.

В случае компании *Yandex* для увеличения показателя ИК рекомендуется значительно увеличить затраты на рекламу.

Для обеих компаний процент затрат на оплату труда изменяется слабо либо не изменяется. Отчасти это происходит из-за предъявления более жестких требований (4) к данному параметру.

Заключение

Оценка интеллектуального капитала компании в наше время является перспективным направлением экономики и одновременно сложной задачей, которая до сих пор полностью не изучена. Основная сложность заключается в оценке влияния на успешность компании различных нематериальных показателей и составление модели ИК для последующей оптимизации.

В данной работе был предложен вариант модели оценки ИК и показано, как современные методы оптимизации можно использовать для содействия предпринимателям при принятии решения о дальнейшем развитии компании.

Литература

1. Лукичева Л.И. Менеджмент интеллектуального капитала: теория и практика: учебник для магистров / Л.И. Лукичева, Ю.А. Еленева, Е.В. Егорычева. – М. : Издательство “Омега-Л”, 2014. – 323 с.
2. Shakina E., Barajas A. The relationship between intellectual capital quality and corporate performance: an empirical study of Russian andEuropean companies // Economic Annals. 2012. № 192. P. 79-97.
3. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 446 с.
4. Соколянский В.В., Каганов Ю.Т., Волосникова М.С., Ишимцев В.И.: Оптимизация параметров интеллектуального капитала на основе искусственной иммунной системы на примере ИТ-сектора // Естественные и технические науки. – 2015. – №6 (84). – С. 106-111.

СЕКЦИЯ 2

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Читальный зал преподавателей (ауд.278), гл. корпус МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Начало в 10.00.

ГЕОМЕТРИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МПП

Антонова Д.О.
Научный руководитель: Соловьев В.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

ANALYSIS OF THERMAL MODE ELECTRONIC EQUIPMENT

Antonova D.O.
Supervisor: Soloviev V.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация:
Данная статья посвящена анализу тепловых режимов электронной аппаратуры. Основное внимание уделено нормальному и регулярному тепловым режимам электронной аппаратуры. Проанализированы теплопроводящие материалы, используемые для улучшения теплоотвода от элементов электронного устройства. Выявлены методы расчета теплового режима работы электронных устройств.

Abstract:
This article is devoted to analysis of thermal conditions of the electronic equipment. Emphasis is placed on the normal and regular thermal mode of the electronic equipment. Analyzed thermally conductive material for improving heat removal from the electronic device elements.Identified methods of calculating the thermal regime of the electronic devices.

Введение

Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры в значительной степени определяют надежность ее работы. Микроминиатюризация устройств электроники привела к необходимости еще больше обращать внимание на тепловые режимы аппаратуры.

Развитие многих радиоэлектронных комплексов характеризуется включением в их состав теплонагруженных электронных компонентов. Такими компонентами могут быть мощные транзисторы, применяемые в усилителях, различные преобразователи напряжения, процессоры, аналого-цифровые преобразователи, программируемые микросхемы и многое другое. Работа таких элементов часто проходит в условиях значительных внешних тепловых воздействий, при этом их параметры должны оставаться в заданных пределах. Продолжительной, устойчивой работы радиоэлектронной аппаратуры с такими элементами можно добиться, создав им необходимые температурные условия.

Температурные условия теплонагруженных элементов обеспечиваются системами охлаждения. Можно выделить 3 основных способа их охлаждения: естественное охлаждение (конвекция), принудительное воздушное охлаждение, и жидкостное охлаждение.

Базовые принципы проектирования и применения систем охлаждения вычислительной аппаратуры изложены в [1 - 3]. В [4] рассмотрены методики расчетов теплового режима блоков электронной аппаратуры и их программная реализация. Учет теплового критерия является важным факторов при проектировании высоконадежных сенсорных систем [5]. Вопросам бесконтактного теплового контроля электронной аппаратуры посвящены работы [6 -10]. Применимость бесконтактного теплового контроля для изделий электронной промышленности и его достоинства подтверждены экспериментально.

При производстве электронной аппаратуры вопросам ее испытаний на воздействие тепловых факторов уделяется первостепенное значение [11]. Многие типовые дефекты электронных устройств, выявляются тепловым методом контроля.

В [12] рассмотрена методика проведения тепловых испытаний и реализации на ее основе лабораторных работ по исследованию температурных режимов функционирования ЭА. Рассмотрены тепловые режимы работы блока охлаждения РЭС при различных системах охлаждения. Данная методика направлена на выявление достоинств и недостатковисследуемых методов охлаждения электронной аппаратуры и анализ его основных свойств. С течением времени изменялась элементная база, появлялись новые конструктивные и технологические возможности по мониторингу температурных режимов и их управлению. Это обусловило актуальность модификации методики адаптивного управления температурными режимами ЭВА в форсированных режимах и ее экспериментальной отработки (в том числе в рамках лабораторных работ). В [13] приведены методики расчетов тепловых режимов блоков ЭВА и РЭА, которые реализуются программным обеспечением инженерных методов теплофизического конструирования. Возможные варианты тепловых схем, которые могут быть реализованы в процессе создания блоков электронной аппаратуры, представлены в обобщенном алгоритме, которым надо следовать при выполнении проектных процедур. Этот алгоритм позволяет учесть все конструктивные характеристики блоков и дискретных элементов, а также реально встречающиеся условия воздействия на них окружающей среды.

В работе [14, 15] приведены конкретные практические методики по расчету радиаторов, даны рекомендации по выбору радиаторов для изделий РЭС и ЭВС, приведена методика расчета, даны рекомендации по применению. В работах [16 - 19] раскрыты вопросы автоматизации моделирования тепловых полей при естественном и принудительном воздушном охлаждении.

Данная статья обобщает и развивает ранее накопленный опыт по учету тепловых критериев при проектировании и адаптивном управлении температурными режимами функционирования электронной аппаратуры. Основное внимание уделено анализу тепловых режимов электронной аппаратуры на примере персональных вычислительных систем.

1 Механизмы теплообмена и способы охлаждения в электронной аппаратуре

Перенос тепла внутри блока электронной вычислительной аппаратуры посредством трех различных механизмов: теплопроводности, конвекции и излучения (рисунок 1.1).

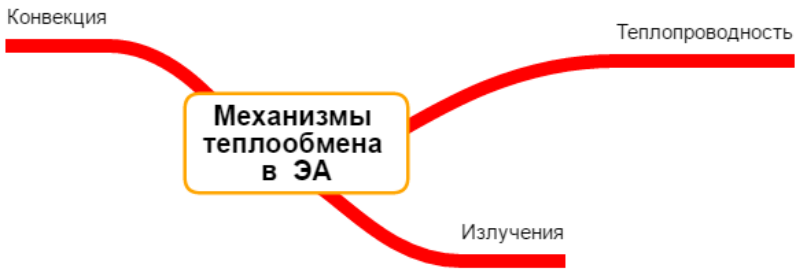


Рисунок 1.1 – Механизмы теплообмена в электронной аппаратуре

Конвекция – теплопередача, обусловленная перемещением массы жидкости из области с высокой температурой в область с более низкой температурой [20].

Теплопроводность – передача тепла в твердых телах, вызванная разностью температур отдельных участков тела и осуществляющаяся с помощью электронов проводимости (в металлах) или за счет колебаний кристаллической решетки (в диэлектриках)[20].

Излучение – теплообмен, зависящий от температуры излучающего и облучаемого тела и оптических свойств этих тел [20].

Способы охлаждения электронной аппаратуры можно разделить на 5 групп, которые представлены на рисунке 1.2.

Рисунок 1.2 –Способы охлаждения ЭА

В таблице 1.1 подробно описаны способы охлаждения электронной аппаратуры[19].

Таблица 1.1 – Описание способов охлаждения электронной аппаратуры.

№	Название способа	Описание
1	Естественное воздушное охлаждение	Наиболее простой, надежный и дешевый способ охлаждения ЭА, не требующий затрат дополнительной энергии. Но интенсивность данного способа охлаждения невелика, по этой причине он используется при небольших удельных мощностях рассеивания q (q<0.2 Вт/$см^2$).
2	Принудительное воздушное охлаждение	При невысокой стоимости и относительной простоте обеспечивает нормальный тепловой режим при более высоких удельных мощностях рассеивания (q<1 Вт/$см^2$).
3	Естественное жидкостное охлаждение	Заключается в погружении их в бак с жидкостью.
4	Принудительное жидкостное охлаждение	Применяется при высоких удельных мощностях рассеивания (q<20 Вт/$см^2$). Заключается в прокачке жидкости через электронную аппаратуру.
5	Испарительное охлаждение	Позволяет отводить большие потоки тепла (q<200 Вт/$см^2$). Охлаждаемый элемент или погружается в жидкость или жидкость прокачивается через электронную аппаратуру, но при этом происходит интенсивный процесс парообразования.

Эффективность того или иного способа охлаждения определяется интенсивностью протекающих процессов теплообмена. При этом, чем интенсивнее теплообмен, тем эффективнее способ охлаждения. При охлаждении электронной аппаратуры, представленной системным блоком персонального компьютера принято решение об принудительном жидкостном охлаждении для того, чтобы проанализировать эффективность данного способа.

2 Нормальный тепловой режим электронной аппаратуры

По целому ряду причин вопрос обеспечения теплового режима является одним из главных при конструировании электронного средства. Такими причинами являются:

– энергетический коэффициент полезного действия радиоэлементов;

– комплексная микроминиатюризация электронных средств приводит к значительному росту удельной мощности тепловыделения.

В общем случае под тепловым режимом понимают пространственно- временное распределение температуры внутри и на поверхности изделия, обусловленное внутренними и внешними источниками тепла.

Совокупность температур всех элементов, их которых собран радиоэлектронный аппарат, т. е. его температурное поле, характеризует тепловой режим аппарата. Все элементы, из которых состоит электронное средство, должны работать в нормальном тепловом режиме [19].

Тепловой режим отдельного элемента считается нормальным, если выполняются два условия:

– температура элемента в условиях эксплуатации заключена в пределах, ограничивающих диапазон температур, допустимых для данного элемента;

– температура элемента такова, что будет обеспечена его работа с заданной надежностью.

Обеспечение нормального теплового режима является одной из главных задач, решаемых при проектировании электронной аппаратуры. Для решения этой задачи принимается ряд мер:

– выбирают определенные типы элементов в зависимости от условий эксплуатации аппаратуры;

– уменьшают мощности рассеяния элементов; вводят в аппаратуру специальные нагреватели,

– разогревающие ее при отрицательныхтемпературах среды;

– применяют рациональное размещение элементов, узлов и блоков;

– выбирают форму и размеры отдельных конструктивных составляющих, термостатические узлы и блоки;

– применяют специальные средства охлаждения отдельных элементов и электронного устройства в целом.

Тепловой режим блока электронной вычислительной аппаратуры характеризуется совокупностью температур отдельных его точек – температурным полем Для описания всех трех видов теплообмена можно использовать следующее соотношение:

$\Phi = aSDt$(1) , где $\Phi -$ тепловой поток, Вт; $a -$ коэффициент теплоотдачи Вт $/(м^2 * К)$; S – площадь поверхности теплообмена, $м^2$; Dt–перепад температур между двумя изотермическими поверхностями в теле или между двумя телами, К [22].

3 Регулярный тепловой режим электронной аппаратуры

Для того, чтобы ввести понятие регулярного теплового режима рассмотрим процесс охлаждения (нагрева) в среде с постоянной температурой произвольного по форме однородного и изотропного тела, начальное распределение температур в котором в начальный момент времени $\tau = 0$, задано известной формулой функцией координат f(x,y,z,0)=T_0. В целях упрощения записи будем, не уменьшая общности, считать температуру окружающей среды $T_f = const$.Уравнение теплопроводности в безразмерных переменных записывается как:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial F_0} = \nabla^2 \Theta \ (2),$$

где $\Theta = \frac{T - T_f}{T_0 - T_f}$ – безразмерная температура, Т–текущая температура тела, T_f – температура среды, T_0- начальная температура тело, F_0- число Фурье.

Решением данного уравнения при изложенных выше условиях является ряд вида:

$$\sum_{n=1}^{\infty} A_n \varphi_n \exp(-m_n F_0) \quad (3),$$

где $\varphi_n = \varphi_n(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, Bi)$ (где Bi – число Био), а A_n зависит от начальных условий. Рассматриваяповедение данного ряда с течением времени (т.е. с ростом F_0), приходим к выводу, что члены $m_1, m_2 \ldots m_n$ убывают во времени, причем с неодинаковой скоростью. Члены высших порядков убывают быстрее и через некоторое время становятся пренебрежимо малы. Поэтому температура в любой точке тела задолго до достижения им температуры окружающей среды будет определяться первым членом ряда, то есть простому экспоненциальному закону:

$$\Theta = A_1 \varphi \exp(-m_1 F_0) \quad (4).$$

Момент, когда изменение температуры всех точек тела можно считать следующим этому простому закону, называют началом *регулярного*, то есть упорядоченного режима. В зависимости от характера изменения температуры окружающей среды T_f во времени различают *регулярные режимы* трех родов: регулярный режим первого рода, регулярный режим второго рода и регулярный режим третьего рода [23].

4 Обеспечение теплового режима работы и выбор метода расчета теплового режимаэлектронной аппаратуры

На данный момент электронные устройства, в частности электронная вычислительная техника, такая как персональные компьютеры, в большинстве совмещают в себе мощное вычислительное ядро и мощные каналы управления исполнительными устройствами. Таким образом, существенные рабочие мощности электронного устройства приводят к его разогреву. Тепловое сопротивление компонентов электронных устройств (кристалла, подложки, основания, радиатора), как правило, мало, поэтому основной задачей обеспечения теплового режима работы устройства это снижение теплового сопротивления переходных слоев [24].

Слои условно можно разделить на три основных теплопроводящих уровня:

1. кристалл – подложка;
2. подложка – основание;
3. основание – радиатор.

На рисунке 4.1 представлено распределение тепла и основные теплопроводящие уровни электронного средства.

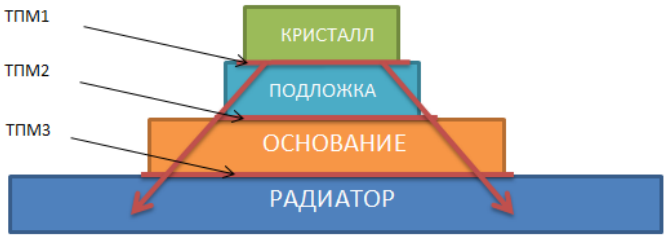


Рисунок 4.1 –Распределение тепла элемента электронного устройства

ТПМ – теплопроводящие материалы для разных уровней применяются разные. В таблице 4.1 описаны ТПМ 3-х теплопроводящих уровней.

Таблица 4.1 – Теплопроводящие уровни элемента электронного устройства

№ Уровня	ТПМ	Теплопроводность, Вт/мК
1	Теплопроводящие клеи, припои	30 - 100
2	Припои, тепловые пружины, жидкие металлы	15 - 86
3	Теплопроводящие пасты, силиконовые клеи, подложки, заливочные компаунды, гели	0,5 - 7

Таким образом, можно выделить 5 основных видов теплопроводящих материалов, использующихся для теплоотвода от нагревающегося электронного компонента:

– теплопроводящие пасты;
– теплопроводящие клеи-герметики;
– теплопроводящие гели и заливочные компаунды;
– теплопроводящие подложки;
– низкотемпературные сплавы.

Реальное электронное средство в теплофизическом отношении представляет собой сложную систему с большим количеством источников тепла с границами неправильной формы. Так как полную систему уравнений для реального устройства часто невозможно решить, принимают ряд упрощающих предпосылок и в результате получают тепловую модель электронного средства, для которой и проводят расчет теплового режима.

Наиболее известные упрощения:

– замена сложной по форме нагретой зоны конструкции устройства прямоугольным параллелепипедом;
– учитываются только основные, вносящие наибольший вклад в теплообмен способы переноса энергии.

Точность исследования температурного режима также определяется степенью детализации конструкции. Например, можно принять весь пакет печатных плат, которые содержит блок электронного устройства, в качестве одной нагретой зоны. Тогда можно определить среднеповерхностную температуру нагретой зоны, используя достаточно простые коэффициентные методы расчета.

Если температура отдельной платы значительно отличается от температуры пакета плат, распложенного в центре пакета, то для описания тепловых процессов необходимо использовать систему неоднородных алгебраических уравнений, составленных на основе закона сохранения энергии:

$$\Theta_i - \Theta_k = F_{i,k\Phi k}\ (5) \text{ или } \Theta_k - \Theta_i = F_{k,i\Phi i}\ (6),$$

где Φk – перенос тепловой энергии от изотермической поверхности с температурой Θ_k к изотермической поверхности с температурой Θ_i. Структура же коэффициента пропорциональности $F_{i,k}$ зависит от существующих в каждом конкретном случае способов переноса тепловой энергии. Тогда тепловой режим блока будет рассчитываться по *методуизотермических поверхностей*[25].

Если нужны более точные результаты расчета теплового режима, то следует пользоваться *методом однородного тела.* Тогда тепловая модель блока получается при представлении нагретой зоны в виде анизотропного тела, свойства которого характеризуются эффективными значениями коэффициентов теплопроводности λи теплоемкости С и тепловые процессы будут описываться дифференциальным уравнением в частных производных вида:

$$\lambda_x \frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} + \lambda_z \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Z^2} = F(\Phi_u, C)\ (7),$$

где, Φ_u – удельная мощность внутренних источников теплоты.

Данное дифференциальное уравнение должно будет решаться с учетом нелинейных условий на границе нагретого тела. Сложность записи и решения уравнения (7) ограничивают применение данного метода.

Заключение

В ходе проведенного анализа тепловых режимов электронной аппаратуры были выявлены основные причины обеспечения теплового режима для электронного средства. Были рассмотрены классификации механизмов теплообмена в электронной аппаратуре. Также определены условия, при которых тепловой режим считается нормальным. Проведен анализ методов расчета теплового режима электронной аппаратуры. Выявлены упрощения, которые позволяют рассчитать тепловой режим работы электронного устройства.

Литература

1. Билибин К.И., Власов А.И., Журавлева Л.В. и др. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. Учебник для вузов - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2005. 568 с. Сер. "Информатика в техническом университете" (Издание второе, переработанное и дополненное).
2. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И СИСТЕМ. Учебник для втузов по специальности «ЭВМ» и «Конструирование и производство ЭВА» - Москва, Изд-во Высшая школа. 1986. 512 с.
3. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачов В.П. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. Учебное пособие для вузов - Москва, Изд-во Радио и связь. 1989. 272 с.
4. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2014. 165 с.
5. Андреев К.А., Власов А.И., Камышная Э.Н., Тиняков Ю.Н., Лавров А.В. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВКИ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ ПО ТЕПЛОВОМУ КРИТЕРИЮ // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 6 (18). С. 51.
6. Панфилова С.П., Власов А.И., Гриднев В.Н., Червинский А.С. БЕСКОНТАКТНЫЙ ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2007. № 6 (72). С. 42-49.
7. Панфилова С.П., Власов А.И., Гриднев В.Н., Червинский А.С. БЕСКОНТАКТНЫЙ ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ // Производство электроники. 2007. № 3. С. 25-30.
8. Гриднев В.Н., Сергеева М.Д., Чебова А.И. ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ЯЧЕЕК // Контроль. Диагностика. 2014. № 8. С. 57-66.
9. Семенцов С.Г., Гриднев В.Н., Сергеева Н.А. ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2016. № 1 (106). С. 3-14.
10. Семенцов С.Г., Гриднев В.Н., Сергеева Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ТЕПЛОВИЗИОННЫМИ МЕТОДАМИ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. № 2. С. 6-10.
11. Еланцев А.В., Маркелов В.В. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1990. 52 с. Том 1: Испытание электронной аппаратуры.

12. Еланцев А.В., Курбанмагомедов К.Д., Маркелов В.В., Набиуллин А.Н. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1992. 78 с. Том 2: Анализ и обеспечение контроле- и тестопригодности ЭА.
13. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Усачев В.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА ОХЛАЖДЕНИЯ РЭС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ. Учебное пособие по курсу «Конструирование РЭС» - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1991.20 с.
14. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС И ЭВС. Том 8. Расчет радиаторов - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2003. 28 с.
15. Парфенов Е.М., Фролов А.В. РАСЧЕТЫ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БЛОКОВ РЭА И ЭВА НА МИКРОСХЕМАХ И ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1980. 34 с.
16. Чеканов А.Н., Маркелов В.В., Кадыков Г.Г. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ И ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОНВЕКЦИИ. - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1983. 35 с.
17. Парфенов Е.М., Костиков В.Г., Буренин В.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ТЕПЛООБМЕНА И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ: ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭС. Учебное пособие. - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1991. 36 с.
18. Захаржевский С.Б., Курносенко А.Е. РАСЧЕТ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В САПР CREO. Учебное пособие для студентов по направлению «Конструирование и технология электронных средств» - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2013. 56 с.
19. Дульнев Г.Н., Тарновский Н.Н. ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. Учебное пособие для студентов высших технических заведений. «Энергия», 1971. с. 248 с ил.
20. Дульнев Г.Н. ТЕПЛО-ИМАССОБМЕНВРАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ. Учебник для вузов по специальности «Конструирование и производство радиоаппаратуры». Москва, издательство Высшая школа, 1984. 247с.
21. Антонова Д.О. Анализ систем жидкостного охлаждения электронной аппаратуры // Молодой ученый. – 2016. - №27. – с. 36-41.
22. Тепловой режим РЭА [Электронный ресурс] // http://studopedia.su/13_104835_teplovoy-rezhim-rea.html– Дата обращения 13.02.2017.
23. Регулярные тепловые режимы [Электронный ресурс] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Регулярные_тепловые_режимы– Дата обращения 13.02.2017.
24. Обеспечение теплового режима работы электронных приборов [Электронный ресурс] // http://www.ostec-materials.ru/tech_lib/technology/obespechenie-teplovogo-rezhima-raboty-elektronnykh-priborov.php - Дата обращения 13.02.2017.
25. Лопаткин А.В. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РЭС. Метод. Указания к лабораторной № 4./НГТУ, каф. КиТР. Н.Новгород. 1996. 23с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОВОДЯЩЕГО РИСУНКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Кондаков Н.А., Казаков В.В.
Научный руководитель: Цивинская Т.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

ANALYSIS OF MANUFACTURING TECHNOLOGY CONDUCTIVE PATTERN CIRCUIT BOARDS

Kondakov N.A., Kazakov V.V.
Supervisor: Tsivinskaya T.A.
MSTU named after N.E. Bauman, IU4 department, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье рассматриваются технологии изготовления проводящего рисунка печатных плат методами лазерно-утюжной технологии (ЛУТ), фотолитографии, фрезерования и лазерной гравировки. Проведен сравнительный анализ результатов эксперимента изготовления проводящего рисунка печатных плат данными методами и экспериментально выявлены достоинства и недостатки каждого из них.

Abstract
This article discusses the production of a conductive pattern printed circuit board technology based on laser-technology of the iron (LUT) photolithography, milling and laser engraving. Analysis of manufacturing a conductive pattern of the experimental results of printed circuit boards by these methods.

Введение

В производстве печатных плат разработано множество различных технологических методов получения проводящего рисунка [1], которые отличаются друг от друга природой воздействия на заготовки. В зависимости от масштабов производства стоит выбирать тот или иной метод [2-5] для большей эффективности и экономии средств. С целью экономии времени на разработку оптимального технологического процесса необходимо иметь сведения комплексного анализа доступных вариантов изготовления печатных плат.

В рамках данной работы были рассмотрены такие технологии, как лазерно-утюжная технология, фотолитография, фрезерование и лазерная гравировка. Был проведен эксперимент, по результатам которого было получено сравнение этих методов.

Лазерно-утюжная технология (ЛУТ)

Данный метод был экспериментально разработан радиолюбителями, которые стремились облегчить производство печатных плат в бытовых условиях.

Основная идея заключается в переносе шаблона проводящего рисунка на поверхность печатной платы с бумаги горячим прессованием. Шаблон печатается на лазерном принтере и накладывается на очищенную поверхность заготовки. Далее разогретым до высокой температуры утюгом прижимается к текстолиту. Тонер, находящийся на бумаге, под воздействием высокой температуры и давления, переносится на заготовку на поверхность фольги фольгированного стеклотекстолита. После чего производится травление меди с поверхности незащищённой тонером в специальном растворе.

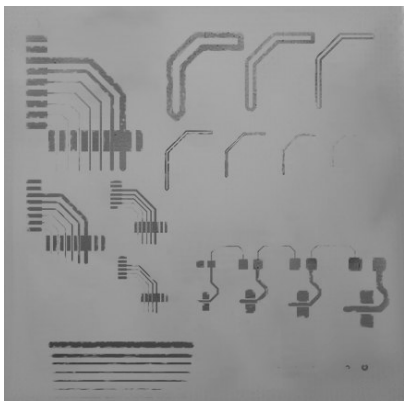


Рис. 1. Печатная плата, полученная методом ЛУТ

На полученной плате (рисунок 1) видно, что начиная с 5-ого класса точности видны нарушения целостности проводников. Это вызвано отслоением тонера от поверхности платы во время травления из-за недостаточной адгезии материала тонера с поверхностью меди заготовки.

Фотолитография — метод получения определённого рельефного рисунка на поверхности материала с помощью фотографических и химических процессов. Цель фотолитографии вполупроводником производстве и при изготовлении печатных плат получение с высокой точностью рельефа по заданному рисунку в нанесённом на подложку тонкоплёночном покрытии или непосредственно на подложке (1). Суть процесса фотолитографии сводится к тому, что вначале на обрабатываемую поверхность наносится тонкая фоточувствительная полимерная пленка (фоторезист). Затем эта пленка засвечивается через фотошаблон с заданным рисунком. Далее проэкспонированные участки удаляются в проявителе. Получившийся на фоторезисте рисунок используется для эффективной защиты металлизации электрической схемы печатной платы при удалении фольги методом травления в химическом растворе с целью получения рисунка электрической схемы на изоляторе – стеклотекстолите.

Основным требованием, предъявляемым к процессу фотолитографии, является чрезвычайно высокая точность нанесения рисунка, минимальные размеры элементов которого (ширина полосы, диаметр отверстий) достигают 2 ÷5мкм и соответственно точность их должна быть не менее 0,2 ÷ 1мкм. Другое важное требование состоит в том, чтобы число дефектов, вносимых фотолитографией, было минимальным. Несовершенство применяемых при фотолитографической обработке материалов и технологических операций вызывает в обрабатываемом тонкоплёночном покрытии микродефекты размерами от долей микрометра до нескольких десятков микрометров, которые могут служить путями для проникновения раствора травителя под защитный слой вызывать разрушения слоя металлизации проводников. Также на качество получения электропроводящего рисунка оказывает и подготовка поверхности фольги заготовки. Поверхность слоя меди заготовки предварительно необходимо тщательно очистить, чтобы обеспечить высокие смачиваемость и адгезию фоторезиста.

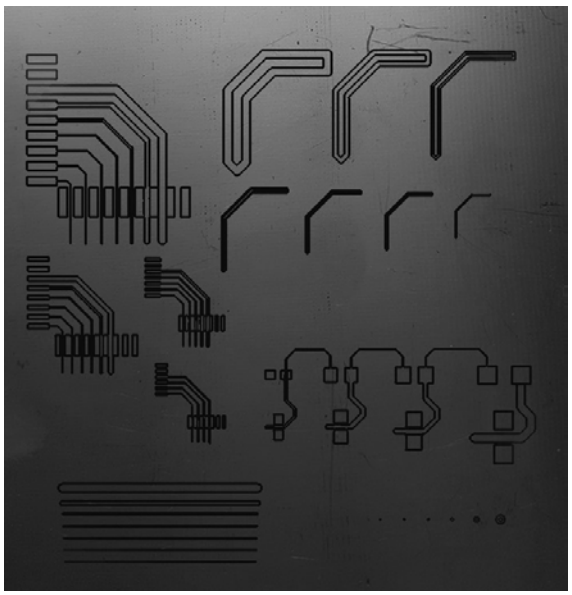


Рис. 2. Печатная плата, полученная методом негативной фотолитографии

На фотографии полученной платы видно, что некорректно протравились зазоры между дорожками. Это вызвано недостаточной длинной волны УФ-излучателя, в связи с чем на стадии проявки не был получен качественный рисунок проводников этих классов точности.

Фрезерование (фрезерная обработка) — это процесс механической обработки, при котором режущий инструмент (фреза) совершает вращательное движение (со скоростью V), а обрабатываемая заготовка — поступательное (со скоростью подачи S).
Данный метод изготовления проводящего рисунка является не стандартным. В основном, фрезерные станки используют только для сверление различных отверстий, а также обработки контура печатной платы.

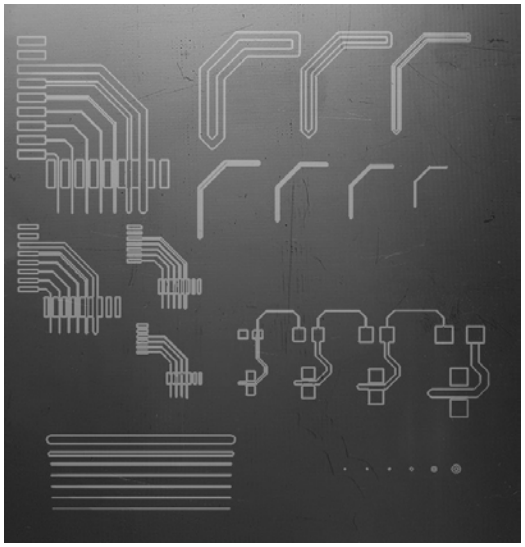


Рис. 3. Печатная плата, полученная методом механической обработки фрезером

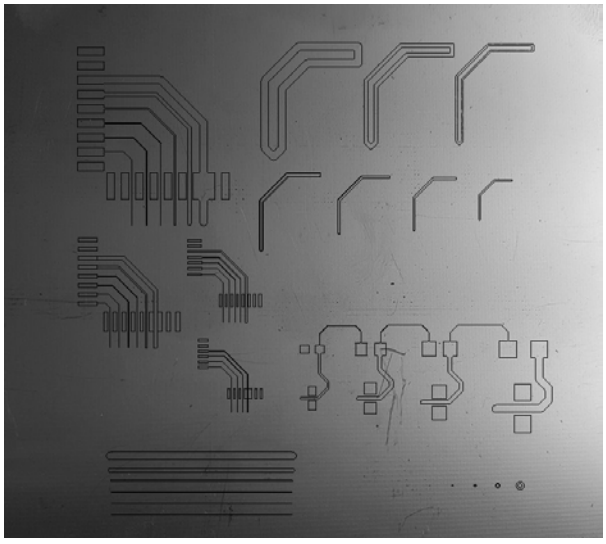


Рис. 4. Печатная плата, полученная лазерной обработкой

На полученной плате (рисунок 3) видно, что проводники даже 7-ого класса точности были получены без разрывов и повреждений, но при этом на текстолите наблюдаются повреждения.

Лазерная гравировка - применяется сравнительно не давно в технологии изготовления печатных плат. Лазерный луч выжигает медь на поверхности заготовки, образуя проводящий рисунок вплоть до 7-ого класса точности. На полученной плате (рисунок 4) видно, что рисунок в точности повторяет шаблон.

Результат эксперимента

Как показал эксперимент, самым точным методом является лазерная гравировка. Предел размеров узких мест и проводников может достигать в теории размера диаметра лазерного луча, который может быть меньше 0,001 мм. Но данный метод подходит для производства печатных плат в штучном количестве, так как при массовом производстве в наше время содержание лазерного оборудования очень дорогостоящее удовольствие.

Производство печатных плат методом ЛУТ подходит для производства заготовок не высокой точности (до 5 класса точности) в домашних условиях. Также качество шаблона зависит от разрешающей способности лазерного принтера и размеров гранул тонера.

Самым экономичным и высокопроизводительным методом изготовления печатных плат (написать точность изготовления плат) является метод фотолитографии. Разрешающая способность зависит от длины волны УФ-излучателя и качества технологии травления медной фольги. Подходит как для штучного, так и для массового крупномасштабного производства.

Производство печатных плат фрезерованием показало довольно качественный результат. Но чем выше класс точности, тем выше стоимость обработки. На данный момент, максимально возможный класс точности изготавливаемых плат достигает 7-ого. Так же на изготовление одной заготовки уходит достаточно много времени. В итоге, данный метод подходит лишь для штучного производства.

Заключение

В данной статье изложены результаты эксперимента в рамках которого были изготовлены печатные платы методами: лазерно-утюжной технологии, фотолитографии, фрезерования и лазерной гравировки с использованием оборудования имеющегося в распоряжении кафедры ИУ-4, с применением технологий на базе современных и качественных материалов. Были изготовлены экспериментальные образцы и проведен их качественный анализ, который поможет проектировщикам производства печатных плат быстро сориентироваться в выборе технологии и соответственно сделать экономически правильный подбор оборудования и помещения для организации производства.

Литература

1. О.К. Мокеев, А.С. Романов «Химическая обработка и фотография в производстве полупроводниковых приборов и микросхем» М., Высшая школа,1985,312стр.
2. Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Ю.И., Филин Г.В. ТЕХНОЛОГИЯ ЭВА, ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ - Москва, Радио и связь. 1984.
3. Гриднев В.Н., Гриднева Г.Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств - Москва, 2014. Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. Сер. «Конструирование и технология электронных средств». Том 2.
4. Арабов Д.И., Власов А.И., Гриднев В.Н., Григорьев П.В. Концепция цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-3 (47). С. 23-34.
5. Миронова Ж.А., Шахнов В.А., Гриднев В.Н. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2014. № 6 (99). С. 61-70.

СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ШУМА

Ванройе Н.К., Стрельников О.М.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Семенцов С.Г.
МГТУ им. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

ACTIVE DAMPING SYSTEMS FOR INDUSTRIAL NOISE

Vanroye N.K., Strelnikov O.M.
Supervisor: Dr., Prof. Sementsov S.G.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе представлены современные тенденции в разработке систем гашения шума, в частности систем активного гашения шума (САГ). Представлена классификация методов и средств гашения влияние полигармонических волновых полей. Рассмотрены основные принципы активного гашения шума. Представлена типовая схема САГ и предъявляемые требования к преобразованию сигнала. Актуальность работы определена необходимостью применения систем активного гашения низкочастотного шума в промышленности.

Annotation
The paper presents the current trends in the development of noise damping systems, in particular systems of active noise cancellation. The basic principles of the method of active noise damping are considered. The classification of methods and means of damping the impact of polyharmonic wave fields. The basic principles of active noise dampening. Presented typical scheme the SAG and the requirements for signal conversion. Actuality of work is determined by the necessity of application of active damping of low-frequency noise in the industry.

Введение

Окружающее пространство индустриальных центров характеризуется многими дестабилизирующими воздействиями, не последнюю роль среди которых играют и акустические шумы. Промышленный ум - это любой нежелательный звук или совокупность звуков, возникающих в процессе производства и мешающих восприятию полезных сигналов, оказывающих вредное или раздражающее действие на организм человека, снижающих его работоспособность.

В самых частых случаях чрезмерный уровень шума оказывает пагубное воздействие на орган слуха: при длительном воздействии и высоком уровне шума у человека возрастает порог слышимости. Влияние шума на сердечно-сосудистую систему проявляется в повышенной заболеваемости людей, чья профессиональная деятельность связана с работой в условиях воздействия интенсивного шума гипертонической болезнью сердца, стенокардией, инфарктом миокарда и др. Согласно исследованиям, заболеваемость инфарктом связана с повышенным уровнем кортизола - гормона, принимающего участие в развитии стрессовых реакций. Воздействуя на нервную систему через орган слуха, и нарушая ее нормальную работу, шум через нервную систему в той или иной мере нарушает нормальное функционирование фактически всех систем и органов организма [1].

Наиболее действенным методом борьбы с таким шумом являются адаптивные системы активного гашения, работающие путем наложения на исходное поле другого поля, инверсного по отношению к гасимому [2]. Разработка простых, дешевых и эффективных индивидуальных систем для решения задач активной компенсации шума востребована на металлургических и трубопрокатных предприятиях, работниками деревообрабатывающей промышленности, строительной отраслью и т.д.

1. Классификация систем гашения шума

На рис. 1 представлена классификация средств защиты от акустических шумов, в частности промышленного шума.

Рис. 1. Классификация средств гашения шума

Применение той или системы гашения шума определяется областью спектра, на которой система наиболее эффективна. На низких частотах, где длина волны велика, системы пассивного гашения в виде перегородок из звукоизоляторов неэффективны или должны быть громоздкими. Для того чтобы получить существенное затухание, толщина поглощающего материала должна быть сравнима с длиной звуковой волны. Так как на практике в большинстве случаев приходится бороться с низкочастотными составляющими шумового спектра со звуковыми волнами длиной в несколько метров, то использование поглощающих материалов в чистом виде в качестве звукоизоляторов не дает значимого эффекта. . Например, частота периодического шума, производимого асинхронным двигателем при частоте вращения его вала $n = 3000$ об/мин составляет 50 Гц. Длина звуковой волны шума двигателя составит $\lambda = 6{,}8$ м, и установка изолирующей перегородки такой толщины является не целесообразным в условиях промышленного цеха.

Для решения проблем гашения низкочастотных шумов применяются средства активного гашения шума. Такие системы работают путем наложения компенсирующего звукового поля на исходный шум. Дополнительное гасящее поле с определенными частотными и пространственными характеристиками создается с применением излучателей звука.

Физический принцип – интерференция звука, лежащий в основе работы САГ открыт в начале XVIII века Томасом Юнгом. Две звуковые волны от разных источников с одной частотой, накладываясь одна на другую, могут образовывать области повышенного и пониженного уровня звука. Если волны распространяются в одном направлении, то, варьируя их параметры, в определенной области можно получить полное гашение распространяющейся звуковой волны.

Известно, что скорость прохождения электрического сигнала в проводнике примерно в 881000 раз больше скорости звука в воздухе. Таким образом, возможна регистрация нежелательного шума на некотором расстоянии от защищаемого объекта и дальнейшее формирование управляющим устройством звукового поля, инверсного исходному. Снижение уровня шумового сигнала создается за счет наложения компенсирующего и исходного звуковых полей.

П. Луегом в 1943 году была запатентована система активного гашения, включавшая блок управления, линии задержки, фазовой коррекции, микрофон и динамик

[3]. Первый прототип САГ разработан Олсоном и Мэем в 1954 году под названием «электронный звуковой абсорбер», который состоял из микрофона, динамика и электронного контроллера, который их соединял. Устройство создавало акустическое давление противоположной по фазе гасимой волне [4] Данный принцип гашения звуковой волны реализован во всех современных системах активного гашения. Термин "активное гашение" означает, что для обеспечения компенсации расходуется энергия, обычно, электрическая, подводимая к динамикам.

Распространяющаяся звуковая волна гасится путем ее смешения с инвертирующей звуковой волной, которая сдвинута по фазе относительно основной на 180°. Принцип активного гашения представлена на рис.2.

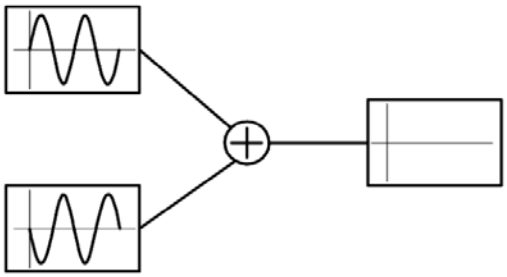


Рис. 2. Принцип активного гашения звуковой волны

САГ делятся на адаптивные и неадаптивные [5-7]. Адаптивные САГ (АСАГ) используют настройку по замкнутому контуру, благодаря чему система настраивается исходя из частоты и амплитуды шумового воздействия.

Существуют разомкнутые и замкнутые АСАГ [5-7]. Для разомкнутых регуляторов свойственно определение их вектора на основе определения текущих значений величин гашения. Такой процесс называется процессом получения недостающей априорной информации. Далее формируется вектор параметров модели корректируемого процесса – в данном случае формирование противофазного сигнала.

В замкнутых АСАГ параметры модели определяются в замкнутом контуре. При этом возможно применение эталонной модели, имитирующей идеальное состояние основной системы. В безэталонных АСАГ параметры регулятора определяются при сведении к нулю сигнала рассогласования.

Более просты в реализации неадаптивные САГ. Принцип их действия заключается в изначальной настройке характеристик (априорной информации) регулятора на основе вычисления экстремума функции условий качества управления. То есть производится настройка системы на наиболее вероятную полосу частот шумовых воздействий.

2. Требования к системам активного гашения шума

На рис.3 представлена обобщенная структурная схема САГ для полигармонических полей. Со звукового генератора ЗГ подается сигнал на основной динамик ДИН. Создаваемое им звуковое давление фиксируется микрофоном МИК, а соответствующий ему уровень звукового давления оценивается измерительным усилителем ИУ. Управляющий сигнал, с помощью которого реализуется принцип активного гашения шума, формируется с помощью фазовращателя и усилителя мощности УМ. Цифровой или аналоговый фазовращатель ФВ осуществляет сдвиг фазы подаваемого со звукового генератора сигнала, что фиксируется осциллографом ОСЦ. Далее усилителем мощности УМ управляющий сигнал регулируется по амплитуде и подается на дополнительный динамик ДОП ДИН.

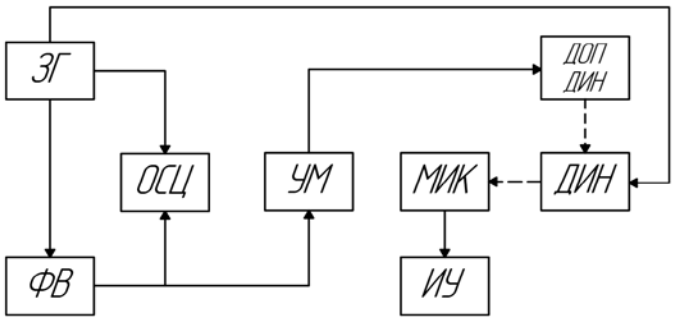


Рис. 3. Структурная схема САГ

Их действие основано на влиянии соотношения активных и реактивных составляющих полного сопротивления цепи на угол сдвига фаз между входными напряжениями.

Для полного гашения шумов необходимо получить точную инвертированную копию основной звуковой волны. При этом малые отклонения амплитуды и фазы гасящей звуковой волны, гашение основного шума от основного источника происходит частично [8-12].

При условии того, что источник чистого тона с частотой ω создает звуковое давление $\mathrm{p_1} = \mathrm{A}\cos\omega t$, полное его гашение может быть достигнуто при звуковом давлении вторичного источника тона $\mathrm{p_2} = -\mathrm{A}\cos\omega t$. Если амплитуда вторичного источника будет составлять B, может достигнуто только частичное гашение. Эффективность гашения шума согласно выражению (1).

$$\Delta L = 10lg\left(\frac{p_1}{(p_1+p_2)}\right)^2 \qquad (1)$$

Значение эффективности зависит от согласованности источников по фазе и по амплитуде. Таким образом, достичь идеального гашения шума можно при условии сдвига по фазе звуковых волн источника шума и противошума $\varphi = 180^o$ и отношении их амплитуд $k = \frac{B}{A} = 1$.

На рис.4 представлены графики выходной акустической мощности, иллюстрирующие их зависимости от согласованности САГ с источником шума по амплитуде и фазе.

График в1 показывает изменение акустической мощности двух источников, если вторичная волна имеет ту же амплитуду, но не согласован по фазе с основным источником.

График в2 показывает изменение акустической мощности, когда фаза и амплитуда вторичной волны согласованы по фазе и амплитуде.

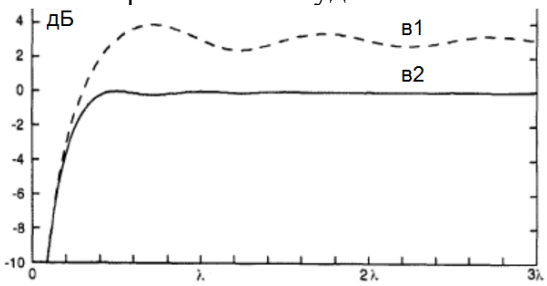


Рис. 4. Графики изменения акустической мощности на различных длинах волн

Таким образом, при полной согласованности амплитуд $(k = 1)$ для получения эффективности $\Delta L > 30$ Дб, значение сдвига фаз должно отличаться от $\varphi = 180^o$ не более, чем на $\Delta\varphi = 2^o$ [8].

Заключение

В данной работе представлены основные принципы работы систем активного гашения шума, рассмотрены основные требования к сформированному подавляющему сигналу – противошуму: согласованность амплитуд источников и идеальная согласованность САГ с гасимым шумом по противофазе.

Системы активного гашения шума являются системами управления в реальном времени и все шире используются для защиты человека и технических систем от интенсивных акустических и вибрационных воздействий (активные системы снижения шума на транспорте, в системах вентиляции, активные системы виброзащиты для высокоточного оборудования и т.д.).

Литература

1. Алексеев С.В, Кадыскин А.В., Суворов Г.А. Шум и шумовая болезнь / Андреева-Галанина Е.Ц.. — Ленинград: Медицина, 1972. — С. 91
2. Власов А.И. Современное состояние и тенденции развития теории и практики активного гашения волновых полей // Приборы. Системы управления. 1997. №12. С.59-70.
3. Власов А.И., Колосков С.В. Волшебство волновых полей // Компьютер в школе. 2000 №3(17) с.16-20.
4. Соловейчик Л.И. Обзор работ по применению систем активного гашения шума на производстве и транспорте // Применение средств вибропоглощения и виброгашения в промышленности и на транспорте: Сборник. Л.: Знание. 1990. - с. 9-17.
5. Семенцов С.Г. Применение неадаптивных систем активного гашения с моделью передаточной функции для снижения шума медицинского оборудования // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета), 2009, № 4. С. 237-244
6. Власов А.И. Применение средств моделирования в реальном масштабе времени со встроенными контрольно-обучающими функциями при изучении теоретических основ конструирования электронной аппаратуры.// Методология технологической поддержки молодежного творчества. 1997. С.138-143.
7. Семенцов С.Г. Аналогово-цифровые и цифроаналоговые преобразователи в системах активного управления акустическими полями // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2008. № 4. С. 88-102.
8. Комкин А.И. Снижение шума активным методом // Учебное пособие по курсу «Промышленная акустика» - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 – 21 с.
9. Власов А.И. Принципы активного подавления действия вибрационных полей на электронную аппаратуру // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1996. № 11. С. 30-32.
10. Власов А.И., Володин Е.А., Семенцов С.Г., Шахнов В.А. Электронные системы активного управления волновыми полями: история и тенденции развития // Успехи современной радиоэлектроники. 2002. № 4. С. 3-23.
11. Власов А.И. Нейросетевая реализация микропроцессорных систем активной акусто-и виброзащиты // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2000. № 1. С. 40-44.
12. Власов А.И. Особенности построения систем автоматизированного синтеза и моделирования средств защиты от влияния волновых полей // Информационные технологии. 1997. № 9. С. 31-38.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРХЛЁГКОЙ РАКЕТЫ

Астапов К.Р.
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Семенцов С.Г.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

CONTROL SYSTEM DESIGN FOR SUPERLIGHT ROCKET

Astapov K.R.
Supervisor: Dr., Prof. Semencov S.G.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье описаны результаты структурного и схемотехнического проектирования системы управления для сверхлёгкой ракеты. Формулируются требования к системе и её компонентам, исходя из особенностей области применения системы. Представлено решение поставленной задачи, отвечающее первоначально поставленным условиям.

Abstract
This paper covers the results of structural and schematic design of flight computer for superlight rocket. Design requirements for system and its components are set considering the application specific. The corresponding hardware solution is presented.

Введение

Полёт сверхлёгких ракет (под таковыми будем полагать ракеты стартовой массой до 50 кг) различного назначения традиционно стабилизируют при помощи неподвижного хвостового оперения. Этот подход имеет явный недостаток, выражающийся в постепенной потере ракетой заданной исходной ориентации, что приводит к нежелательному закручиванию вокруг своей оси, сносу ветром в ходе полёта, возникновению сложностей при разделении ступеней. В результате значительно снижаются такие характеристики, как дальность и КВО (круговое вероятное отклонение), что неприемлемо для ракет военного назначения, а также высота полёта, что негативно сказывается на эффективности метеорологических ракет.

Применение активной системы управления (далее СУ) полётом способно разрешить выше поставленные проблемы. Построение такой системы с приемлемыми массогабаритными характеристиками стало возможным лишь недавно благодаря появлению современной элементной базы, сочетающей такие качества, как миниатюрность и функциональность. Таким образом, на данный момент времени эта область конструкторской деятельности может считаться перспективной.

Предлагаемая в данной статье конструкция СУ выгодно отличается от своих как зарубежных [1], так и отечественных [2] аналогов, прежде всего большей компактностью и повышенной интегрированностью, выражающейся в том, что все узлы, включая бесплатформенную инерциальную навигационную систему (БИНС) и GSM-терминал размещены на одной ПП размерами 50х100мм. В результате рассматриваемая СУ может быть применена в даже в самых миниатюрных ракетах, а также, благодаря гибкости настройки, в иных БПЛА [3-5].

1 Поставленные к устройству требования

На СУ возложены следующие задачи:

1. Стабилизация и управление движением ракеты
2. Контроль работы твердотопливного ракетного двигателя (РДТТ)
3. Снятие, хранение и передача телеметрической информации в ходе полёта
4. Контроль над блоком полезной нагрузки

Кратко рассмотрим, каким образом эти требования были реализованы.

1.1 Стабилизация и управление движением ракеты

Данная СУ предназначена для ракет, имеющих в качестве органов управления подвижные аэродинамические рули (Рисунок 1). В качестве сервоприводов применимы любые со встроенной схемой обратной связи, чьё управление осуществляется ШИМ-сигналом с частотой не более 50 Гц.

БИНС построена на основе микроэлектромеханических (MEMS) гироскопе и акселерометре MPU-6050, а также цифровом компасе HMC5883L. Общая коррекция системы осуществляется при помощи двухсистемного GPS+ГЛОНАСС приёмника GTOP Titan 3. Такое решение позволяет эффективно компенсировать неизбежно накапливающиеся в результате шумов MEMS приборов ошибки позиционирования, даже при слабом сигнале одной из спутниковых систем.

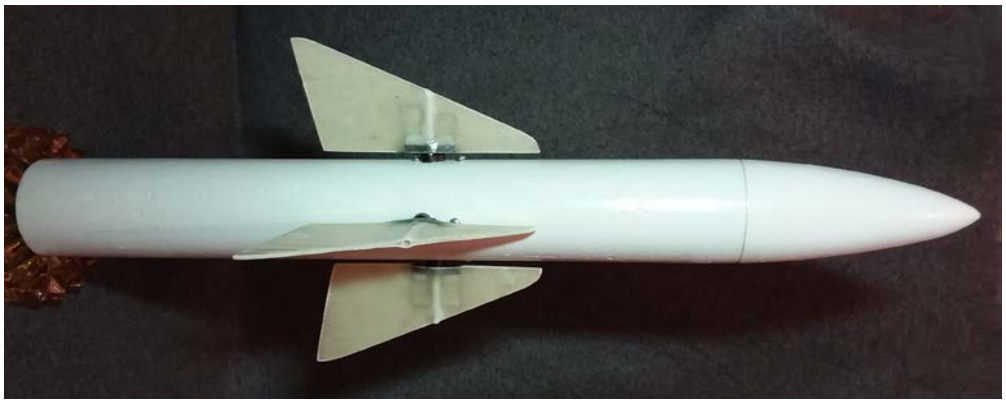


Рис. 1. Отсек управления ракеты, оборудованной данной СУ

1.2 Контроль РДТТ

Под контролем РДТТ понимается его безопасный запуск и запись внутренних параметров (температура и давление в камере сгорания) в запоминающее устройство. Для выполнения этой задачи СУ содержит блокирующее реле и силовые выходы, управляющие подачей питания на электрозапалы. Датчики температуры и давления подключены к внешней шине СУ.

1.3 Работа с телеметрией

Все параметры полёта и радиообмен записываются на карту памяти стандарта microSD. Такое решение минимально по габаритам (11x15 мм), но при этом обладает значительной ёмкостью (до 16 Гб) и большой живучестью, т.е. стойкости к механическому разрушению в случае аварии.

В качестве средства связи выбрана обычная сотовая мобильная сеть стандарта GSM, поскольку она позволяет передавать информацию на значительные расстояния, при этом налагая сравнительно низкие требования на мощность передатчика, из чего следует меньшее энергопотребление и компактность устройства. Дополнительным плюсом этого решения является наличие готовых GSM/GPRS модулей со встроенным TCP/IP стеком, что снижает нагрузку на управляющий микроконтроллер. Также удобно то, что наземным терминалом – приёмником может выступать любой сотовый модем, зарегистрированный в сети того же оператора связи, это делает систему более гибкой и надёжной, особенно на этапе тестовых полётов.

1.4 Контроль над блоком полезной нагрузки

В целях сделать систему более расширяемой и универсальной, предусмотрено наличие внешней шины управления стандарта I^2C. Это позволяет подключать внешние устройства, не накладывая излишних требований на их схемотехнику и вычислительную производительность. По данной шине предполагается транслировать по запросу

необходимую информацию о положении ракеты в пространстве, скорости движения, передавать управляющие команды, например, на выброс парашюта в апогее траектории, указание бортовой камере начать съёмку в момент старта, и т.п.

2 Общая структура разработанной СУ

В итоге, разработанная СУ построена согласно структурной схеме на рисунке 2.

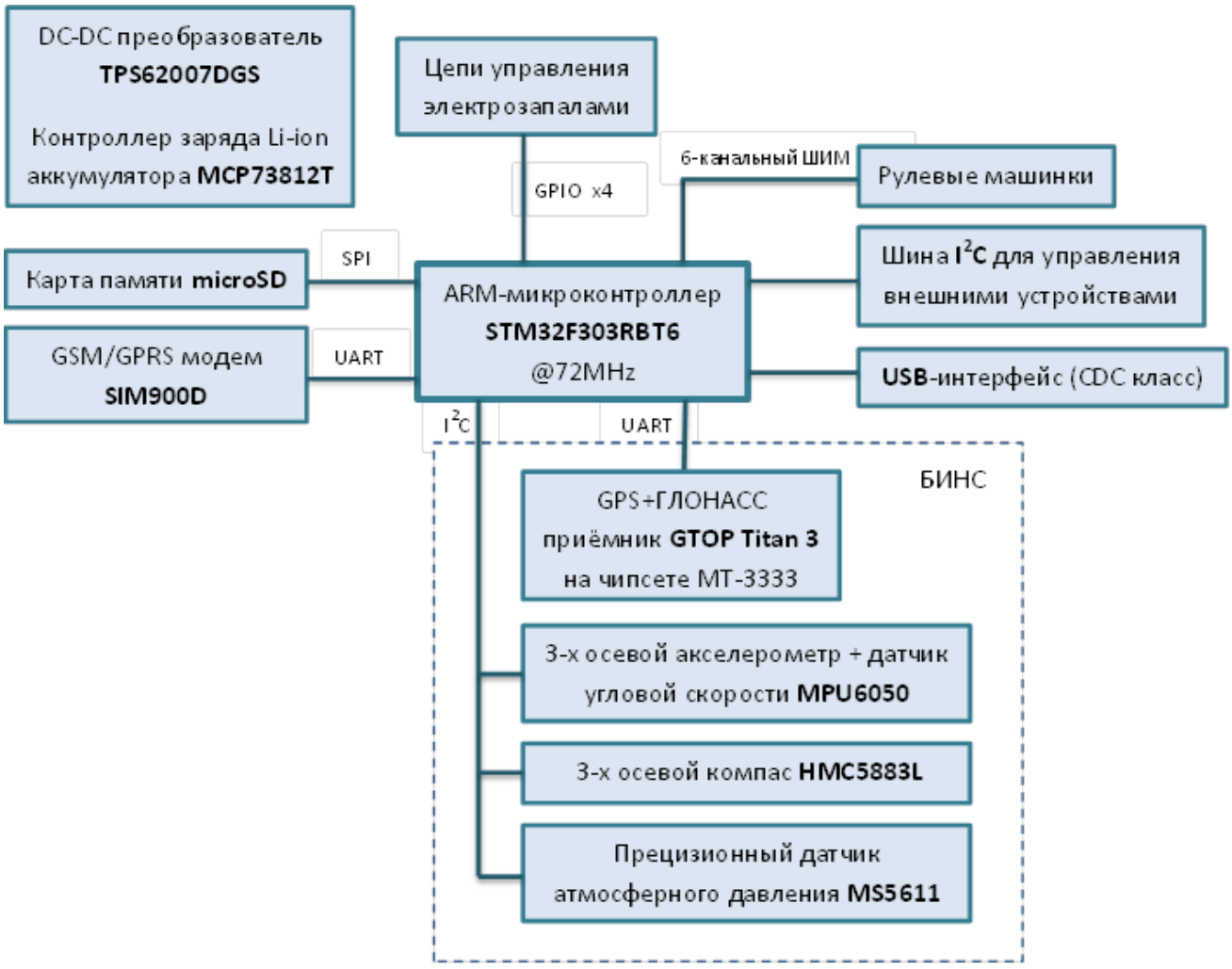


Рис. 2. Общая структура разработанной СУ

В качестве ядра системы выбран микроконтроллер STM32F303RBT6, он обладает достаточной производительностью, аппаратно поддерживает все необходимые интерфейсы, а также в нём присутствует встроенный модуль операций с плавающей запятой, который позволит значительно ускорить обработку навигационных данных. Фотографии готового устройства представлены на рисунках 3 и 4.

Рис. 3. Фотография нижней стороны печатной платы устройства

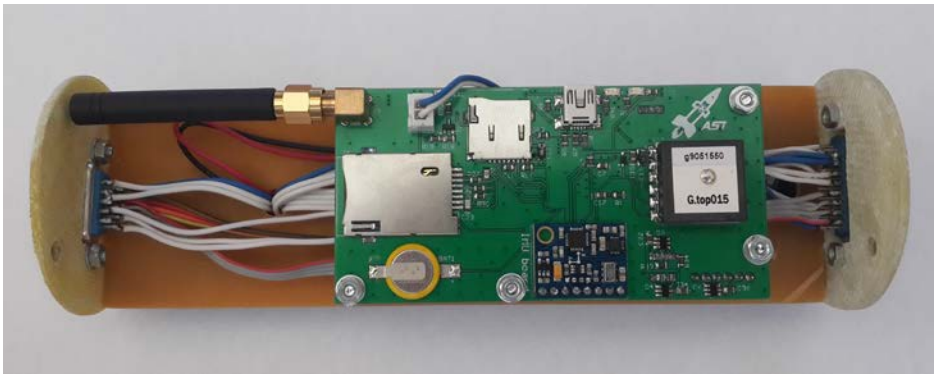


Рис. 4. Фотография устройства, смонтированного в отсеке ракеты

Заключение

Разработанное устройство полностью удовлетворяет поставленным изначально требованиям. По сравнению с аналогами, оно отличается повышенной компактностью, но при этом также обладает расширяемостью и универсальностью.

Дальнейшая разработка СУ заключается в написании встраиваемого ПО устройства, разработке математической модели для настройки БИНС и ПИД-регулятора рулей управления. После этого будет необходимо провести тестовые запуски ракеты под управлением этой системы для введения поправок в модель и определения результирующих характеристик устройства.

Литература

1. Wombat flight computer. Электронный ресурс. Режим доступа:http://www.cusf.co.uk/wombat/ - Проверено 01.03.2017.
2. Лин Индастриал «Летающий стенд»: версия 2.0 Электронный ресурс. Режим доступа: https://spacelin.ru/novosti/letayushchiy-stend-versiya-20/ - Проверено 01.03.2017.
3. Walker D. Model Rocket Guidance by Canards, University of Cambridge, Cambridge, 2016
4. Зотьева Д. Е. Архитектура системы управления беспилотным летательным аппаратом // Сборник трудов 17 молодежной международная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы». – М.:МГТУ, 2015. – С.196-201.
5. Власов А.И., Зотьева Д.Е., Евдокимов В.С., Ревзин Г.Г., Феоктистов Д.В. Гибридная система управления малыми беспилотными летательными аппаратами // Автоматизация. Современные технологии. 2015. №8. С. 15-24.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГИСТРАЦИОННОГО ЗНАКА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА "СЛАБЫХ ЭКСПЕРТОВ"

Богданов Д.А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Демин А.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-4, Москва, Россия

GOVERNMENT LICENSE PLATE TYPE IDENTIFICATION BY THE IMAGE OF THE VEHICLE USING WEAK EXPERTS

Bordanov D.A.
Supervisor: Ph.D. Demin A.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Проведен анализ алгоритмов обработки изображений, классификации образов, поиска образа на изображении. Предложен метод алгоритм определения типа государственного регистрационного знака по изображению транспортного средства с использованием слабых экспертов. Сделаны выводы о проведённой работе.
Ключевые слова: особые регионы, искусственные нейронные сети, государственный регистрационный знак, слабый эксперт, определение типа.

Abstract
The analysis of image processing algorithms, images classification algorithms, figures searching on the image algorithms. The method of determining the type of license plate on the vehicle image using weak experts. The conclusions of the conducted work.
Keywords: Class Specific Extreme Regions Method, Artificial Neural Networks, License Plate.

Введение

В настоящее время активно используются и развиваются автоматические системы фото- и видео- фиксации нарушения правил дорожного движения. В существующих системах идентификации транспортных средств (СИТС) используются искусственные нейронные сети (ИНС) типа персептрон для распознавания символов государственных регистрационных знаков (ГРЗ). В идеальных условиях видеофиксации (хорошее освещение, чистый, без повреждений и искажений ГРЗ) удается распознавать примерно 96% ГРЗ[1]. Однако в плохих условиях качество распознавания падает до 30%. В целях уменьшения количества ошибок распознавания ГРЗ предлагается предварительно определять его тип.

Для успешного решения задачи распознавания государственного регистрационного знака по изображению транспортного средства необходимо разработать метод, позволяющий находить область, содержащую номерную пластину, выделять символы, относящиеся к регистрационному знаку автомобиля и распознавать символы.

Анализ методов и средств автоматической обработки регистрационной информации транспортного средства

Регистрационные номерные знаки Российской Федерации — специальные символьные знаки, нанесённые на металлические (или из другого материала) пластины или транспортное средство, используемые для учёта автомобилей, мотоциклов, грузовой, специальной, строительной техники и вооружения, прицепов. Устанавливаются на передней и задней частях техники.

Комбинации на стандартных номерных знаках состоят из 3 буков и 3 цифр. Буквы означают серию номерного знака, а цифры — номер. ГОСТом для использования на знаках разрешены 12 букв кириллицы, имеющие графические аналоги в латинском

алфавите: А, В, Е, К, М, Н, О, Р, С, Т, У и Х. В правой части номерного знака, в обособленном четырёхугольнике, расположены: в нижней части — флаг Российской Федерации с надписью RUS, а в верхней — кодовое обозначение субъекта РФ, где был зарегистрирован автомобиль. Причем буквы имеют меньший размер шрифта, чем цифры.

Все используемые номера зарегистрированы. Для каждого административного района есть свой номер, общий для всех автомобилей, зарегистрированных в этом округе. Из-за ежегодного роста количества автомобилей в ряде субъектов Российской Федерации были введены дополнительные кодовые обозначения, которые можно использовать на знаках. В настоящее время используются двухзначные и трехзначные коды субъектов РФ. После введения действующего ГОСТа номера предыдущих образцов не изымались, поэтому на дорогах России можно встретить автомобили с советскими номерными знаками.

Анализ проблем автоматического распознавание ГРЗ.

Распознавание образов — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных[11]. В зависимости от наличия или отсутствия прецедентной информации различают задачи распознавания с обучением и без обучения. Задача распознавания на основе имеющегося множества прецедентов называется классификацией с обучением (или с учителем). В том случае, если имеется множество векторов признаков, полученных для некоторого набора образов, но правильная классификация этих образов неизвестна, возникает задача разделения этих образов на классы по сходству соответствующих векторов признаков. Эта задача называется кластеризацией или распознаванием без обучения.

Всего можно выделить 3 типа задач, которые необходимо решать для распознавания ГРЗ:

- обработка изображения;
- классификация образов;
- поиск образа на изображении.

Рассмотрим подробнее каждую из задач.

Анализ алгоритмов обработки изображения. В предварительную обработку изображения входят такие манипуляции с изображением, которые позволяют упростить решение дальнейших задач[7]. Далее будут рассмотрены алгоритмы предварительной обработки изображения.

Бинаризация изображений — перевод полноцветного или в градациях серого изображения в монохромное, где присутствуют только два типа пикселей. Существуют различные методы бинаризации, которые можно разделить на 2 класса:

Пороговые: работают со всем изображением, находя какую-то характеристику (порог), позволяющую разделить всё изображение на чёрное и белое.

Адаптивные: работают с участками изображений и используются при неоднородном освещении объектов.

Преобразование Хафа — алгоритм, применяемый для извлечения элементов из изображения. С его помощью можно идентифицировать прямые, находящиеся на исходном изображении. Преобразование Хафа используется для устранения поворота номерной пластины ГРЗ в плоскости изображения.

Анализ алгоритмов классификации образов. Для определения типа ГРЗ и распознавания символов необходимо решать задачу классификации. Пусть X – множество описаний объектов, Y – конечное множество номеров (имён, меток) классов. Предполагается, что множество пар $X \times Y$ является вероятностным пространством с неизвестной вероятностной мерой P. Имеется конечная обучающая выборка наблюдений, сгенерированная согласно вероятностной мере P:

$$X^m = \{(x_1, y_1), \ldots, (x_m, y_m)\}, \quad (1)$$

Требуется построить алгоритм $a: X \rightarrow Y$, способный классифицировать произвольный объект $x \in X$.

Поскольку для решения задачи необходимо как-то формализовать объект, вводится понятие «признаковое пространство». Признаком называется отображение $f: X \rightarrow Df$, где D_f — множество допустимых значений признака. Если заданы признаки $f_1, \ldots, f_n$, то вектор $x = (f_1(x), \ldots, f_n(x))$ называется признаковым описанием объекта $x \in X$. Признаковые описания допустимо отождествлять с самими объектами. При этом множество $X = D_{(f_1)} \times \ldots \times D_{(f_n)}$ называют признаковым пространством.

В зависимости от множества D_f признаки делятся на следующие типы:
Бинарный признак $D_f = \{0,1\}$.

Номинальный признак: D_f — конечное множество.
Порядковый признак: D_f — конечное упорядоченное множество.
Количественный признак: D_f – множество действительных чисел.

Искусственная нейронная сеть — математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Она представляет собой систему соединенных и взаимодействующих между собой искусственных нейронов. Каждый нейрон имеет дело только с сигналами, которые он получает, и сигналами, которые он посылает другим нейронам. Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Это одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это позволяет искусственным нейронным сетям возвращать верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных.

Анализ применения нейронных сетей для распознавания ГРЗ

В настоящее время существует большое количество различных моделей искусственных нейронных сетей, различающихся по типу входной информации, характеру обучения, характеру настройки синапсов, по времени передачи сигнала, по характеру связей[8]. Известными и широко используемыми типами искусственных нейронных сетей являются сеть Кохоннена, сеть встречного распространения, сверточная нейронная сеть, сеть Хопфилда и множество других. Сверточные нейронные сети используются для нахождения номерных пластин, а также для распознавания символов[2]. В работе [3] сравниваются различные подходы к распознаванию номерных знаков, и в качестве наиболее производительного и перспективного метода фигурирует нейронная сеть.

Сравнение с шаблонами. Данный метод состоит в сравнении каждой части изображения с шаблоном. Формирование шаблона состоит в создании многоуровневых знакомест, соответственно расположенных на шаблоне, рис. 1.

Рис. 8. Шаблон

Взаимная корреляция используется для сравнения изображения с шаблоном. Взаимная корреляция может быть представлена следующим уравнением:

$$T \cdot I(X,Y) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} T(i,j) \cdot I(X+i, Y+j), \quad (2)$$

где $T(x, y)$ – шаблон $n \times m$,$I(X, Y)$ – изображение $N \times M$.

Недостатки сравнения с шаблонами — данный алгоритм имеет высокую чувствительность к масштабу и поворотам изображения ГРЗ. Даже небольшие отклонения в размере и угле наклона приводят к неверным результатам.

Метод опорных векторов (Support Vector Machine - SVM) относится к группе граничных методов. Он определяет классы при помощи границ областей. Данный метод решает задачи бинарной классификации. В основе лежит понятие плоскостей решений: плоскость решения разделяет объекты с разной классовой принадлежностью.

К преимуществам метода можно отнести то, что он позволяет получить функцию классификации с минимальной верхней оценкой ожидаемого риска.

К недостаткам можно отнести:

Метод опорных векторов неустойчив по отношению к шуму в исходных данных. Если обучающая выборка содержит шумовые выбросы, они будут существенным образом учтены при построении разделяющей гиперплоскости.

До сих пор не разработаны общие методы построения спрямляющих пространств или ядер, наиболее подходящих для конкретной задачи. Построение адекватного ядра является искусством и, как правило, опирается на априорные знания о предметной области. На практике «вполне разумные» функции $K(x,x')$, выведенные из содержательных соображений, далеко не всегда оказываются положительно определёнными.

В общем случае, когда линейная разделимость не гарантируется, приходится подбирать управляющий параметр алгоритма C.

Анализ алгоритмов поиска образа на изображении. Для обнаружения пластины номерного знака автомобиля и обнаружения символов на номерной пластине необходимо решать задачу поиска образов на изображении[6]. Помимо описанных выше методов, решающих задачу классификации в общем виде, существуют и узкоспециализированные алгоритмы, осуществляющие поиск образов на изображении. Рассмотрим алгоритмы поиска образов на изображении.

Выделение границ. В идеальном случае, результатом выделения границ является набор связанных кривых, которые отображают изменения положения поверхностей[5]. Таким образом, применение фильтра выделения границ к изображению может существенно уменьшить количество обрабатываемых данных, так как отбрасываемая часть считается менее значимой, а важные структурные свойства изображения сохраняются. Существует целый ряд алгоритмов, решающих задачу фильтрации контуров: оператор Кэнни, оператор Собеля, оператор Лапласса и другие. Наиболее широко используемым является оператор Кэнни, который был разработан в 1986 году Джоном Кэнни.

После выделения границ объектов производится поиск прямоугольного контура. Данные методы работают хорошо при обработке изображений, имеющих ясно читаемый контур, ничем не загороженный, с высоким разрешением и ровной границей. При распознавании государственных регистрационных знаков автомобилей данный алгоритм работает плохо, так как в кадре часто присутствует более одного автомобиля, к тому же прямоугольные контуры могут присутствовать на фоне, что будет приводить к ложным срабатываниям. В изображениях, полученных фотографированием объектов в естественном освещении, не всегда возможно выделить границы. Полученные границы таких изображений часто имеют недостатки, например фрагментированность, отсутствие границ или наличие ложных, не соответствующих исследуемому объекту, границ.

Помимо влияния неточечных источников света, определение границ также усложняется за счет фокусного размытия из-за конечной глубины резкости съемки, затенения гладких объектов.

Анализ проекции изображений. Проекцией изображения на некоторую ось называется интеграл интенсивности пикселей изображения, взятый в направлении, перпендикулярном данной оси[4].

Данный метод чаще всего применяется вместе с алгоритмами выделения границ, тогда всплески на проекциях изображения будут показывать наличие границ в этой области. Преимущество такого способа заключается в том, что для обнаружения области с номерной пластиной не нужен замкнутый прямоугольный контур, что снижает влияние шума на алгоритмы выделения границ. Области, находящиеся на пересечении всплесков вертикальной и горизонтальной проекций, с большой вероятностью будут областями, содержащими номер. Однако в случаях, если на изображении находится несколько автомобилей, или фотофиксация транспортного средства происходит на насыщенном фоне, данный метод показывает плохие результаты.

Метод Виолы-Джонса — алгоритм, позволяющий обнаруживать объекты на изображениях в реальном времени. Основной задачей при его создании было обнаружение лиц, но алгоритм позволяет распознавать различные классы изображений. Алгоритм состоит из двух частей: обучение классификаторов и непосредственное распознавание.

Преимуществом данного метода является возможность обнаружения нескольких объектов на одном изображении. При использовании данного алгоритма большое значение имеет качество обучающей выборки. Данный алгоритм хорошо себя показывает при решении задачи поиска лица на изображении, однако он имеет ряд существенных недостатков. Метод Виолы-Джонса имеет длительное время работы алгоритма обучения. В ходе обучения алгоритму необходимо проанализировать большое количество тестовых изображений. Также в результат работы попадает большое количество близко расположенных друг к другу регионов из-за применения различных масштабов и техники скользящего окна. Кроме этого при использовании метода Виолы-Джонса возникают ошибки распознавания, если искомый объект повернут или искажен

Метод, основанный на анализе особых регионов. Особый регион — набор смежных пикселей, таких, что для всех пикселей и всех пикселей из внешней границы региона выполняется $I(p) < I(q) \cup I(p)$.

Для поиска особых регионов необходимо выполнить сортировку всех пикселей изображения по возрастанию (или убыванию) интенсивности. Затем все пиксели из списка последовательно отмечаются на изображении, а новые регионы образуются следующим образом:

Если соседние пиксели текущего региона еще не были отмечены, то образуется новый регион, состоящий из текущего пикселя.

Если среди соседних пикселей обнаружен пиксель, принадлежащий какому-либо региону, то образуется новый регион, состоящий из всех пикселей найденного региона и текущего пикселя.

Если среди соседних пикселей обнаружено несколько пикселей, принадлежащих разным регионам, то образуется новый регион, объединяющий все пиксели найденных регионов и текущий пиксель.

В данной работе предложено использовать особый класс дескрипторов, которые используют отношение включения между особыми регионами для пошагового вычисления значений дескрипторов.

Пусть изображение — отображение вида $I: D \subset V$, где V обычно $\{0...255\}^3$ (RGB изображение). Пусть A обозначает отношение смежности между регионами $A \subset D \times D$.

Будем рассматривать 4-связные пиксели, т. е. пиксели с координатами *(x, y ± 1),(x ± 1, y)* являются соседними для пикселя с координатами *(x, y)*.

Регион *R* изображения *I* – подмножество *D*, такое что:

$$\forall p_i, p_j, \in R \; \exists p_i, q_1, q_2, \ldots, q_n : \; p_i A q_1, q_1 A q_2, \ldots, q_n A p_j, \tag{3}$$

Внешняя граница δR– множество смешных пикселей, но не принадлежащих *R*:

$$\delta R = \{p \in D \setminus R : \exists q \in R : pAq\}, \tag{4}$$

Особый регион — регион, интенсивность всех пикселей внешней границы которого имеют существенно большее значение, чем пиксели этого региона: $\forall p \in R$, $q \in \delta R$: $I(q) > \theta \geq I(p)$. Пусть $R_{\theta-1}$ – множество особых регионов на пороге $\theta - 1$. Особый регион $r \in R_\theta$ на пороге θ формируется как объединение пикселей регионов на пороге $\theta - 1$ и пикселей со значением θ. В дальнейшем будем полагать, что дескрипторы $\phi(u)$ всех регионов на пороге $u \in R_{\theta-1}$ известны. Для того чтобы вычислить дескриптор $\phi(r)$ региона $r \in R_\theta$, необходимо объединить регионы $u \in R_{\theta-1}$ и пиксели $\{p \in D: C(p) = \theta\}$, которые формируют регион *r*:

$$\phi(r) = \big(\phi(u)\big) \oplus \big(\psi(p)\big), \tag{5}$$

где $\oplus$ — операция объединения дескрипторов регионов, $\psi(p)$ — функция инициализации, вычисляющая значение дескриптора для данного пикселя *p*.

В качестве последовательно вычисляемых дескрипторов используются:

– площадь;
– ограничивающий прямоугольник;
– периметр;
– эйлерова характеристика.

Чтобы избежать большого количества ложно-положительных результатов и избыточности детектора особых регионов, регионы отбираются классификаторами в два этапа. На первом этапе вычисляются вышеописанные дескрипторы регионов, с последовательным увеличением порога от 0 до 255. Дескрипторы далее используются как признаки для классификатора, который оценивает вероятность $p(r)$ того, что данный регион является символом ГРЗ. Затем просматриваются все полученные значения $p(r)$, с учетом отношения включения регионов на всех порогах, и среди них выбираются только те регионы, которые соответствуют локальному максимуму $p(r)$ (при условии, что этот локальный максимум больше некоторого порога p_{min} и разница между локальным максимумом и локальным минимумом больше Δ_{min}). Выбранные на первом этапе регионы подаются на второй этап классификации. На втором этапе регионы классифицируются бинарным классификатором, использующим более информативные, но более сложно вычислимые признаки, такие как гистограммы направленных градиентов.

Для второго этапа классификации вычисляются признаки, основанные на гистограмме направленных градиентов. Это дескрипторы особых точек, которые используются в компьютерном зрении и обработке изображений с целью распознавания объектов. Данная техника основана на подсчете количества направлений градиента в локальных областях изображения. Этот метод поход на гистограммы направления края, дескрипторы SIFT и контексты формы, но отличается тем, что вычисляется на плотной сетке равномерно распределенных ячеек и использует нормализацию перекрывающегося локального контраста для увеличения точности.

Основной идеей алгоритма является допущение, что внешний вид и форма объекта на участке изображения могут быть описаны распределением градиентов интенсивности или направление краев. Реализация этих дескрипторов может быть произведена путем

разделения изображения на маленькие связные области, именуемые ячейками, и расчетом для каждой ячейки гистограммы направлений градиентов или направлений краев для пикселей, находящихся внутри ячейки. Комбинация этих гистограмм и является дескриптором. Для увеличения точности локальные гистограммы подвергаются нормализации по контрасту. С этой целью вычисляется мера интенсивности на большем фрагменте изображений, который называется блоком, и полученное значение используется для нормализации. Нормализованные дескрипторы обладают лучшей инвариантностью по отношению к освещению. Метод поддерживает инвариантность геометрических и фотометрических преобразований, за исключение ориентации объекта. Подобные изменения появятся только в больших фрагментах изображения.

На первом шаге рассчитываются значения градиентов. Самым распространенным методом является применение одномерной дифференцирующей маски в горизонтальном и/или вертикальном направлении. На следующем шаге вычисляются гистограммы ячеек. Каждый пиксель в ячейке участвует во взвешенном голосовании для каналов гистограммы направлений, основанном на значении градиентов. Ячейки могут быть прямоугольной или круглой формы, каналы гистограммы равномерно распределяются от 0 до 180 или же от 0 до 360 градусов, в зависимости от того, вычисляется «знаковый» или «беззнаковый» градиент. При распределении весов в голосовании вес пикселя может задаваться либо абсолютным значением градиента, либо некоторой функцией от него, в реальных тестах абсолютное значение градиента дает лучшие результаты.

Особенность данного метода заключается в том, что, в отличие от методов, использующих скользящее окно, рассматривается значительно больше областей, делая алгоритм независимым от масштаба искомого объекта. Также алгоритм устойчив к изображениям с низкой контрастностью, умеренному размытию и загрязнению. При этом приемлемая скорость работы алгоритма достигается путем быстрого вычисления вектора критериев за константное время.

Предлагаемый алгоритм. Для обнаружения символов ГРЗ было решено использовать метод, основанный на анализе особых регионов (англ. ClassSpecificExtremeRegions, CSER). Данный алгоритм был рассмотренранее.

Дескрипторы. В соответствии с описанием алгоритма в аналитическом разделе дескрипторы каждого нового региона на пороге T вычисляются путем операций инициализациии (*ψ(p))* операции объединения *(⊕)*. Рассмотрим алгоритмы вычисления некоторых рассматриваемых дескрипторов.

При вычислении периметра функция инициализации определяет изменение длины периметра при добавлении точки на некотором пороге:

$$\psi(p) = 4 - 2|\{q : qAp \wedge I(q) < I(p)\}|, \tag{6}$$

Операция объединения $\oplus$ – арифметическое сложение. Сложность *ψ(p)* составляет *O(1)*, так как каждый пиксель имеет максимум четырех соседей.

Эйлерова характеристика *(η)* – топологическая характеристика бинарного изображения, которая является разностью между количеством связанных компонент и количеством дыр. Ее можно вычислить, посчитав количество совпадений с шаблонами пикселей размером 2 × 2.

$$\begin{aligned} Q_1 &= \left\{\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 1\\ 0 & 0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & 0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}\right\} \\ Q_2 &= \left\{\begin{bmatrix}1 & 1\\ 0 & 1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1 & 0\\ 1 & 1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 1\end{bmatrix}\right\} \\ Q_3 &= \left\{\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}\right\} \end{aligned} \tag{7}$$

$$\eta = \frac{1}{4}(C_1 - C_2 + 2C_3),$$

где *C1, C2, C3* – количество совпадений с шаблонами из *Q1, Q2, Q3* соответственно.

Для того чтобы получить значение Эйлеровой характеристики при добавлении к региону точки *p*, необходимо сосчитать количество совпадений с шаблонами при изменении значения точки *p* с 0 на 1 (где 0 и 1 означают принадлежность к рассматриваемому региону). Для этого необходимо вычислить количество совпадений со всеми возможными областями размера 2 × 2, в которые может входить точка *p* (таких областей может быть максимум 4) при значении пикселя в точке *p* равном 0, а затем поменять значение в точке *p* на 1 и повторить эту операцию.

Эйлерова характеристика вычисляется из разности количество совпадений с шаблонами $\Delta C_1, \Delta C_2, \Delta C_3$ при помощи формулы:

$$\eta = \frac{1}{4}(\Delta C_1 - \Delta C_2 + 2\Delta C_3), \quad (8)$$

В качестве операции объединения $\oplus$ используется арифметическое сложение.

Вычисление гистограммы направленных градиентов. Процедура вычисления градиентов может быть представлена в виде псевдокода, рис. 2.

$I \leftarrow$ исходное изображение
G_x – градиенты вдоль оси x
G_y – градиенты вдоль оси y
M – величины градиентов
T – направления градиентов

Для каждой точки (x, y) изображения I:

$$g_x \leftarrow I(x+1, y) - I(x-1, y)$$
$$g_y \leftarrow I(x, y+1) - I(x, y-1)$$
$$m \leftarrow \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$
$$t \leftarrow \operatorname{atan}\left(\frac{g_y}{g_x}\right)$$

$$G_x(x, y) \leftarrow g_x$$
$$G_y(x, y) \leftarrow g_y$$
$$M(x, y) \leftarrow m$$
$$T(x, y) \leftarrow t$$

Рис. 9. Вычисление гистограммы направленных градиентов

На рисунке 3 представлен псевдокод процедуры вычисления гистограммы.

Входные данные:
I – исходное изображение
n_b – количество уровней
x_l, y_t, x_r, y_b – границы изображения
Выходные данные:
массив H, размера n_b содержащий гистограмму

$H \leftarrow \emptyset$
Для всех точек (x, y) изображения I, таких что $x_l \leq x < x_r$ и $y_t < y < y_b$:
$i \leftarrow [I(x, y) * n_b]$
$H(i) \leftarrow H(i) + 1$
Вернуть H

Рис. 10. Процедура вычисления гистограммы

На рисунке 4 представлен псевдокод процедуры вычисления гистограммы направленных градиентов.

Входные данные:
I – исходное изображение
n_a – количество участков изображения
n_f – размер получаемой гистограммы
Выходные данные:
массив H, размера n_f

$H \leftarrow \emptyset$
$I_{1..n_a} \leftarrow$ Разделить изображение на n_a равных участков
Для всех $i = 1..n_a$:
$G_{x_i}, G_{y_i}, M_i, T_i \leftarrow$ вычислить градиенты
$MT_i \leftarrow M_i * T_i$
$h_i \leftarrow$ вычислить гистограмму для MT_i
$H \leftarrow H \oplus h_i$

Рис. 4. Процедура вычисления гистограммы направленных градиентов

Формирование характеристического вектора. На вход алгоритма определения типа ГРЗ подавать само изображение нерационально. Вместо этого по результатам работы алгоритма поиска символов ГРЗ формируется характеристический вектор. В пространстве характеристических векторов и будет выполняться классификация по типам ГРЗ.

Определение типа ГРЗ. Для определения типа ГРЗ было решено использовать систему, построенную из нейронных сетей, обученных особым образом. Система состоит из трех элементов:

Базовый распознаватель. Обучается независимо от других элементов системы.

Дополнительный распознаватель. В обучающую выборку входят объекты, которые неверно классифицируются базовым распознавателем.

Арбитражный распознаватель. В обучающую выборку входят объекты, на которых базовый и дополнительный распознаватели дают разные ответы.

Такой подход позволяет использовать совокупность слабо обученных ИНС, что позволяет избежать проблему обучения «на шум» и в то же время показывает высокий результат распознавания.

Выбранный метод определения типа ГРЗ состоит из двух этапов:

– обучение системы классификаторов;
– использование обученной системы для определения типа ГРЗ.
– Обучение системы производится поэтапно:

– формирование «сырого» массива данных для каждого типа;
– создание выборки для обучения базовой нейронной сети;
– обучение базовой нейронной сети;
– создание выборки для обучения дополнительной нейронной сети на основе анализа результатов обучения базовой нейронной сети;
– обучение дополнительной нейронной сети;
– создание выборки для обучения арбитражной нейронной сети на основе анализа результатов обучения дополнительной нейронной сети;
– обучение арбитражной сети нейронной сети;
– объединение обученных нейронных сетей в одну систему;
– добавление нейронных сетей в систему, где в качестве базовой нейронной сети используется система, полученная в пункте 8.

Создание выборки для обучения первой нейронной сети. Равномерность обучающей выборки достигается путем равномерного распределения количества обучающих наборов между типами.

При обучении нейронной сети методом обратного распространения ошибки, необходимо учитывать, что нельзя подавать на обучения выборки отдельных классов по очереди: нейронная сеть будет «забывать» предыдущий класс и обучаться на подаваемый. Поэтому перед обучением необходимо тщательно перемешать данные между классами. Для тасования элементов обучающей выборки будет использован алгоритм тасования Фишера-Йетса в варианте Дуршенфельда.

Обучение нейронных сетей. Обучение нейронных сетей проводится по алгоритму обратного распространения ошибки с использованием моментов. Алгоритм обратного распространения ошибки позволяет обучать многослойные нейронные сети. Этот алгоритм считается наиболее известным и чаще всего применяемым в искусственных нейронных сетях.

На рисунке 5 представлена нейронная сеть, состоящая из L слоев.

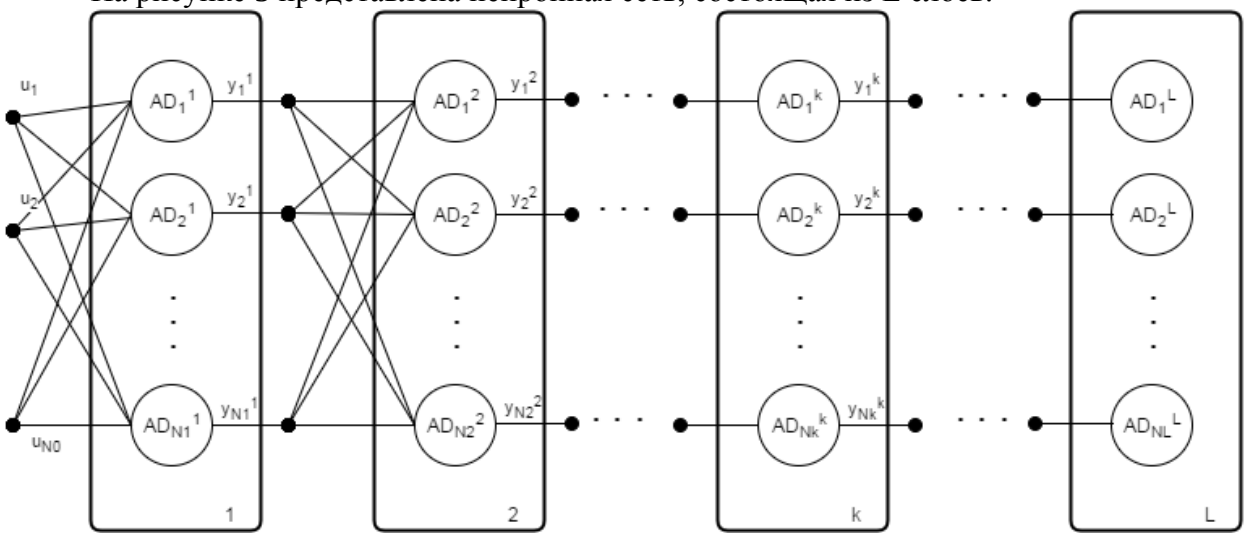


Рис. 5. Схема многослойной нейронной сети

В каждом слое расположено N_k элементов, $k = 1, \ldots, L$, обозначаемых AD_i^k, $I = 1, \ldots, N_k$. Элементы AD_i^k обозначают нейроны, причем каждый из них может быть системой типа Адалайн с нелинейной функцией на выходе. Обсуждаемая нейронная сеть имеет N_0 входов, на которые подаются сигналы $u_1(n),\ldots,u_{(N0)}(n)$ записываемые в векторной форме как $u = [u_1(n), \ldots, u_{(N0)}(n)]^T$, $n = 1, 2, \ldots$

Выходной сигнал i-го нейрона в k-м слое обозначается $y_i^{(k)}(n),\ i = 1,\dots mN_k,\ k = 1,\dots,L.$ На рисунке 6 показана детальная структура i-го нейрона в k-ом слое.

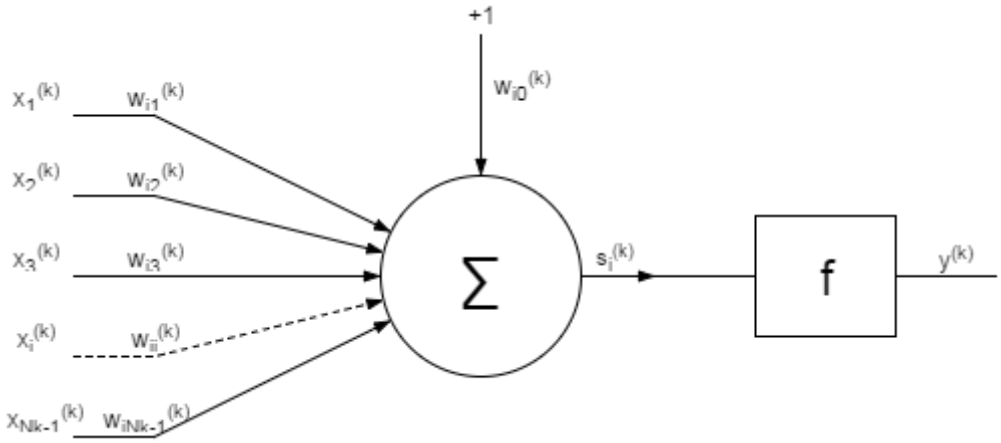


Рис. 6. Структура i-го нейрона

Нейрон AD_i^k имеет N_k входов, образующих вектор

$$x^{(k)}(n) = [x_0^{(k)}(n),\dots,x_{(N_k-1)}^{(k)}(n)], \tag{9}$$

причем $x_j^{(k)}(n) = +1$ для $i = 0$ и $k = 1,\dots,L.$

Входной сигнал нейрона AD_i^k связан с выходным сигналов слоя следующим образом:

$$x_j^{(k)}(n) = \begin{cases} u_i(n) \text{ для } k = 1, \\ y_i^{(k-1)} \text{ для } k = 2,\dots,L, \\ +1 \text{ для } i = 0, k = 1,\dots,L. \end{cases} \tag{10}$$

На рисунке 6 $w_{ij}^{(k)}(n)$ обозначает вес связи i-го нейрона, $I = 1, \dots, N_k$, расположенного в k-м слое, которая соединяет этот нейрон с j-м выходных сигналом $x_j^{(k)}(n)$, $j = 0, 1, \dots, N_{k1}$. Вектор весов нейрона AD_i^k обозначим:

$$w_i^{(k)} = [w_{i,0}^{(k)}(n),\dots,w_{i,N_{k-1}}^{(k)}(n)]^T, \tag{11}$$

где $k = 1, \dots, L$, $I = 1, \dots, N_k$.

Выходной сигнал нейрона AD_i^k в n-й момент времени, n = 1, 2, … определяется как:

$$y_i^{(k)}(n) = f(s_i^{(k)}(n)), \tag{(12)}$$

$$s_i^{(k)}(n) = \sum_{j=0}^{N_{k-1}} w_{ij}^{(k)}(n)x_j^{(k)}(n).$$

Выходные сигналы нейронов в слое L являются выходными сигналами всей сети. Они сравниваются с так называемыми эталонными сигналами сети $d_1^L(n),\ d_2^L(n),\dots,\ d_{N_L}^L(n)$, в результате чего получаем погрешность:

$$\epsilon_i^{(L)}(n) = d_i^{(L)}(n) - y_i^{(L)}(n), \tag{(13)}$$

где $i = 1, \ldots, N_L$.
Можно сформулировать меру погрешности, основанную на сравнении выхода нейронной сети и эталонных сигналов в виде суммы квадратов разностей:

$$Q(n) = \sum_{i=1}^{N_L} \epsilon_i^{(L)^2}(n) = \sum_{i=1}^{N_L} (d_i^{(L)}(n) - y_i^{(L)}(n))^2. \quad ((15)$$

Начальные значения весов, образующих сеть, выбираются случайным образом и, как правило, устанавливаются близкими к нулю. Шаг коррекции ηчаще всего принимает большие значения (близкие единице) на начальных этапах процесса обучения, но впоследствии его следует уменьшать по мере того как веса приближаются к некоторым заранее определенным значениям. Одна из наиболее известных модификаций заключается во введении в рекурсию дополнительного члена, называемого моментом:

$$w_{ij}^{(k)}(n+1) = w_{ij}^{(k)}(n) + 2\eta\epsilon(n)f'(s_i^{(k)}(n))x_j^{(k)}(n) + \alpha[w_{ij}^{(k)}(n) - w_{ij}^{(k)}(n-1)], \quad ((16)$$

где $\alpha \in (0,1)$. Введение момента ускоряет сходимость алгоритма обратного распространения ошибки.
В качестве активационной функции каждого нейрона будет использоваться сигмоида:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-2\alpha x}}, \quad (17)$$

После каждой эпохи набор входных данных перемешивается, что делает поиск в пространстве весов стохастическим, предотвращая потенциальную возможность появления замкнутых циклов в процессе эволюции синаптических весов.

Создание выборки для обучения второй нейронной сети на основе анализа результатов обучения первой нейронный сети. После обучения первой нейронной сети обучающая выборка делится на два множества:

– нейронная сеть правильно классифицирует входной вектор.
– нейронная сеть неправильно классифицирует входной вектор.

Обучающая выборка для второй нейронной сети состоит на 50% из элементов первого множества и на 50% из элементов второго. При этом недостающие примеры неверной классификации берутся из исходного массива данных.

Создание выборки для обучения арбитражной нейронной сети на основе анализа результатов обучения дополнительной нейронной сети. Обучающая выборка для третьей нейронной сети формируется на основе результата их работы. В обучающую выборку помещаются объекты, которые по-разному классифицируются базовым и дополнительным распознавателями.

Формирование системы нейронных сетей. После обучения всех распознавателей они объединяются в единую систему. Вход подается каждому из распознавателей, а их выходы передаются сумматору, который усредняет значения. Таким образом, происходит урегулирование разногласий между отдельными распознавателями в системе.

Алгоритм устроен таким образом, что есть возможность добавлять дополнительные нейронные сети в систему, повторяя пункты 4-9, приняв в качестве базовой нейронной сети полученную систему.

Конфигурация нейронных сетей. Для классификации используется многослойная нейронная сеть прямого распространения сигнала, имеющая три слоя: входной, скрытый и выходной.

Количество нейронов на входном слое определяется максимально возможным количеством символов в одном ГРЗ по формуле:

$$N = 2n - 1, \quad (18)$$

где N – количество нейронов на первом слое, а n – максимально возможное количество символов в одном ГРЗ. Данная формула получена на основе способа формирования характеристических векторов: для каждого символа записывается отношение ширины к высоте и нормализованное расстояние до соседнего символа. Схема работы обученной системы представлена на рисунке 7.

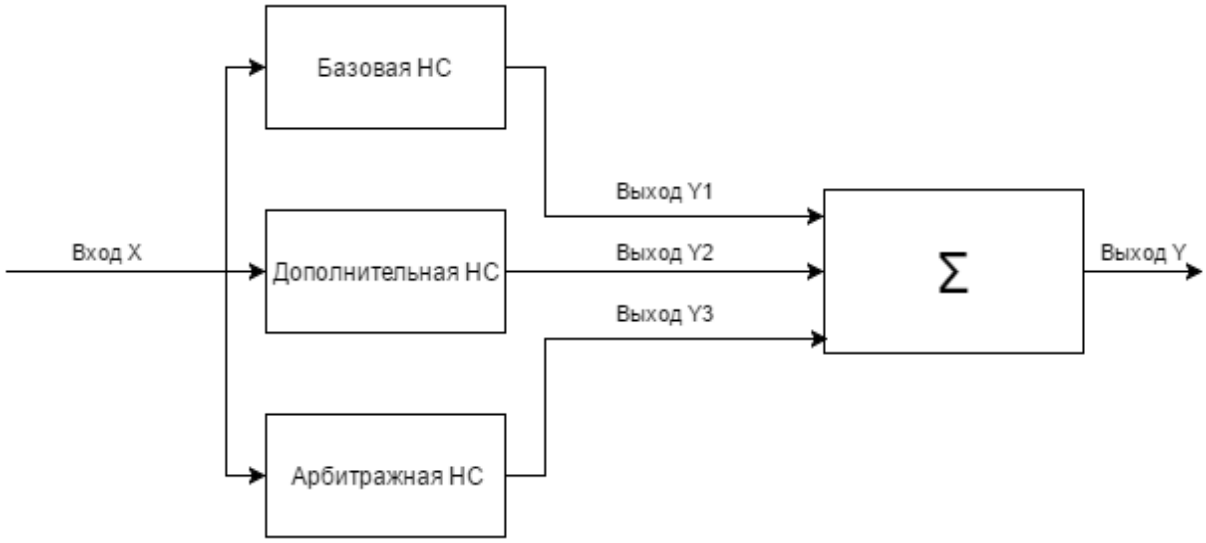


Рис. 7 - Схема работы обученной системы

Входной характеристический вектор подается на вход каждой нейронной сети, а выход нейронных сетей усредняется и подается на сумматор, который усредняет значения выходов и возвращает итоговый выход. Из полученного выхода можно сделать вывод о результате распознавания – элемент вектора, имеющий наибольшее значение, представляет тип, который определился системой нейронных сетей.

Заключение

В результате работы был проведен анализ предметной области, рассмотрены алгоритмы обработки изображений, классификации образов, поиска образа на изображении. Предложен алгоритм определения типа ГРЗ по изображению транспортного средства с использованием слабых экспертов. Спроектирована общая архитектура, спроектированы подсистемы, формализованы используемые алгоритмы.

Литература

1. Тассов К.Л. Применение искусственной нейронной сети неокогнитрон для распознавания государственных регистрационных знаков // Вестник МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2012, спец. выпуск «Программная инженерия», с. 189 – 199.
2. Друки А.А. Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном // Известия Томского политехнического университета, 2014, вып. №5, том 324, с. 85 – 92.
3. Юзов М.В., Пугачёв Е.К. Системы автоматического распознавания автономеров. Инженерный вестник, 2014, вып. №12, с. 583 – 588.
4. Kuo-Ming Hung, Ching-Tang Hsieh, A Real-Time Mobile Vehicle License Plate - Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 433-442 (2010)
5. Saqib Rasheed, Asad Naeem and Omer Ishaq, Automated Number Plate Recognition Using Hough Lines and Template Matching - Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol I WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA
6. Ondrej Martinsky, Algorithmic and mathematical principles of automatic number plate recognition systems – Bruno University of Technology
7. Балухто А.Н., Булаев В.И., Бурый Е.В., Буянов А.А., Власов А.И. и др. НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ. Под ред. А.И.Галушкина и Ю.В.Гуляева - Москва, 2003. Изд-во Радиотехника. 148 с. Сер. Библиотека журнала "Нейрокомпьютеры: разработка, применение". Книга 7.
8. Шахнов В.А., Власов А.И., Поляков Ю.А., Кузнецов А.С. НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ: АРХИТЕКТУРА И СХЕМОТЕХНИКА - Москва, 2000. 24 с. Изд-во Машиностроение. Сер. Приложение к журналу "Информационные технологии". Вып. 9.
9. Горелов Д.В., Власов А.И. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕГИСТРАЦИОННЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ // Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов Будущее машиностроения России. - М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2015. С. 389-394.
10. Алексеев М.А., Арабов Д.И. ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ В СИСТЕМАХ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ // Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов Будущее машиностроения России. - М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2015. С. 366-370.
11. Демин А.А. МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЛЛИГРАФИИ // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С. 5.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК И СТРКТУР СРЕДСТВ МЕЖСПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Дегтрярев А.О.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Аминев Д.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-4, Москва, Россия

ANALYSIS OF METHODS AND TOOLS PERSPECTIVE OF INTER-SATELLITE RADIO

Degtyarev A.O.
Supervisor: Ph.D. Aminev D.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Данная статья посвящена перспективному направлению использования межспутниковой связи. Оновное внимание уделено несущей сигнала и аппаратной части передающего устройства. В статье проведен анализ существующих решений, а так же предложены введения фазовых измерений для повышения точности измерения сигналов. Рассмотрены условия для устойчивости сигнала и последующего интегрирования в аппаратуру. Предложены модификации для аппаратной части передающего устройства в результате которых обеспечивается непрерывность фазы несущей радиосигнала, необходимой в свою очередь для непрерывной работы генератора несущей частоты с замкнутой петлей и фазовая автоподстройка частоты. Кратко рассмотрены модификации для аппаратной части приемного устройства, на основании полученных данных в результате проведенных анализов, расчетов и модификаций, были даны рекомендации для модификации аппаратной части приемного устройства.

Abstract
This article is devoted to perspective direction of use of inter-satellite communication. Main attention is paid to the carrier signal and the hardware of the transmitting device. In the article the analysis of existing solutions and the proposed introduction of phase measurements to improve the accuracy of measurement signals. The conditions for the stability of the signal and subsequent integration into the instrument. The proposed modification to the hardware of the transmitting device which ensures the continuity of the carrier phase of the signal, necessary in turn for the continuous operation of the generator carrier frequency with a closed loop, and phase frequency detectors. Briefly describes the modifications to the hardware of a receiving device, on the basis of the data obtained as a result of analyses, calculations and modifications, recommendations were made to modify the hardware of the receptor.

Введение

Межспутниковая радиосвязь это вид радиосвязи, который основан на использовании искусственных спутников земли в качестве ретронсляторов.

Основные достоинства межспутниковой связи - возможность осуществлять связь в любой точке мира. А так же на больших расстояниях.

Но у такой радиосвязи есть и недостатки: слабая помехозащищённость. Огромные расстояния между земными станциями и спутником, а также между спутниками являются причиной того, что отношение сигнал/шум на приемнике очень невелико. Задержки распространения сигналов и точность приема из-за больших расстояний и постоянного движения спутников.

Проблемы передачи сигналов до настоящего момента остаются актуальными, именно поэтому основное внимание было уделено этим аспектам.

При проектировании перспективных средств межспутниковой радиосвязи, которые обеспечивают прием и передачу сигнала, для обеспечения процесса измерений по фазе несущей необходимым условием является требование неразрывности фазы несущей частоты радиосигнала. При работе передатчика межспутниковая радиолиния по 20-ти секундной жесткой циклограмме (5 секунд - передача, 15 секунд - прием) осуществляет процесс передачи сигнала, после окончания режима передачи несущая частота

радиосигнала отключается путем снятия напряжения питания с микросхемы генератора управляемого напряжения. Это сделано с целью исключения возможности создания помехи («пролаз» несущей) в моменты приема сигнала. В связи с тем, что при «привязке несущей» частоты к опорной частоте 5 МГц используется операция деления опорной частоты, то при включении генератора управления напряжением фаза несущей может установиться в разных положениях относительно фазы опорного сигнала.

1 Концепция интеграции в аппаратуру межспутниковой радиолинии (МРЛ) фазовых измерений

Для обеспечения процесса измерений по фазе несущей необходимым условием является требование неразрывности фазы несущей частоты радиосигнала. В разработанных ранее проектах (рисунок приведен ниже "структурная схема бортовой аппаратуры межспутниковой связи"), при работе передатчика межспутниковая радиолиния по жесткой циклограмме, после окончания режима передачи несущая частота радиосигнала отключается путем снятия напряжения питания с микросхемы генератора управляемого напряжения. Это сделано с целью исключения возможности создания помехи («пролаз» несущей) в моменты приема сигнала. В связи с тем, что при «привязке несущей» частоты к опорной частоте 5 МГц используется операция деления опорной частоты, то при включении генератора управления напряжением фаза несущей может установиться в разных положениях относительно фазы опорного сигнала.

2 Анализ модификаций аппаратной части передающего устройства (РПДУ)

Для обеспечения непрерывности фазы несущей радиосигнала необходима непрерывная работа генератора несущей частоты с замкнутой петлей фазовая автоподстройка частоты. В этом случае при приеме радиосигнала на входе радиопередающего устройства будет присутствовать сигнал несущей.

Рассчитаем максимально допустимый уровень аналогового сигала на входе приемного тракта, который бы еще не мешал приему сигнала.

Мощность шумов на входе входного усилителя приемника в полосе пропускания аналогового тракта равна:

$$P_{ш\ ВУП} = к*T_ш*\Delta f \quad ,[2.1.1]$$

где $P_{ш\ ВУП}$ – мощность шумов;

к – постоянная Больцмана;

$T_ш$ – шумовая температура ВУП ;

Δf – полоса пропускания (шумовая) аналогового тракта

Принимая, что шумовая температура входного усилителя приемника (с учетом шумовой температуры антенно-фидерного тракта) равна 220° К, полоса пропускания аналогового тракта равна 12 МГц, получаем, что мощность шумов на входе входного усилителя приемника равна минус 135 дБВт.

Коэффициент усиления аналогового тракта должен быть таким, чтобы уровень выходных шумов составлял порядка 100 мВ эфф. (для обеспечения оптимальной работы аналого-цифрового преобразователя). Отсюда следует, что коэффициент усиления аналогового тракта должен быть примерно 100 дБ. Т.о. для оценки помехозащищенности аналогового тракта от воздействия внутриполосной помехи, можно считать, что её уровень не должен превышать уровень входных шумов, то есть минус 135 дБВт

Допускается, что:

- отключенное радиопередающее устройство (напряжение питания на усилителе мощности отсутствует), в силу наличия большого количества усилительных каскадов и

далее пространственной развязки передающей и приемных антенн (приблизительно 40 дБ), обеспечит развязку уровня несущей на своем входе более чем на 100 дБ;

- экранированный кабель, установленный между выходом формирователя сигнала межспутниковой радиолинии и входом радиопередающего устройства, обеспечит развязку между выходом формирователя сигнала межспутниковой радиолинии и входом премного тракта радиопередающего устройства не менее 60 дБ.

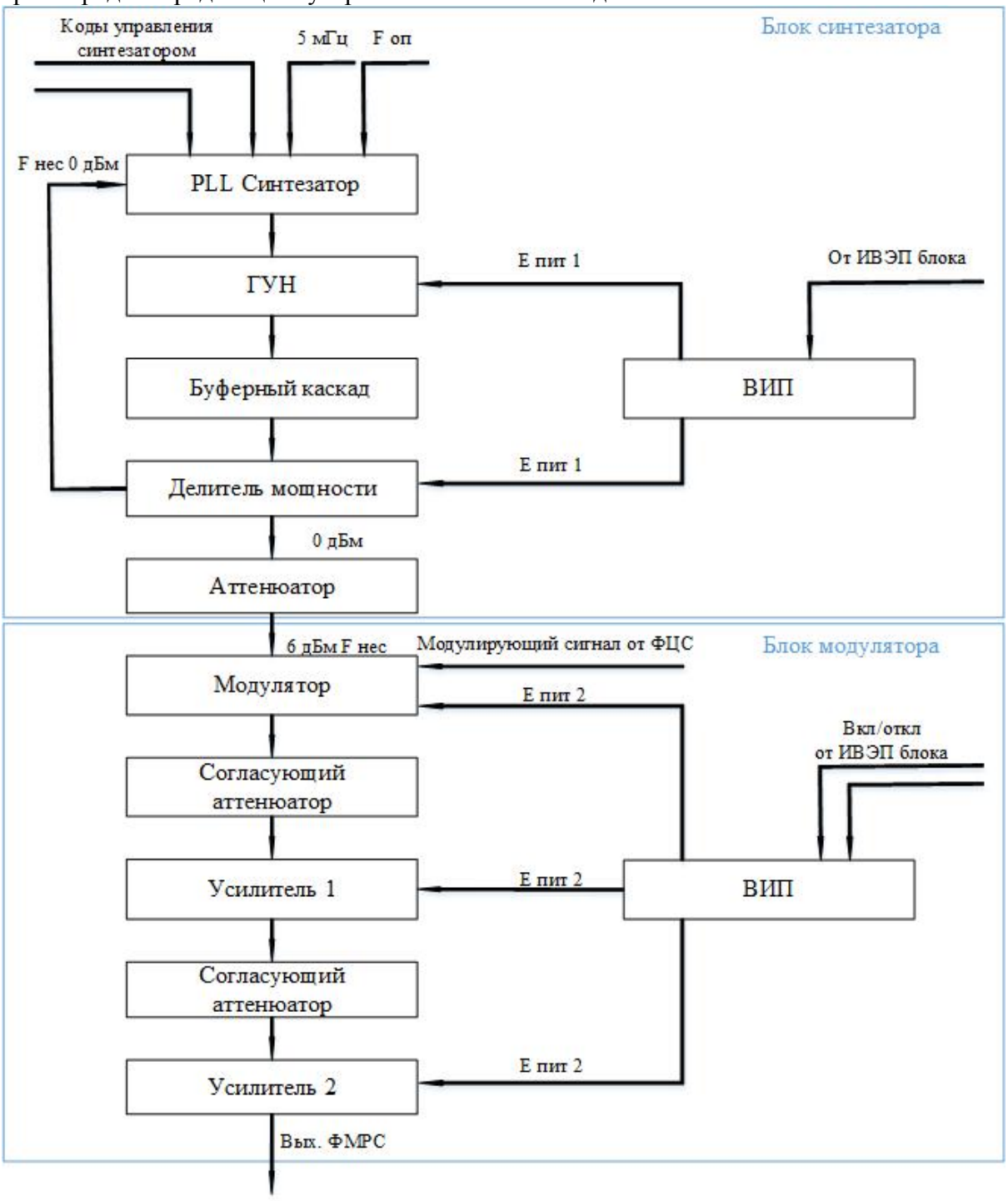


Рис. 1. упрощенная структурная схема линейного тракта формирования радиосигнала

Тогда максимальная мощность радиосигнала на выходе блока формирователя сигнала межспутниковой радиолинии должна быть не более минус 75 дБВт (на интервале приема радиосигнала при работе по 20-ти секундной циклограмме).

На Рис.1 представлена упрощенная структурная схема линейного тракта формирования радиосигнала с предлагаемым вариантом отключения несущей, путем

снятия напряжения с модулятора и выходных усилителей. Выходная мощность генератора управляемого напряжением для обеспечения захвата фазовой автоподстройки частоты на входе микросхемы PLL-синтезатора PE9763-11 фирмы «Peregrine» минус 30 дБВт (0 дБм). Таким образом: экранировкой синтезатора; использованием фильтров по питанию; отключением микросхемы модулятора и выходных каскадов усилителя на момент приема радиосигнала межспутниковой радиолинии необходимо понизить уровень несущей сигнала на выходе формирователя межспутникового радиосигнала на 45 дБ и более.

3 Анализ модификаций аппаратной части приемного устройства (РПУ)

РПУ работает следующим образом. Устройство начинает работу при подаче на него входных сигналов: высокочастотного сигнала ВЧ сигнала частотой F=(2212,5±6) МГц с выхода ВУП, опорного синусоидального сигнала частотой F=5 МГц и диапазоном от 200 до 500 мВ с выхода платы разветвления 5 МГц, секундной метки бортовой шкалы времени.

Так как аппаратура приемника при работе МРЛ по жесткой 20-ти секундной циклограмме и в перерывах между сеансами работы не отключается, то доработка аппаратной части приемного устройства не требуется.

Заключение

В результате проведенной работы разработаны предложения по улучшению основных ТТХ характеристик аппаратуры межспутниковой радиолинии.

Даны предложения по модернизации навигационного сообщения сигналов открытого доступа.

Доработка и модифицирование аппаратной части в дальнейшем позволит обеспечить реализацию новых структур радиосигналов.

Радиоприемное устройство, помимо кодовых измерений, дополнительно формирует измерения псевдофазы несущей по каждому каналу приема.

Радиопередающее устройство обеспечивает неразрывность фазы несущей радиосигнала при работе в 20-ти секундных циклах приема-передачи.

Литература

1. Кларк Дж., мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1987. — 392 с.
2. Возенкрафт Дж., Джекобс И. Теоретические основы техники связи - М.: Мир, 1969. — 640 с.
3. Аминев Д.А., Кондрашов А.В. Анализ и классификация методов преобразования потоков цифровых данных для высокоскоростных систем обработки и регистрации // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2012. № 1-2. С. 37-41.
4. Аминев Д.А., Лисицын И.Ю., Увайсов С.У. Защита бортовой спутниковой навигационной системы от кратковременного пропадания электропитания и электромагнитных помех // Технологии электромагнитной совместимости. 2013. № 3 (46). С. 45-49.
5. Азизов Р.Ф., Аминев Д.А., Увайсов С.У., Иванов И.А. Способ организации связи на основе приоритетов для децентрализованной сети // Технологии электромагнитной совместимости. 2013. № 4 (47). С. 5-8.
6. Аминев Д.А., Козырев А.А. К вопросу об оценке стоимости организации канала связи для передачи информации // Труды Научно-исследовательского института радио. 2012. № 3. С. 3-7.

7. Аминев Д.А., Увайсов С.У., Кондрашов А.В. Повышение качества проектирования высокоскоростных многопотоковых систем регистрации цифровых данных // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 459-460.
8. Аминев Д.А., Свиридов А.С., Увайсов С.У. Варианты реализации входного тракта спутникового навигационного приемника // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 3. С. 76-83.
9. Аминев Д.А., Журков А.П., Козырев А.А., Увайсов С.У. Методы измерения фазы и временных параметров импульсов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 4. С. 64-70.
10. Мысловский Э.В., Власов А.И., Кузнецов А.С. Цифровые сигнальные процессоры с фиксированной точкой семейства ADSP21XX. Учебное пособие - Москва, 2003. Том 2. Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 75 с.
11. Мысловский Э.В., Власов А.И., Меньшов К.А. Цифровые сигнальные процессоры с плавающей точкой семейства ADSP2106X. Учебное пособие - Москва, 2003. Том 3. Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 75 с.
12. Назаров А.В., Мельников В.П., Куприянов А.И., Енгалычев А.Н. Эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования - Москва, Академия. 2014. 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СХЕМ С КВАРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

Джандаров А.Р.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Резчикова Е.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

RESEARCH DESTABILIZING EFFECT OF VIBRATION ON THE OPERATION OF THE CIRCUIT WITH A CRYSTAL

Dzhandarov A.R.
Supervisor: Ph.D., Rezchicova E.V.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваетсяметодика испытания кварцевых резонаторов. Подробно исследовановлияние дестабилизирующих факторов на их функционирование. Кратко представленыосновные характеристики кварцевых резонаторов, изменяющиеся под воздействием вибрации. В заключении представлены рекомендации по проведению испытаний виброустойчивости кварцевого резонатора.

Summary
The article discusses the technique of testing of quartz resonators. Studied in detail the effect of destabilizing factors on their functioning. Briefly, the main characteristics of quartz resonators, changing under the influence of vibration. In conclusion, presented guidelines for testing vibration resistance of the quartz resonator.

Введение

К аппаратуре, использующейся в жестких условиях эксплуатации, предъявляются высокие требования относительность их вибропрочности, виброустойчивости, устойчивости к ударам и линейным ускорениям. В такой аппаратуре обычно используются высококачественные электрорадиоэлементы, дабы в ответственный момент не произошло искажения выходных характеристик или же отказа аппаратуры.

Однако существуютуникальные по функциямэлектрорадиокомпоненты чувствительные к механическим воздействиям. К таким элементам относятся кварцевые резонаторы.

Кварцевые резонаторы являются составной частьюцелогоклассаответственной аппаратуры. Например, они широко применяются в системах аэрокосмического комплекса в качестве тактирующего элемента микроконтроллеров и интегральных схем программируемой логики.

Но, по сравнению с другими электронными компонентами, кварцевые резонаторы,в силу конструктивной особенности, имеют низкую устойчивость к внешним воздействующим факторам. Например, при воздействии вибрации, амплитуда ускорения,в соответствии с ТУ на этот компонент,обычно не должна превышать 15-20g.

В связи с этим у инженеров появляется непростая задача обеспечить работоспособность аппаратуры с кварцевым резонатором при разрушающемвоздействии вибраций.

Целью данной работы является исследование влияния дестабилизирующего воздействия вибрации на характеристики кварцевого резонатора.

1 Характеристики кварцевых резонаторов

Пьезоэлектрическим резонатором называется устройство, состоящее из определенными образом выполненного пьезоэлектрического кристалла и приспособления, предназначенного для закрепления и соединения его с внешней электрической цепью [1].

Кварцевый резонатор - пьезоэлектрический резонатор, основным элементом которого являетсяхрупкийкварцевый кристаллический элемент – электромеханическая колебательная система, всегда состоящая из держателя и смонтированного в нем вибратора [2].

На рисунке 1 представлена эквивалентная схема кварцевого резонатора. Данная схема представляет собой колебательную цепь, состоящую из последовательно соединенных между собой динамического сопротивления R_k, динамической емкостиC_k и динамической индуктивности L_kкварцасоединенных параллельно статической емкости кварцевого резонатора C_0 и статической емкости кварцедержателя C_1[2].

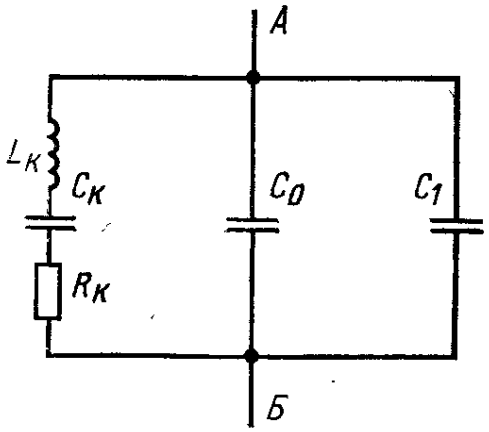


Рис. 1. Эквивалентная схема кварцевого резонатора

С помощью эквивалентных параметров можно определить резонансные частоты эквивалентной схемы, а значит и кварцевого резонатора. Кварцевый резонатор имеет две резонансные частоты: частота при последовательном резонансе и частота при параллельном резонансе.

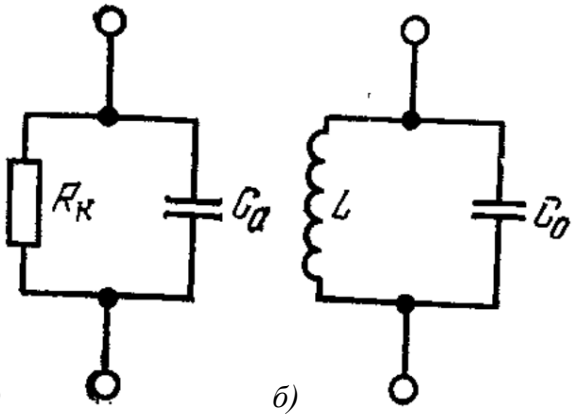
При последовательном резонансе абсолютные значения реактивных сопротивлений последовательной ветви эквивалентной схемы равны [2]. Частота, соответствующая последовательному резонансу равна:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}} \quad (1)$$

При параллельном резонансе равны абсолютные значения реактивных сопротивлений последовательной и параллельной ветвей эквивалентной схемы [2]. Частота, соответствующая параллельному резонансу равна:

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}\sqrt{1+\frac{C_k}{C_0}} \quad (2)$$

Эквивалентные схемы при последовательном и параллельном резонансе представлены на рисунке 2.



а) *б)*

Рис. 2. Эквивалентные схемы пьезоэлектрического кварцевого резонатора:

а – при последовательном резонансе,*б* – при параллельном резонансе

Емкостное отношение C_k/C_0 характеризует разность частот при последовательном и параллельном резонансах кварцевого резонатора [2].

2Анализ дестабилизирующих факторов и их причин

Проблемы функционирования кварцевых резонаторов могут иметь различные причины: использование некачественных материалов при производстве, нарушение технологии изготовления, влияние внешних механических и тепловых факторов, или же влияние времени [3].

Общая проблема для всех конструкций кварцевых резонаторов – это низкая виброустойчивость и вибропрочность.Под виброустойчивостью понимают способность компонента выполнять свои функции при действии вибрации, а вибропрочность – это способность сохранять целостность и не разрушаться при действии вибрации. Наиболее типичные виды отказов по вибропрочности представлены на рисунке 3.

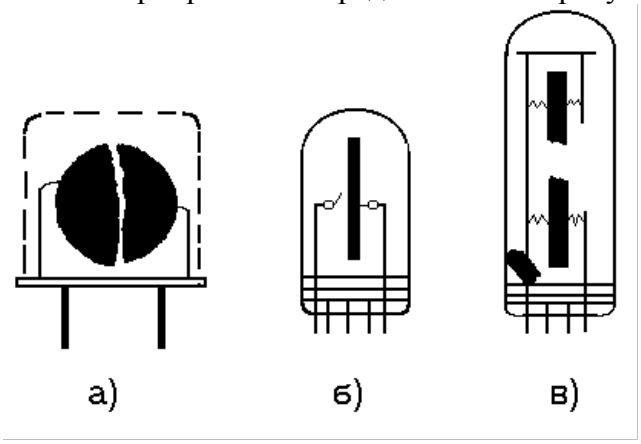


Рис. 3. Виды отказов кварцевых резонаторов:
а) трещина в кристалле; б) отрыв траверс; в) разрушение кристалла

Используя методы ТРИЗ(теория решения изобретательских задач)рассмотрим причины неисправностей кварцевых резонаторов (рисунки 5 и 6) [4].

Рис. 4. Диаграмма Иссикавы

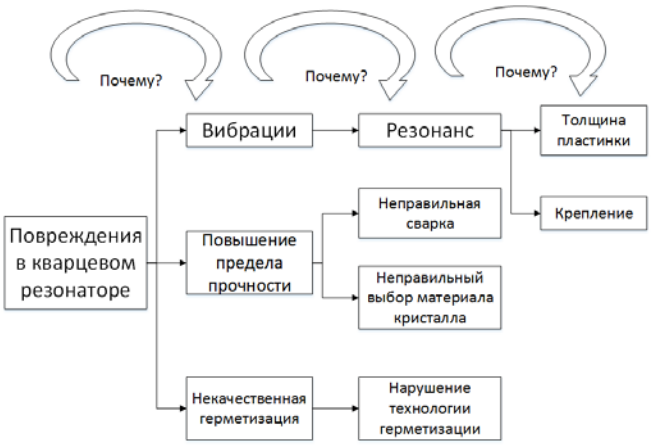


Рис. 5. Диаграмма «5 почему»

Предполагаемой ключевой причиной проблемы является механический резонанс, возникающий в кварцевом резонаторе под воздействием вибраций.

3 Описание метода испытания на виброустойчивости кварцевого резонатора при воздействии синусоидальной вибрации

Испытания на виброустойчивость проходят под электрической нагрузкой[5]. Во время проведения испытания проверяются номинальные параметры кварцевого резонатора, измеренные до виброиспытаний. Кварцевый резонатор считается виброустойчивым, если во время разрушающего воздействия вибрации резонатор сохраняет свои номинальные характеристики в пределах норм, установленных в ТУ и стандартах.

Испытание производится путем плавного изменения частоты вибрации от меньшего к большему и обратнов заданном диапазоне. Скорость изменения частоты устанавливается равной 1-2 октавы [5].

Режимы испытаний устанавливаются в соответствии со значениями, представленные на рисунке 6. На частотах ниже частоты перехода поддерживают постоянной амплитуду перемещения, а на частотах выше частоты переходаподдерживают постояннойамплитуду ускорения [5].

Степень жесткости	Диапазон частот, Гц	Амплитуда перемещения, мм	Частота перехода, Гц	Амплитуда ускорения, мс$^{-2}$(g)
I	10-35	-	-	5 (0,5)
II	10-55 (60)*	-	-	10 (1,0)
III	10-55 (60)*	0,5	32	20 (2,0)
IV	10-55 (60)*	0,5	-	- -
V	10-80	0,5	32	20 (2,0)
VI	10-80	0,5	50	50 (5,0)
VII	10-150	0,5	50	50 (5,0)
VIII	10-200	0,5	5	50 (5,0)
IX	10-500 (600)*	0,5	50	50 (5,0)
X	10-500 (600)*	1,0	50	100 (10,0)
XI	10-2000 (3000)*	1,0	50	100 (10,0)
XII	10-2000 (3000)*	2,0	50	200 (20,0)
XIII	10-2000	4,0	50	400 (40,0)
XIV	10-5000	4,0	50	400 (40,0)

Рис. 6. Режимы испытаний на виброустойчивость при воздействии синусоидальной вибрации

При проверке на виброустойчивость обычно выбирают такие контролируемые параметры, по изменению которых можно судить о виброустойчивости в целом. В случае с кварцевым резонатором таким параметром является выходной сигнал, по искажениям которого можно будет делать заключение о виброустойчивости кварцевого резонатора. Предполагается проверить гипотезу о том, что выходной полезный сигнал может искажаться за счет модулирования частотой внешней вибрации.

После испытания кварцевого резонатора необходимо провести визуальный осмотр изделия, и измерить его характеристики [6].

Заключение

В рамках данной работы проведен анализ дестабилизирующих воздействий на функционирование кварцевого резонатора. Определена предполагаемая ключевая причина проблемы, коей является резонанс,возникающий в кварцевом резонаторе под воздействием вибраций. Дано описание основных характеристик кварцевых резонаторов. Приведена методика испытания на виброустойчивость, а также даны рекомендации по его проведению. Материалы данной статьи лягут в основу программы испытаний виброустойчивости кварцевых резонаторов.

Литература

1. Плонский А.Ф. Кварцевые резонаторы—М.: Государственное энергетическое издательство, 1954. 95 с.
2. Глюкман Л.И. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Радио и связь, 1981. 232 с.
3. Гуськов А.М., Коровайцева Е.А., Пановко Г.Я., Шохин А.Е. Динамика кварцевого резонатора в условиях внешней вибрации. — М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014.208 с.
4. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач: учеб. пособие, 3-е изд. испр. и доп. — М.: ФОРУМ, 2015. 384 с.: ил. – (Высшее образование)
5. Федоров В., Сергеев Н., Кондрашин А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств. — М.: Техносфера, 2005. 502 с.
6. Чеканов А.Н., Резчикова Е.В., Парфенов Е.М., Усачев В.П. Под ред. А.Н. Чеканова.Методы защиты электронной аппаратуры от механических и акустических воздействий. Уч. пособие по курсу «Теоретические основы конструирования и надежности ЭВА и РЭА»— М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1987. 44 с.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 16-06-00404А).

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ НАСОСОМ В ПРОСТЫХ СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Евтушенко Д.В.
Научный руководитель: Цивинская Т.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

AUTOMATED CONTROL OF THE CIRCULATION PUMP IN A SIMPLE SYSTEM HOT WATERSYSTEMS

Evtushenko D. V.
Supervisor: Tsyvinskay T.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье рассматривается возможность повышения экономичности и автономности простых систем горячего водоснабжения путем введения интеллектуального модуля в циркуляционный насос. В ходе работы была изучена схема управления режимами работы циркуляционного насоса, рассмотрены недостатки его конструкции и предложено возможное решение данной проблемы в виде концепции электронного модуля.

Abstract
This article discusses the possibility of increasing the efficiency and autonomy of the simple hot water systems through the introduction of intelligent module in the circulation pump. In the course of its design flaws and suggest possible in the form of an electronic module concept to address this problem modes of circulation pump control circuit has been studied considered.

Введение

Актуальность данной работы заключается в повышении экономичности работы систем горячего водоснабжения, осуществляющих принудительную циркуляцию теплоносителя, путем добавления интеллектуального модуля непосредственно в механизм циркуляции.

Объектом исследования в рамках данной работы является циркуляционный насос, обеспечивающий перегон теплоносителя по веткам системы отопления, а также способы регулирования его работы.

Цель работы заключается в автоматизации системы управления типового циркуляционного насоса.

Практическая ценность работы состоит в значительной экономии энергоресурсов, за счет введения интеллектуального модуля, который адаптирует работу системы водоснабжения в зависимости от параметров окружающей среды.

Для достижения поставленной цели было проведено исследование принципов работы систем горячего теплоснабжения, изучена схема коммутации клеммной коробки типового циркуляционного насоса, и на базе полученных знаний выполнена математическая модель оптимального режима работы насоса. Принимая результаты моделирования за исходные данные процесса регулировки насоса, разработаны функциональная и электрическая схемы нителлектуального модуля управления насосом. После положительных результатов стендовых проверок работоспособности разработанной схемы на её базе разработана конструкция блока автоматического управления регулировкой циркуляционного насоса [1].

Результатом проекта является готовое решение, приспосабливаемое под различные нужды заказчиков и способное интегрироваться в любую систему горячего водоснабжения, имеющую в своём составе циркуляционный насос [2].

1 Принцип управления режимами работы циркуляционного насоса

На рисунке 1 показан внешний вид типового циркуляционного насоса. Чаще всего, в системах отопления используются простые насосы, которые не имеют в своем составе электронной начинки, управляющей скоростями работы электродвигателя. В данном случае, выставление нужной скорости вращения осуществляется путем коммутации обмоток электродвигателя с помощью обычного ручного переключателя. Схема электрическая принципиальная типового циркуляционного насоса приведена на рисунке 2.

Рис. 1. Внешний вид циркуляционного насоса

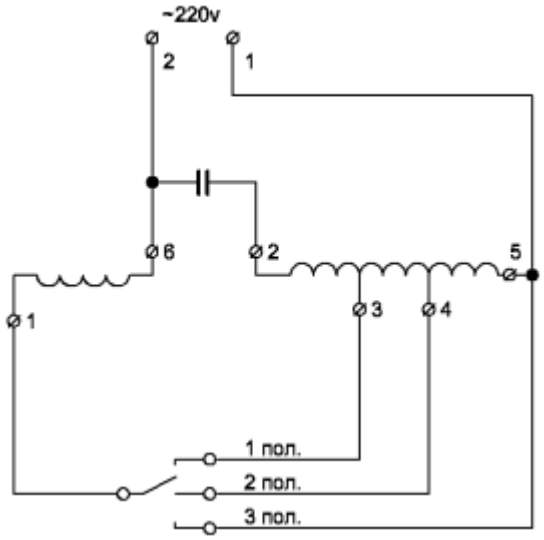


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная циркуляционного насоса

2 Проблема ручного управления

Как правило, такие насосы используются в простых системах с регулировкой температуры от внутреннего термостата отопительного котла. Регулировка скорости циркуляции теплоносителя, в соответствии с внешней температурой, позволит термостату раньше реагировать на включение или отключение котла. Например, если температура снаружи помещения стала уменьшаться, то необходимо снизить скорость циркуляции теплоносителя в системе. Он начинает более медленно отдавать тепло, что приводит к

снижению частоты включения отопительного котла. Таким образом, экономится топливо или электрическая энергия для нагрева теплоносителя.

Так как, ручной переключатель не является интеллектуальным устройством, то вся система водоснабжения не имеет возможности быть автономной и требует постоянного вмешательства человека для регулировки скорости циркуляции теплоносителя в системе, от которого, в конечном итоге, зависит расход энергии водонагревательным устройством.

При небольшой разности температур, не более пяти градусов, между внешней средой и отапливаемым помещением из-за человеческого фактора невозможна точная и быстрая регулировка нагрузки насоса, что приводит излишнему расходу энергии, требуемой для нагрева теплоносителя..

3 Реализация устройства управления циркуляционным насосом

Готовое изделие должно представлять из себя легко коммутируемое надежное устройство и предоставлять пользователю возможность легко настраивать диапазон регулируемых температур под свои нужды, а, так же, отслеживать температуру внутри помещения и внешней среды.

Для реализации поставленной задачи, предложена функциональная схема устройства управления, представленная на рисунке 3 [3 - 5].

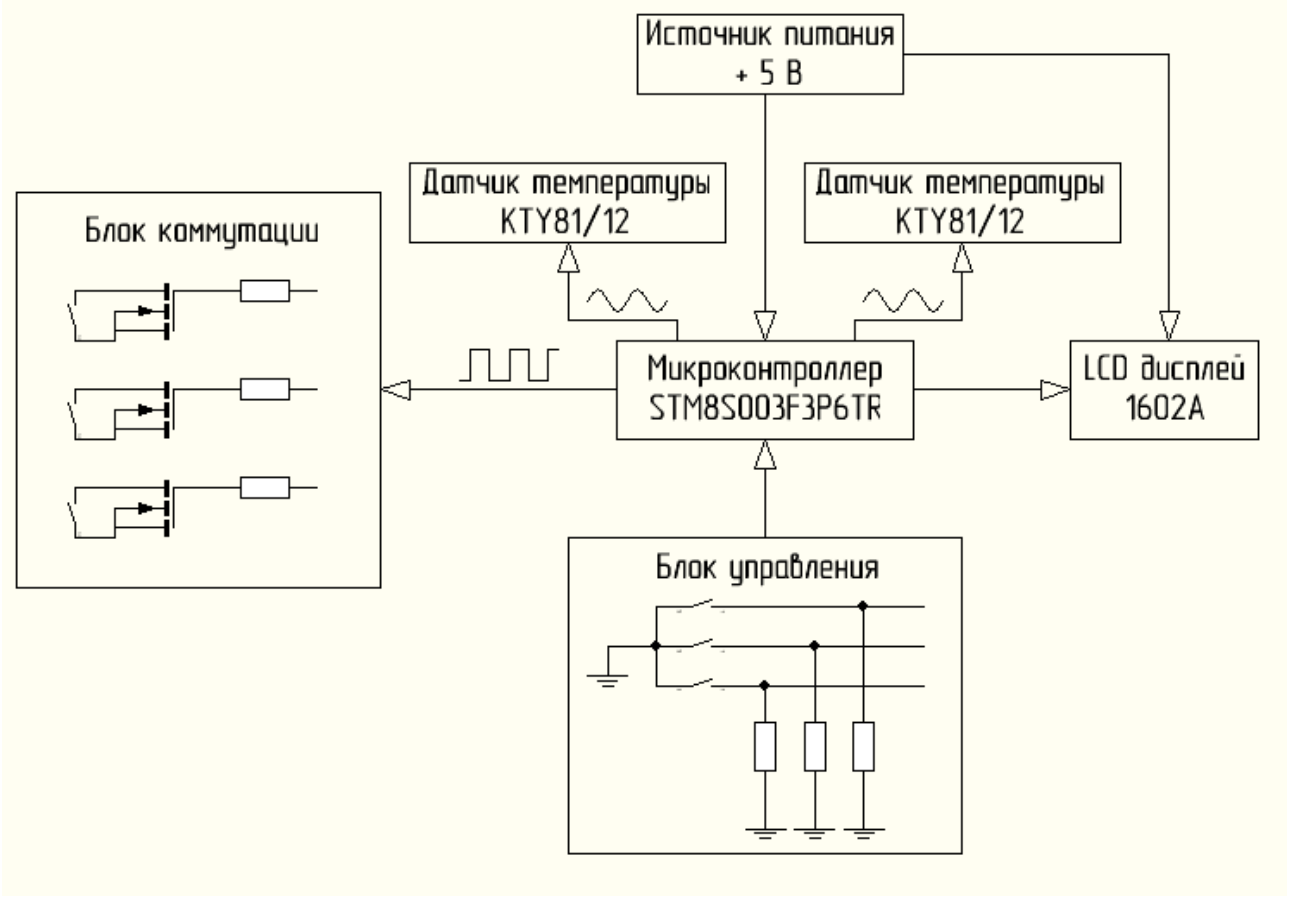


Рис.3. Эскиз функциональной схемы устройства

В целях удешевления сибестоимости устройства, было решено использовать микроконтроллер STM8S003F3P6TR. Его функциональных возможностей и вычислительных мощностей более чем достаточно для выполнения поставленной задачи, а именно:

- пяти канальный аналого-цифровой преобразователь, для подключения датчиков температуры;
- тактовая частота 16 МГц;

- 28 пинов входа/вывода, для возможности подключения тактовых кнопок, полевых ключей и дисплея;

- присутствуют модули UART, SPI и I^2C, которые дают возможность использовать альтернативные датчики и LCD матрицы.

- требования к оперативной, программной и энергонезависимой памяти практически не предъявляются, в силу тривиальности управляющей программы.

Вывод информации реализован с помощью LCD дисплея с управляющим контроллером KS0066U**.** Данная матрица была выбрана из соображений максимального удешевления конечной стоимости устройства.

В качестве датчиков температуры, предложено использовать термисторы, ввиду их надежности, простоты, доступности, низкой стоимости и минимальным требованиям к точности измерения температуры.

Недостатком данного решения является необходимость вмешательства в конструкцию клеммной коробки циркуляционного насоса, для коммутации обмоток электродвигателя с устройством управления в обход стандартного ручного переключателя [6].

Заключение

Результатом проведенной работы является основа для проектирования устройства, способного экономить расход энергии в простых системах горячего водоснабжения.

Преимуществами данного решения являются низкая стоимость готового устройства, высокая надежность, ввиду простоты реализации, возможность встраивать его в любую систему отопления с циркуляционным насосом.

Литература

1. Шафлик В., Современные системы горячего водоснабжения — К.: ДП ИПЦ, Такі справи, 2010, — 316 с.: ил.
2. Мещеряков В. Н., Шишлин Д. И., Асинхронные машины: учеб. пособие для вузов — Старый Оскол : ТНТ, 2014. - 107 с. : ил. - Библиогр.: с. 103-106.
3. Белов А. В., Конструирование устройств на микроконтроллерах — СПб. : Наука и Техника, 2005. - 255 с. - (Радиолюбитель). - Библиогр.: с. 255.
4. Бойко В. И., Гуржий А. Н., Жуйков В. Я. [и др.]., Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры, - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 453 с. : ил. - Библиогр.: с. 445-448.
5. Мысловский Э., Власов А., Акристиний М. КРАТКИЙ ОБЗОР ПОПУЛЯРНЫХ СЕМЕЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ // Электронные компоненты. 2002. № 5. С. 47-50.
6. Цивинская Т.А., Власов А.И., Журавлева Л.В., Сергеева Н.А. Анализ применения средств оценки массового расхода в энергосберегающих системах // В книге: Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах Тезисы докладов 2-ой Международной конференции с элементами научной школы. 2015. С. 63-65.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке
по Соглашению №2.4176.2017/ПЧ

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГРАФЕНА

Силаев В.М., Ечеистов В.В.
Научный руководитель: асп. Терентьев Д.С.
Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра «ИУ-4»

PROSPECTS ANALYSIS OF GRAPHENE DEVICES

Silaev V.M., Echeistov V.V.
Supervisor: asp. Terentiev D.S.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье представлен анализ перспектив изделий из графена. Кратко рассмотрены характеристики и свойства графена. Дана обобщенная классификация областей применения изделий из графена. Подробно рассмотрены исследования современных графеновых транзисторов. В заключении рассмотрены перспективы по направлениям дальнейших исследований.

Abstract
Prospects analysis of graphene devices was presented in this article. Characteristics and properties of graphene were briefly shown. A generalized classification of applications graphene was given. Detailed studies are considered modern graphene transistors were deeply studied in this article. Perspectives of further research were given in conclusion.

Введение

Открытие графена, сделанное в 2004 году двумя учеными-физиками Андреем Геймом и Константином Новоселовым подтвердило положения, сформулированные П. Воллеса о свойствах графита, который еще в 1947 году показал, что структура этого материала аналогична металлам и некоторые его характеристики подобны тем, какими обладают ультрарелятивистские частицы, нейтрино и безмассовые фотоны. Российские ученые создали углеродную пластину, более твердую, чем алмаз, толщина которой при этом составила всего один атом. Полученный углерод в свободном состоянии исследователи назвали графеном. В новом материале обнаружились уникальные физические свойства. Результаты своей работы вместе с описанием способа получения графена на подложке окисленного кремния Гейм и Новоселов опубликовали в журнале Science [1].

В настоящее время существует несколько способов получения графена из графита. Способ, примененный Геймом и Новоселовым, основан на механическом отщеплении, или отшелушивании слоёв графита. Чешуйки графита помещались учеными на клейкую ленту (скотч), затем лента складывалась липкой стороной внутрь и затем «раздиралась», в результате чего чешуйка расщеплялась на две. Операция повторялась, что в конце концов позволило получить фрагмент толщиной всего один атом [1].

1 Анализ характеристик и свойства графена

Графен представляет собой двумерный кристалл. В основе структуры материала лежит гексагональная решетка, состоящая из атомов углерода. Важно сказать, что несмотря на кристаллическую пленку углерода толщиной в один атом, графен является самым тонким и при этом весьма прочным материалом. Следует отметить его высокопроводящие свойства (пропускает электричество намного лучше кремния, используемого для производства компьютерных чипов) и способность поглощать примерно 2% света из широкого оптического диапазона: от ультрафиолета до инфракрасного света.

Открытый российскими учеными наноматериал является уникальным по своей физической природе: и электроны, и «дырки», являющиеся фермионами (частица с

полуцелым значением спина — собственного момента импульса элементарных частиц), — заряжены. Среди существующих известных элементарных частиц, в настоящее время нельзя найти аналогов безмассовым заряженным фермионам. Графен «выигрывает» у всех традиционных материалов (кремний, германий, сурьма и др.) по таким параметрам, как проводимость, прозрачность и химическая инертность [2-5].

2 Анализ областей применения изделий из графена

Открытие графена позволило сделать шаг вперед в микроэлектронике. Материал применяют в качестве прозрачного внешнего электрода с хорошей проводимостью в жидкокристаллических дисплеях, солнечных батареях и фотоэлектронных датчиках. Он может быть использован в быстродействующей микроэлектронике и способен вытеснить кремний, несмотря на относительно невысокую стоимость последнего. Рекордная подвижность носителей тока в графене позволяет использовать его в устройствах, работающих на терагерцовых частотах, например – при сканировании багажа и людей.

Рис. 1. Классификация областей применения изделий из графена

При использовании графена возникают некоторые технические проблемы. Например, традиционный полевой транзистор на графене невозможно полностью запереть, у таких транзисторов высокое тепловыделение. В цифровых схемах графеновый транзистор нельзя применить, в силу того, что он не способен обеспечить достаточное отношение сопротивления транзистора в открытом и закрытом состояниях. Проблема обеспечения требуемого отношения сопротивлений решается применением различных новых материалов новой архитектуры. Внедрение графена в пластмассу придаёт ей электропроводность.

Ученые считают, что сенсоры, которые созданы на основе графена смогут анализировать прочность и состояние самолета, а также предвидеть землетрясения. Графен и его применение потенциально рассматриваются в качестве основы для легковесных спутников и самолетов. Новый материал способен заменить углеродные волокна в композиционных материалах. Следует отметить, что использование пудры из нановещества при производстве электрических аккумуляторов в разы увеличивает их эффективность. Из недавно открытого материала может получиться легкий и прочный пластик.

Интересно отметить, что в некоторых медицинских исследованиях графен показывает себя в качестве противоракового средства. Обнаружить злокачественную опухоль на ранних стадиях ее развития позволяют непревзойденные оптические и электрические свойства наноматериала. Оксид графена позволяет производить адресную доставку лекарственных и диагностических средств. На основе нового материала создаются сорбционные датчики, указывающие на молекулы ДНК.

Различные сорбенты на основе оксида графена могут быть использованы для дезактивации зараженных техногенных объектов. Графен способен переработать подземные и поверхностные воды, а также почвы, очищая их от радионуклидов. Фильтры из оксидов графена могут обеспечить помещения чистотой. Особенные уникальные свойства данного материала позволяют развивать технологии химической отрасли: с помощью графена возможно извлечение радиоактивных, рассеянных и редких металлов.

Использование графена не исчерпывается представленными выше областями. Мир находится только в начале длинного пути, на котором могут открыться немыслимые, необычные сферы применения данного материала. Например, корпорация IBM при поддержке агентства Министерства обороны США DARPA разработала технологию изготовления графеновых (углеродных) транзисторов, которые по своим характеристикам намного превосходят кремниевые. Грядущие качественные преобразования в нашей жизни могут оказаться сопоставимыми по широте и глубине с теми, которые уже произошли с появлением и распространением кремниевых полупроводников.

3 Перспективные направления дальнейших исследований

Одним из перспективных направлений дальнейших исследований является создание транзисторов на основе латеральной гетероструктуры из графеновых пленок толщиной в один атом и областей из нитрида бора [3] Такие структуры позволяют провести технологическое исследование настоящих двухпространственных графеновых полевых транзисторов. Такие устройства будут лишены недостатков графеновых транзисторов, изготовленных традиционным образом. На Рисунке 2 представлена модель исследуемого транзистора на основе гетероструктуры графен-BN.

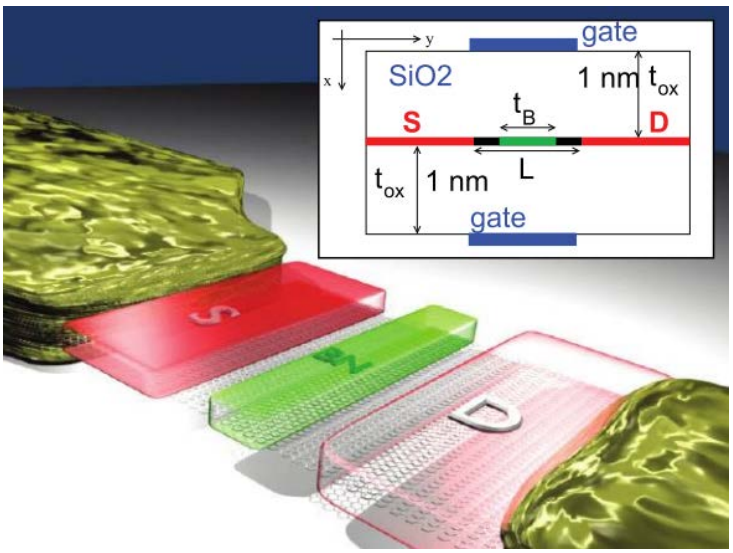


Рис. 2. Структура графенового транзистора и его модель

Данная модель была построена и исследована в среде бесплатного пакета NanoTCAD ViDES, который позволяет моделировать наноразмерные устройства посредством согласованных решений уравнений Пуассона и Шредингера с помощью

формализма неравновесной функции Грина [4]. На рисунке 3 представлены сравнительные переходные характеристики транзисторов, полученные в результате моделирования.

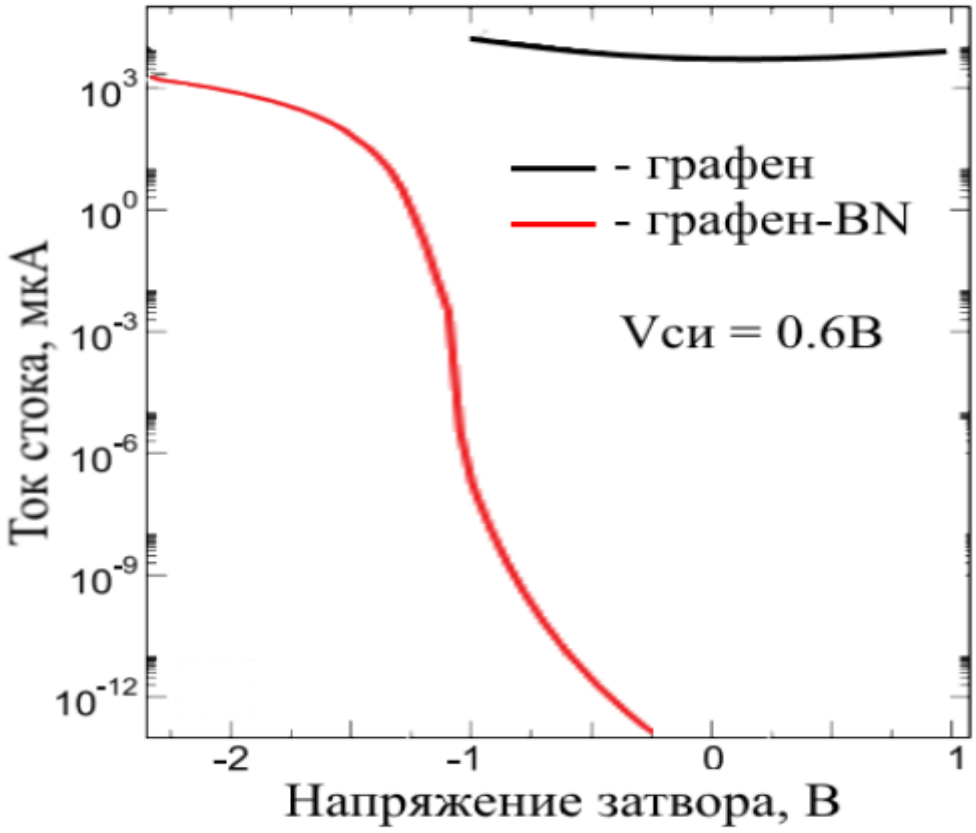


Рис. 3. Переходные характеристики транзисторов

Как уже замечалась выше, полевой транзистор на основе только графена обладает плохой переходной характеристикой: такой транзистор невозможно закрыть управляющим напряжением затвора. Транзистор на основе гетероструктуры графен-BN демонстрирует противоположный результат: при нулевом потенциале затвора транзистор закрыт. При падении потенциала затвора ток стока растет линейно вплоть до насыщения транзистора при 1 мА.

Основная проблема на данный момент – изготовление гетероструктуры графен-BN, а также отработка технологического процесса производства подобных транзисторов.

Заключение

Графен представляет собой материал, сфера применения которого безгранична. Исследования этого материала год от года раскрывают его новые свойства, которые позволяют еще больше расширить спектр потенциальных изделий из графена.

Перспективным направлением для изделий из графена является микроэлектроника. Современные тенденции показывают, что потенциал кремния постепенно подходит к концу. Как показывает данная работа, графен представляет собой вполне реальное логическое продолжение кремниевой эры микроэлектроники.

Литература

1. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // Science. V. 306. P. 666–669. 22 October 2004..
2. Fior G., Betti A., Bruzzone S., Iannaccone G. Lateral Graphene hBCN Heterostructures as a Platform for Fully Two-Dimensional Transistors. ASC Nano, 2012, vol. 6, no. 3, pp. 2642–2648.
3. NanoTCAD ViDES. Режим доступа: http://vides.nanotcad.com/vides (дата обращения 14.01.2017).
4. Novoselov K. S. et al. «Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films», Science 306, 666 (2004) DOI:10.1126/science.1102896
5. Novoselov K.S., Geim A.K. The electronic properties of graphene. Department of Physics and Astronomy, University of Manchester, Manchester, M13 9PL, United Kingdom, 14 January 2009, 54 p.
6. Власов А.И., Терентьев Д.С., Шахнов В.А. Графеновый гибкий сенсорный экран с интегрированным аналого-цифровым преобразователем // Микроэлектроника, 2017, том 46, №3, С.1-9.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАТОВ «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АУДИО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ»

Григорьев П.В.
Научный руководитель: проф. Семенцов С.Г.
Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра «ИУ-4»

DEVELOPMENT OF THE DEVICE TO CHANGE FORMAT "UNIVERSAL AUDIO CONVERTER"

Grigoriev P.V.
Scientific adviser: Dr. Semencov S.G.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Данная статья посвящена описанию процесса разработки устройства «Универсальный аудио-преобразователь» на базе ПЛИС Altera MAX II. В процессе создания был разработан и отлажен логический проект в системе Xilinx ISE WebPACK 14.7, предназначенной для проектирования цифровых устройств. Также были проанализированы временные диаграммы, полученные в результате моделирования логического проекта и разработана методика тестирования аудио-преобразователя. По итогам работы были сделаны положительный вывод о качестве разработанного устройства, предназначенного для преобразования формата аудио-данных.
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аудио-преобразователь, ПЛИС, ISE WebPACK, логический проект

Abstract
This article describes the device development process "Universal audio converter" on FPGA Altera MAX II. In the process of creating a developed and debugged a logical project in Xilinx ISE WebPACK 14.7 system for the design of digital devices. Also, the timing charts were analyzed, resulting logic design simulation and testing methodology developed by the audio transducer. According to the results of a positive conclusion about the quality of the developed apparatus for converting audio data format have been made.

Введение

ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь) - устройство для преобразования цифрового (обычно двоичного) кода в аналоговый сигнал (ток, напряжение или заряд). Цифро-аналоговые преобразователи являются интерфейсом между дискретным цифровым миром и аналоговыми сигналами. В 50-х годах цифро-аналоговые преобразователи стали встречаться в аудио аппаратуре, а с 80-х появились в виде самостоятельных устройств. Главная задача ЦАП - улучшить качество звучания цифровых источников. По сути ЦАП используется как внешняя звуковая карта. Причем заметно более качественная, чем звуковые карты поставляемые в комплекте с аудио аппаратурой. Большая часть современных ЦАП принимает на вход цифровой сигнал в виде стандартных форматов данных, таких как: I2S, SPDIF и т.д. Но существуют и такие, которые имеют на входе не стандартный формат цифровых данных, и подключение к ним требует разработки устройств – конвертеров форматов данных. В данной работе представлено описание разработки именно такого устройства, преобразующего входные данные в формате I2S в необходимый выходной формат для микросхемы SAA7030 являющейся цифровым фильтром цифро-аналогового преобразователя PHILIPS CD100.

1. Разработка функциональной схемы УАП

Универсальный аудио преобразователь, можно разделить на три основные части: блок преобразования форматов данных, блок цифроаналогового преобразования Philips и блок конвертирования форматов данных.

На вход блока преобразования форматов данных по коаксиальному (RCA) кабелю подается сигнал с источника (проигрыватель CD). Логический интерфейс – SPDIF. Микросхема CS8416 (digital audio interface converter) преобразует SPDIF в I2S для

дальнейшей обработки сигнала цифровым фильтром SAA7030. Однако, формат выходных данных ИС CS8416 (Serial, one data channel, 24 bit, MSB first, I2S, two's complement, Fs = 44.1kHz) не соответствует формату входных данных ЦФ SAA7030 (Serial, two separate data channel (l&r), 16 bit, MSB first, right justified, offset binary, Fs = 44.1kHz). Для понижения разрядности используется ЦФ AD1896 (Преобразует I2S,24 bit в I2S,16bit). Для конвертации данных (2's complement to offset binary) и разделения каналов используется конвертер форматов, выполненный на базе ПЛИС Altera MAX II. Цифровой фильтр SAA7030 осуществляет преобразование (передискретизацию) исходного сигнала (16 бит, 44,1 кГц => 14 бит, 176,4 кГц) по каждому каналу для дальнейшей передачи на 14-разрядный ЦАП TDA1540. Выход ЦАП – токовый, поэтому необходимо осуществить дальнейшее преобразование Ток-Напряжение.

Функциональная схема УАП представлена на рис. 1.

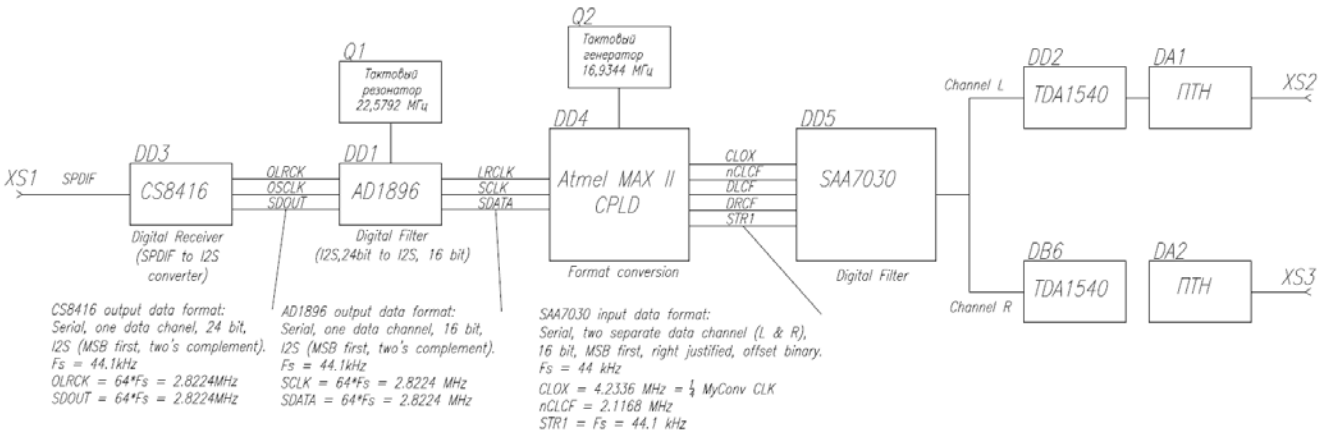


Рис. 1. Функциональная схема УАП

2. Разработка алгоритма работы аппаратного комплекса

На рис. 2 представлен алгоритм работы аппаратного комплекса.

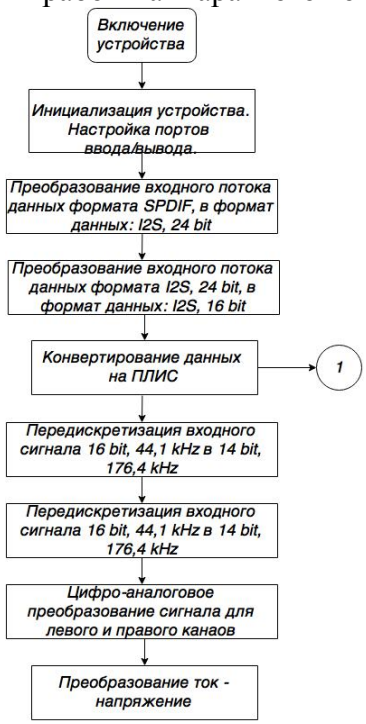


Рис. 2. Алгоритм работы аппаратного комплекса

3. Описание логики работы ПЛИС

На базе ПЛИС CPLD MAX реализуется конвертация данных (2’s complement to offset binary) и разделение каналов. На рисунке 3 представлены входы и выходы конвертора на базе ПЛИС.

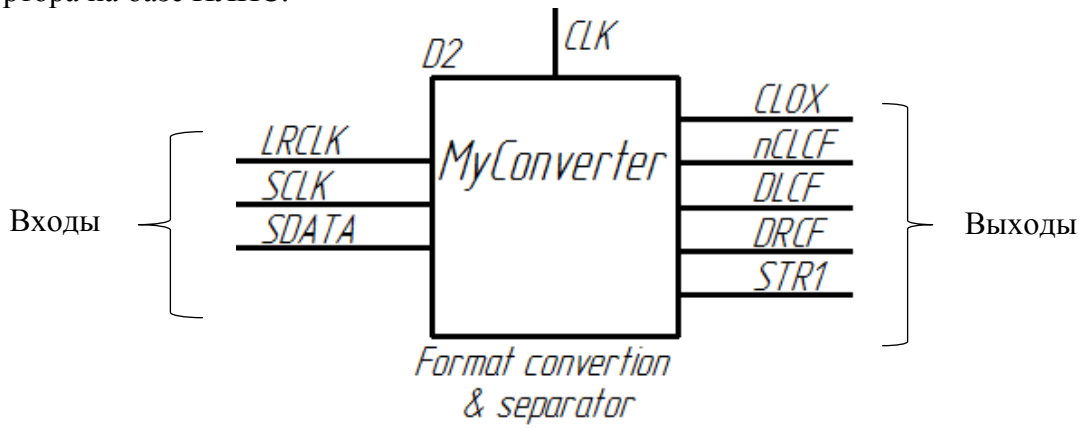


Рис. 3. Функциональное назначение входов и выходов

На вход ПЛИС подаются данные с ИС AD1896. Формат входных данных (см. рис. 3.1): Serial, one data channel, 16 bit, I2S (MSB first, two's complement).

Fs = 44.1kHz
LRCLK = Fs = 44.1kHz
SCLK = 64Fs = 2.8224 MHz
SDATA = 64Fs = 2.8224 MHz

Тактирование ПЛИС осуществляется тактовым генератором частотой 16,9344 МГц. Тактовая частота подается на вход CLK. ПЛИС конвертирует данные следующим образом: данные, полученные на входе SDATA, разбиваются на выходы DLCF и DRCF для левого и правого канала, соответственно. Кроме того, необходимо преобразовать формат two's complement в Offset binary – инвертировать старший бит данных.

Задний фронт сигнала nCLCF стробирует значение бита данных. На выход CLOX ПЛИС постоянно подает частоту 4,2336 МГц (CLOX = CLK/4). На выход STR1 подается частота 44.1 kHz. Внутреннее тактовое дерево SAA7030 синхронизируется по фронту STR1, который не должен отклоняться от фронта CLOX больше, чем на 50 нс. За фронтом Str1 должен следовать поток входных данных DLCF и DRCF.

Формат выходных данных:
Serial, two separate data channel (l&r),
16 bit, MSB first, right justified, offset binary. Fs = 44.1kHz
CLOX = 96Fs = 4.2336 MHz = 1/4 CLK
nCLCF = 48Fs = 2.1168 MHz
STR1 = Fs = 44.1 KHz

Таким образом, ПЛИС принимает данные на входе SDATA, распознает слово для левого и правого канала, инвертирует 1 бит каждого слова, и далее синхронно с тактовой частотой CLK формирует строб STR1, после чего отправляет на выходы DLCF и DRCF преобразованные слова для левого и правого каналов, тактируемые задним фронтом nCLCF.

Цифровой фильтр SAA7030 осуществляет передискретизацию принятого сигнала (16 бит, 44,1 кГц => 14 бит, 176,4 кГц) для дальнейшей передачи на 14-разрядный ЦАП TDA1540. Передискретизация осуществляется по каждому каналу в отдельности, т.обр., данные для левого и правого каналов подаются на разные выводы ИС.

На рисунке 3.2 представлена временная диаграмма входных данных цифрового фильтра SAA7030.

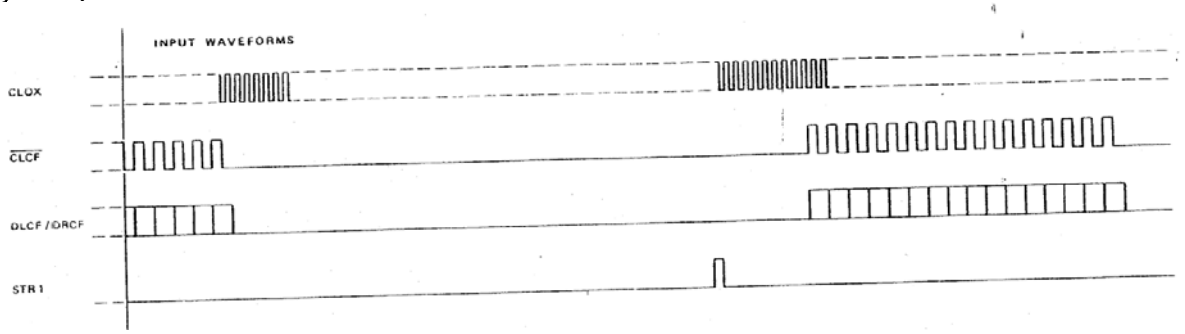


Рисунок 4. Временная диаграмма входных данных микросхемы цифрового фильтра SAA7030

Формат входных данных: serial, two separate data channel, 16 bit, MSB first, offset binary, Fs = 44.1kHz. На вход ЦФ необходимо подать следующие сигналы:

– CLOX (pin 19) – Master clock input. Подается постоянно на частоте 4,2336 МГц.
– nCLCF (pin 18) – Input data clock. Задний фронт стробирует значение бита данных.
– DLCF (pin 20) – Left channel data input.
– DRCF (pin 17) – Right channel data input.
– STR1 (pin 21) – Strobe input at 44.1 kHz. Внутреннее тактовое дерево SAA7030 синхронизируется по фронту STR1, который не должен отклоняться от фронта CLOX больше, чем на 50 нс. За фронтом Str1 должен следовать поток входных данных.

На рисунке 5 представлена временная диаграмма выходных данных микросхемы цифрового фильтра SAA7030.

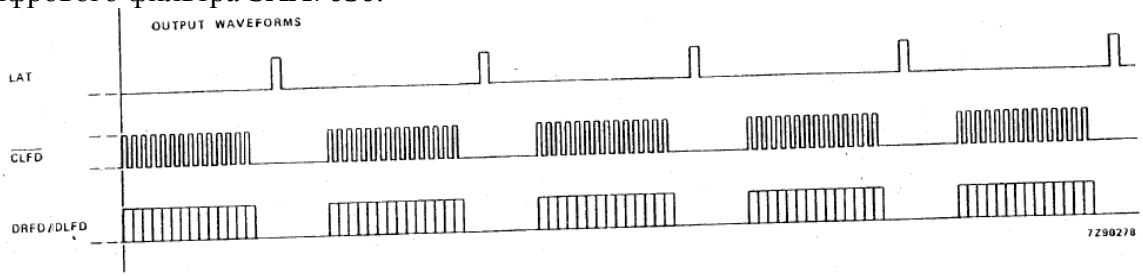


Рисунок 5. Формат выходных данных ИС SAA7030.

Формат выходных данных: serial, two separate data channel, 14 bit, MSB first, Fs = 176,4kHz. Вывод ИС nOB (pin 11) задает кодировку выходных данных - offset binary или 2’s complement. С выхода ЦФ на ЦАП идут следующие сигналы:

– LAT (pin 7) – Выходная стробирующая частота 176,4 кГц. Ее фронт говорит ЦАП о завершении 14-битового слова.
– nCLFD (pin 6) – Data clock output. Типовая частота 4,2336 МГц (равна CLOX). Задний фронт стробирует значение бита выходных данных.
– DRFD/DLFD (pin 10/pin3) – Right/left channel data output.

4. Анализ методики получения временных параметров УАП

На первом этапе были проанализированы временные диаграммы, полученные в результате моделирования логического проекта в среде ISE WEBPACK 14.7. На вход конвертера форматов подается сигнал в формате: Serial, one data channel, 16 bit, I2S (MSB first, two's complement) с параметрами:

– LRCLK = Fs = 44.1kHz
– SCLK = 64Fs = 2.8224 MHz
– SDATA = 64Fs = 2.8224 MHz

На втором этапе были сняты временные диаграммы с рабочего макета.

5. Получение временных параметров УАП

Временные диаграммы, полученные в результате моделирования тестбенча представлены на рис. 6. На рис.7 представлены результаты снятия временных диаграмм при помощи логического анализатора.

На выходе были получены сигналы со следующими параметрами:

– CLOX = 4.2336 MHz = 1/4 CLK
– nCLCF = 2.1168 MHz
– STR1 = 44.1 KHz

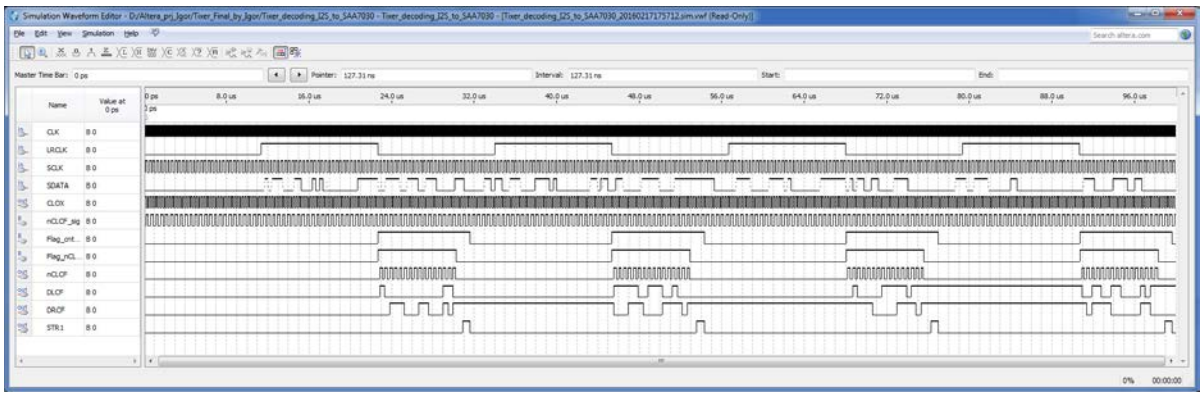


Рис. 6. Временные диаграммы, полученные в результате моделирования логического проекта ПЛИС

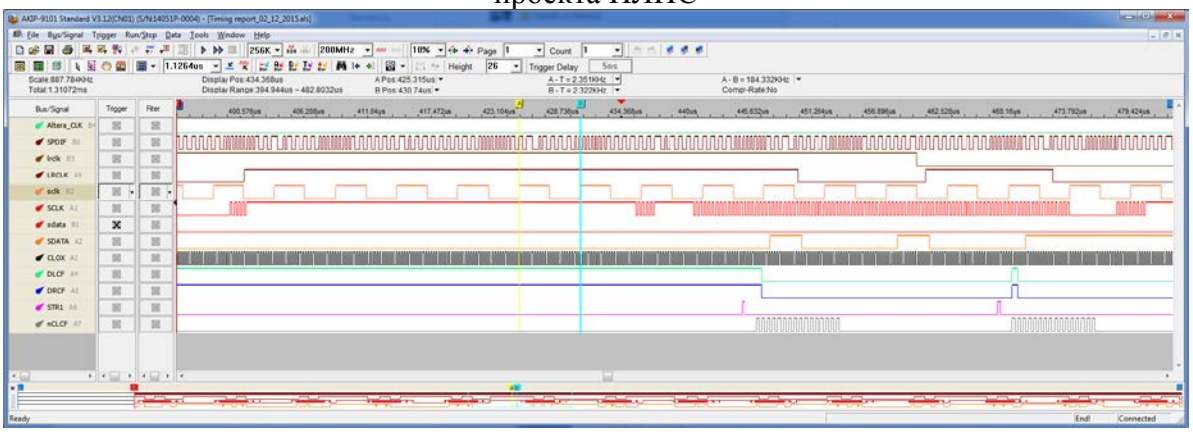


Рис.7. Временные диаграммы снятые при помощи логического анализатора с выхода ПЛИС

Заключение

В результате работы было разработано устройство на базе ПЛИС Altera MAX II, способное выполнять конвертирование цифровых данных. Был разработан алгоритм работы ПЛИС и написан код реализации этого алгоритма на языке VHDL, алгоритм работы сконфигурирован с использованием компилятора программного обеспечения пакета ISE WEBPACK 14.7. Этот код логического проекта реализует конвертирования формата данных входных сигналов. Были получены результаты моделирования в виде временных диаграмм. По результатам моделирования наблюдается полное соответствие данных, полученных при моделирование в среде разработки и снятых при помощи логического анализатора с рабочего макета.

Литература

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В.Журавлева и др.; Под общ. ред. В.А. Шахнова. – 2-ое изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 568 с.: ил. (Информатика в техническом университете).
2. Г.С.Иванова Технология программирования. – М.: Изд.-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. – 528 с.: ил. (Информатика в техническом университете).
3. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачов В.П. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов// - М.: Радио и связь, 1989.
4. Шахнов В.А. Теоретические основы конструирования и надежности ЭВС // Курс лекций – М.:МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах/ Пер. с англ.: Б. Н. Бронина, И. И. Короткевич, А. И. Коротова, М. Н. Микшиса, Л. В. Поспелова, О. А. Соболевой, К. Г. Финогенова, Ю. В. Чечёткина, М. П. Шарапова. — Изд. 4-е, переработанное и дополненное. — М.: Мир, 1993.
6. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; Под ред. Э.Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 448 с.
7. Семенцов С.Г. Основы аналогово-цифровой схемотехники // Курс лекций. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
8. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС/ Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; Под ред. Э.Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 448 с.
9. http://www.fpga-cpld.ru/ - FPGA/CPLD -ПЛИС [Электронный ресурс] Проверено: 18.02.2017.
10. http://www.altera.com/ - Altera Semiconductors [Электронный ресурс] Проверено: 18.02.2017.

ГЕОМЕТРИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МПП

Гусев М.В.
Научный руководитель: Гриднев В.Н.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

LINES GEOMETRY OF TRANSFERS IN HIGH-FREQUENCY MPP

Gusev M.V.
Supervisor: Gridnev V.N.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются характеристики печатных плат, которые влияют на волновое сопротивление при использовании высокочастотных сигналов. Формулы расчета волнового сопротивления для некоторых вариантов расположения проводников. А также правила разводки высокочастотных дифференциальных пар.

Annotation
In article characteristics of printed circuit boards which influence wave resistance when using high-frequency signals are considered. Formulas of calculation of wave resistance for some options of an arrangement of conductors. And also rules of distributing of high-frequency differential couples.

Введение

В последние время всё больше возникает потребность в сигналах высоких частот. Для использования таких сигнала разработчиками приходится соблюдать некоторые правила при создании печатных плат. Актуальность использования высокоточных сигналов обусловлена их неоспоримыми преимуществами. Однако при проектировании печатных плат требуется, помимо обычных параметров, учитывать и волновое сопротивление, возникающее вследствие использования сигналов высокой частоты [1].

Для полноценного функционирования приходится придерживаться многих правил при разводке печатной платы, таких как: избегание образования щелевых антенн, выбор компонентов, которые гарантируют прохождение сигнала с минимальными потерями, и применение слоев питания.

1 Влияние геометрии платы на волновое сопротивление

Волновое сопротивление зависит от четырех параметров:
- Геометрического строения печатной платы
- Частотных свойств материалов печатной платы
- Частотных параметров сигнала
- Вида волнового сопротивления

Рассмотрим параметры геометрического строения печатной платы. Волновое сопротивление полностью зависит от механических параметров: ширины печатного проводника и расстояния между слоями.

Рассмотрим некоторые варианты расположения проводников и слоёв, и для каждого варианта значение волнового сопротивления будут рассчитываться по различным формулам [2-7]. Процесс проектирвоания реализуется с использвоанием средств САПР Altium Designer [8-14].

Поверхностная микрополосковая линия, рис. 1.

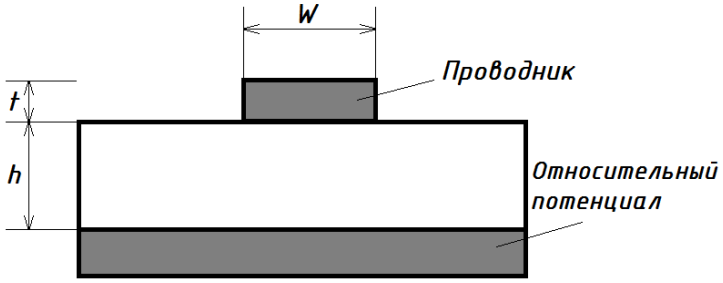


Рис. 1.

В данном случае волновое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\varepsilon_r + 1{,}41}} \ln \frac{5{,}98h}{0{,}8w + t};$$

w – ширина линии передач
t – толщина линии передач
h – толщина ламината
ε_r – диэлектрическая проницаемость

Одиночная симметричная полосковая линия, рис. 2.

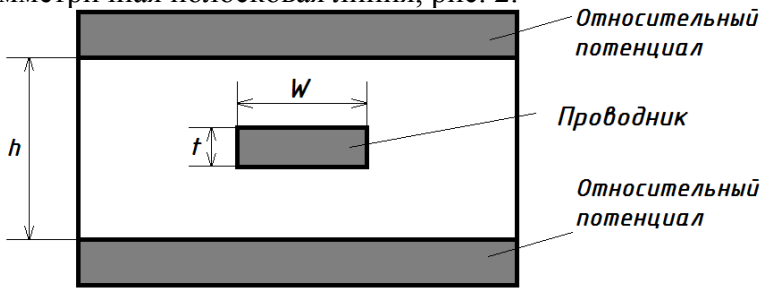


Рис. 2.

В данном случае волновое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{4h}{0{,}68\pi w(0{,}8 + \frac{t}{w})};$$

Одиночная несимметричная полосковая линия, рис. 3.

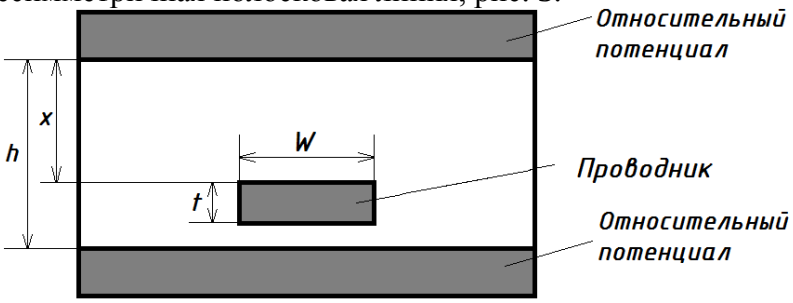


Рис. 3.

В данном случае волновое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$Z_0 = \frac{2AB}{A + B};$$

$$A = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{8x}{0{,}68\pi w(0{,}8 + \frac{t}{w})}; \qquad B = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{8(h - x)}{0{,}68\pi w(0{,}8 + \frac{t}{w})};$$

x – расстояния до одного из слоев

2 Зависимость волнового сопротивления от толщины и ширины проводника

Можно заметить, что волновое сопротивление также зависит от геометрических параметров самого проводника [4].

Рассмотрим на примере модуля с внутренним слоем ламината толщиной 200 мкм и двумя слоями препрега толщиной 60 мкм каждый. Материал FR4, $\varepsilon_r = 4.5$, препрег 2 х 1080, рис. 4.

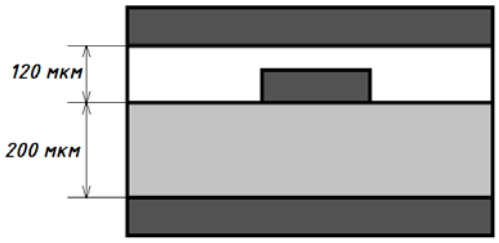


Рис. 4.

Полученные результаты измерения волнового сопротивления при различных параметрах представлены в таблице 1.

Табл.1

Волновое сопротивление, [Ом]						
Толщина меди, мкм	**Ширина проводника, мкм**					
	300	**200**	**150**	**120**	**100**	**80**
5	29,4	38,1	44,8	50,2	54,7	60,2
18	27,0	34,8	40,8	45,5	49,3	
35	23,6	30,3	35,5	39,5		

Исходя из результатов можно проследить тенденцию, что волновое сопротивление возрастает при уменьшении ширины и толщины печатного проводника.

Оптимальным волновым сопротивлением считается значение около 50 Ом, исходя из таблицы 1 при толщине меди равной 5мкм, ширина проводника должна быть примерно равна 120мкм. При этой толщине волновое сопротивление должно получаться от 50 до 51 Ом.

3 Геометрия высокочастотных дифференциальных сигналов

Для верного разведения высокочастотных дифференциальных сигналов нужно придерживаться нескольких правил [4]. Желательно чтобы дифференциальные сигналы были симметрично расположены друг к другу, рис 5.

Рис. 5.

А также при переходе с одного слоя на другой, переходные отверстия должны текже быть расположены симметрично, рис. 6.

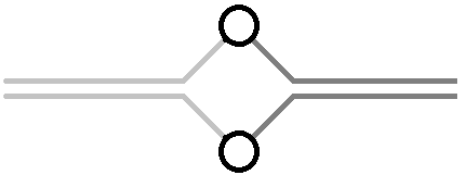


Рис. 6.

Заключение

Для разработки и проектирования высокочастотных многослойных печатных плат, необходимо учитывать волновое сопротивление, возникающее из-за сигналов с высокой частотой. В статье был рассмотрен пример выбора параметров печатной платы с обеспечением необходимого волнового сопротивления. Возможность и способы расчета волнового сопротивления необходимы для разработки устройств данного типа, поскольку это может критически отразиться на общей работе устройства.

Литература

1. Arnold Wiemers Characteristic impedance, and multi-layer printed circuit boards. 2010.
2. Кечиев Л.Н., Смирнов А.М., Соловьев А.В., Нисан А.В. Математические модели для расчета значений волнового сопротивления микрополосковых линий передачи
3. Годайон М. Линия передачи сигнала с частотой 10 ГГц // Проектирование печатных плат. 2011.
4. Акулин А. Волновое сопротивление и многослойные печатные платы // Средства проектирования.
5. Гриднев В.Н., Гриднева Г.Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств - Москва, 2014. Том 7. 344 с.
6. Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Ю.И., Филин Г.В. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация - Москва, Издательство "Высшая Школа". 1984. 392 с.
7. Гриднев В.Н., Яншин А.А. Технология элементов ЭВА - Москва, Издательство "Высшая Школа". 1976. 288 с.
8. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Леонидов В.В. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER // Датчики и системы. 2016. № 5 (203). С. 28-36.
9. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Карпунин А.А. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER: Управление проектом // Датчики и системы. 2016. № 6 (204). С. 46-52.
10. Гриднев В.Н., Григорьев П.В., Емельянов Е.И., Камышная Э.Н. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки посадочных мест // Датчики и системы. 2016. № 7 (205). С. 33-41.
11. Арабов Д.И., Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Леонидов В.В. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки компонентов // Датчики и системы. 2016. № 8-9 (206). С. 42-51.
12. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Схемотехническое проектирование // Датчики и системы. 2016. №10 (207). С. 37-45.
13. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Топологическое проектирование // Датчики и системы. 2016. №11 (208). С. 28-39.
14. Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Синтез проекта коммутационной структуры // Датчики и системы. 2016. №12 (209). С. 34-45.

ЛАМПОВЫЙ ГИТАРНЫЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ С ЭФФЕКТОМ «ДИСТОРШН»

Хальзев С.Е.
Научный руководитель: Цивинская Т.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

VACUUM TUBE GUITAR PREAMPLIFIER WITH «DISTORTION» EFFECT

Khalzev S.E.
Supervisor: Tsivinskaya T.A.
MSTU named after N.E. Bauman, IU4 department, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье рассматривается усовершенствование схемы лампового гитарного предусилителя с эффектом «дисторшн», а также описывается процесс сборки и стендовых испытаний схемы предусилителя.

Abstract
This article discusses improvements to the scheme tube guitar preamp with the effect of "distortion", and describes the process of assembling and bench testing scheme of the preamplifier.

Введение

Каждый музыкант-любитель, будь то играющий на электрогитаре или синтезаторе, рано или поздно задумывается о необходимости обзавестись звукоусиливающей аппаратурой, которая позволит расширить границы творчества, а также даст возможность выступать не только дома, но и в большом зале или аудитории. При этом основными элементами такой аппаратуры являются усилитель мощности и акустическая система. Но музыканты, которые желают играть «тяжёлую» рок-музыку, в дополнение к стандартным звукоусиливающим компонентам приобретают предусилитель – он усиливает мощность звука, а также придаёт ему необходимый эффект.

Современная звукоусиливающая аппаратура в основном строится на полупроводниковых компонентах, таких как транзисторы и интегральные микросхемы. К достоинствам усилителей на данных компонентах относят компактность, высокий КПД и дешевизну. Недостатком полупроводниковых усилителей является появление в выходном сигнале гармоник высших порядков, которые неприятны человеческому уху и воспринимаются как шум, при перегружении усилителя. И в последнее время в музыкальном мире происходит возврат к истокам: как любители, так и профессиональные музыканты всё больше отдают предпочтение усилителям на основе вакуумных ламп из-за их «тёплого лампового» звука. На выходе таких усилителей присутствуют гармонические искажения низких порядков, которые приятны для человеческого слуха, так как делают звук похожим на игру медного духового оркестра. Но за преимущества данной аппаратуры приходится дорого платить, ведь запасы ламп, сделанных ещё при СССР, начинают иссякать. К тому же, изготовители ламповых усилителей пытаются нажиться на вошедших в моду приборах, чрезмерно завышая цену на свою продукцию. Поэтому самостоятельное изготовление предусилителя видится мне самым дешёвым способом оценить достоинства и недостатки ламповой аппаратуры.

Выбор схемы

Следуя современным веяниям и желая получить высококачественное оборудование по оптимальной цене, я занялся подбором схемы на электронных лампах для дальнейшего изготовления устройства. Ставилась задача оценить достоинства и недостатки изготовления и звучания ламповых конструкций при минимизации количества затраченных материалов и средств. Исходя из заданных критериев, была выбрана следующая схема (Рис. 1):

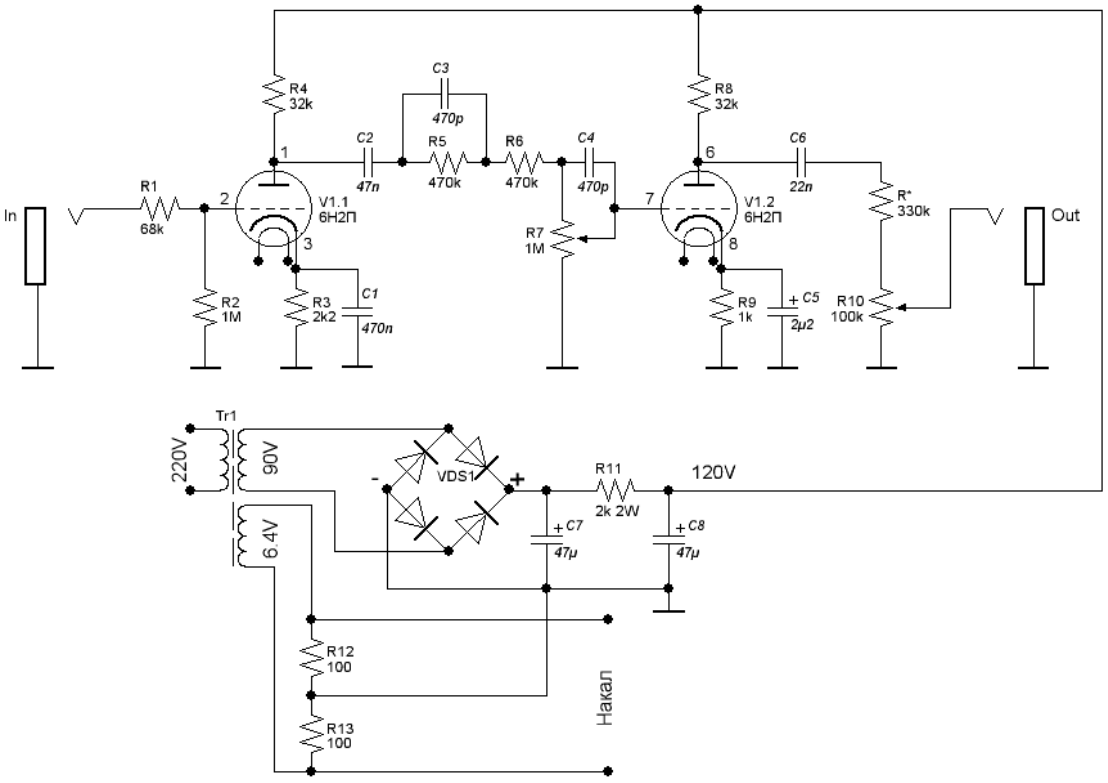


Рис. 1. Принципиальная схема предусилителя

Данная схема известна в интернете под названием «Tomato» и имеет следующие достоинства:

– Небольшое число деталей: в частности, используется всего одна радиолампа — двойной триод 6Н2П;

– Относительно невысокое анодное напряжение — это делает всю конструкцию более безопасной и облегчает поиск трансформатора для блока питания.

– Отсутствие выходного трансформатора — одного из наиболее проблемных и трудоёмких в изготовлении элементов ламповых усилителей. Но это же является и недостатком конструкции: нет возможности подключить к предусилителю относительно низкоомную нагрузку без потери мощности выходного сигнала. В этом случае можно подключить только высокоомную нагрузку, например, входной каскад усилителя мощности. Таким образом, без выходного трансформатора снижается разнообразие подключаемых к выходу предусилителя устройств.

Доработка конструкции усилителя.

С целью повышения качества звучания и надёжности предусилителя в выбранной схеме были изменены номиналы электронных компонентов. Во-первых, лампа 6Н2П была заменена на лампу с улучшенными характеристиками 6Н3П. В частности, у лампы 6Н3П больше крутизна, что повышает коэффициент усиления сигнала. Также у 6Н3П более низкие междуэлектродные ёмкости по сравнению с 6Н2П, этим расширяется полоса пропускания усилителя. К тому же, у 6Н3П ниже ток накала, что позволяет повысить КПД предусилителя. Конструктивные исполнения 6Н2П и 6Н3П одинаковы.

Во-вторых, так как предусилитель работает от нестабилизированного источника питания, то для надёжности я решил взять рабочие напряжения конденсаторов с запасом: керамические конденсаторы взяты с максимальным рабочим напряжением 400 В, электролитические — с максимальным рабочим напряжением 160 В.

Диодный мост также взят с запасом по напряжению и по току — на 1000 В и 10 А, — чтобы избежать его чрезмерного нагрева при работе.

Для питания предусилителя из доступных был выбран и доработан трансформатор ТА 163-127/220-50 (Рис.2). Так как у него несколько вторичных обмоток, рассчитанных на разные напряжения (Рис.3), то, скоммутировав их соответствующим образом (Рис. 4), я получил необходимые напряжения.

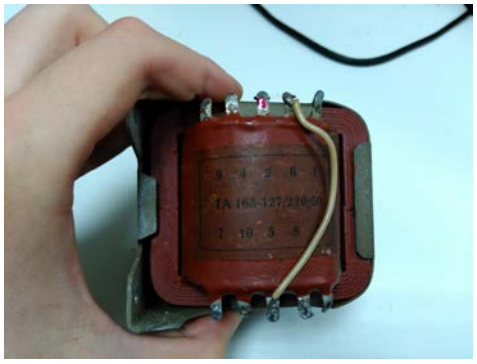


Рис.2 Трансформатор ТА 163-127/220-50

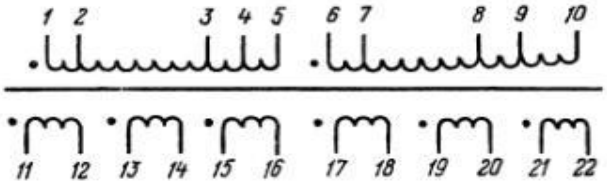


Рис.3. Принципиальная схема трансформатора

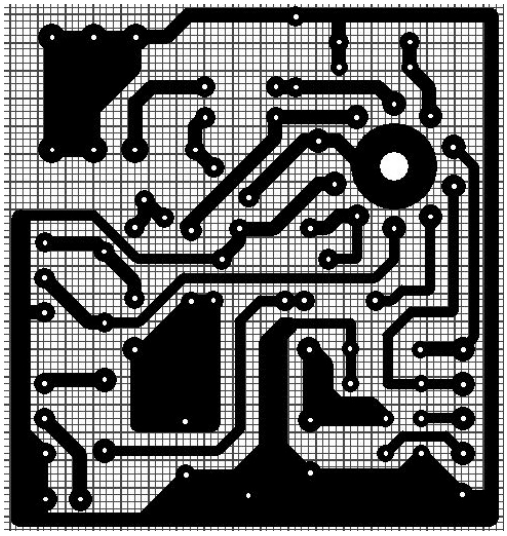


Рис. 4 Принципиальная схема доработанного трансформатора

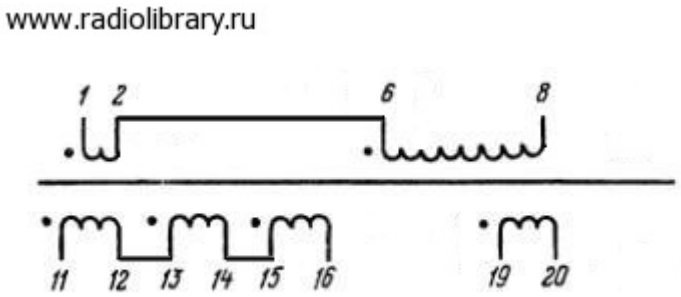


Рис. 5 Проводящий рисунок печатной платы

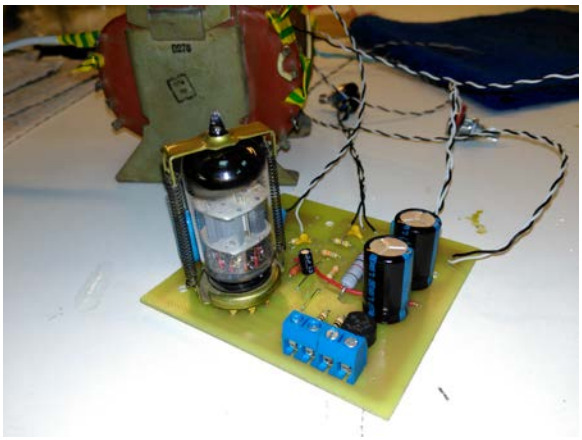


Рис. 6 Внешний вид собранного устройства

Испытание устройства и анализ результатов

Для проверки на вход усилителя подавался сигнал с генератора импульсов, который вырабатывал синусоидальный сигнал амплитудой 100 мВ. Нагрузкой послужил резистор сопротивлением 3,9 кОм и мощностью 20 Вт. Осциллограмма выходного сигнала показана на Рис. 7.

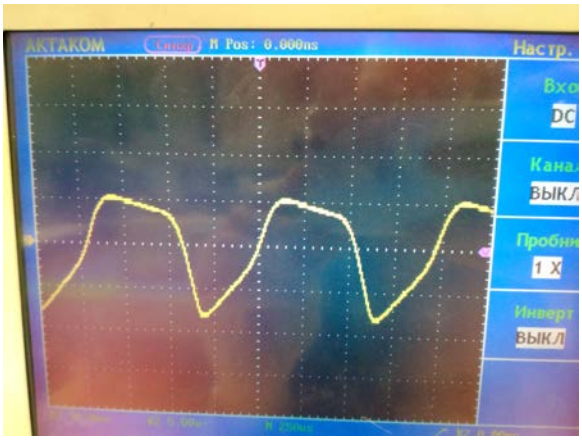


Рис. 7 Осциллограмма выходного сигнала на частоте 1 кГц

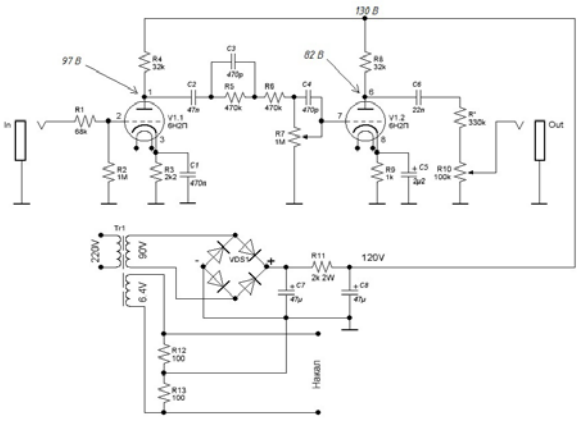


Рис. 8 Положение рабочих точек

На осциллограмме видно, как прибор усиливает входное напряжение до 7-8 В и одновременно искажает его, превращая синусоиду в некоторое подобие пилообразных импульсов. Одновременно можно отметить небольшое «дрожание» выходного сигнала, которое вносят ламповые каскады. Этот дефект на слух воспринимается как «мягкость», за которую и ценят аппаратуру на радиолампах.

Также на осциллограмме видно, что предусилитель «обрезает» верхнюю полуволну сигнала. Связано это с расположением рабочей точки: она «поднята вверх», то есть уровень постоянного напряжения на анодах триодов повышен относительно 65 В – половины напряжения питания 130 В (Рис. 8). Из-за этого выходное напряжение каждого каскада, увеличиваясь до уровня напряжения питания, не может расти дальше и «обрезается».

Смещение рабочей точки может происходить по нескольким причинам. В их числе:

– отличие характеристик отдельных экземпляров ламп от номинальных;

– неверный выбор номиналов резисторов в цепях анодов и катодов ламп.

В общем случае проблема решается установкой лампы с более близкими к номинальным параметрами и/или точной подстройкой резисторов в обвязке лампы.

Заключение

В статье рассмотрена схемотехника лампового гитарного усилителя с эффектом «дисторшн», обоснована использованная элементная база и описан процесс сборки устройства. Также приведено описание испытаний прибора, результаты испытаний проанализированы и сделаны выводы. Предусилитель работает так, как это и было задумано автором схемы: усиливает входной сигнал и добавляет ему эффект перегруженного усилителя «дисторшн» с присущей ламповой аппаратуре «мягкостью» звука.

Литература

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Издательство «Бином», 2014 г.
2. Джонс М.Х. Электроника – практический курс. Издательство «Техносфера», 2013 г.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ

Иванов В.А.
Научный руководитель: асс. Арабов Д.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-4, Москва, Россия

THE HISTORY OF DEVELOPMENT OF COMPUTER MICE

Ivanov V.A.
Supervisor: ass. Arabov D.I.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается История развития компьютерных мышек. Подробно рассказано об истории ее изобретения. Описано дальнейшее развитие данного манипулятора.

Abstract
The article discusses the history of the development of computer mice. Elaborate on the history of its invention. Described further development of that manipulator.

Введение

Компьютер прочно вошел в нашу повседневную жизнь. Без него уже не куда. Каждый день на работе, на учебе, дома мы пользуемся этим замечательным изобретением. Он обменивается информацией с внешним миром с помощью периферийных устройств. Наиболее распространённые из них – это клавиатура и мышь. Конечно возможно работать с компьютером только с клавиатурой, с помощью сочетаний клавиш, но уже не многие это знают. Компьютерная мышь упрощает нашу взаимосвязь с компьютером, с помощью нее за долю секунды делается то, что при использовании клавиатуры заняло бы значительно больше времени. И мы уже не знаем, как обходится без нее.

Всех преимуществ мышки перед курсорными клавишами просто не перечислить. Попробуйте сразу после запуска Windows что-то сотворить с компьютером. Держу пари, что далеко не все смогут запустить какую-нибудь программу, запрятанную в глубинах жесткого диска, а что уж говорить про управление самим утилитами.

История изобретения компьютерной мыши

Считается что день рождения, любимого всеми гаджета – компьютерной мыши 9 декабря. В этот день в 1968 году был продемонстрирован прообраз всех компьютерных мышей.

Но не многие знают, что еще в начале 50-х годов XX века ВМФ Канады уже пользовались первым прообразом компьютерной мыши на компьютеризированных радарах. Прародителем мышки стал так называемый трэкбол. Как бы мышка "наоборот". Придумал его Том Крэнстон для военно-морского флота Канады. Однако изобретение не пришлось по душе военным, и было быстро забыто. Всего таких устройств было выпущено менее одного десятка. В качестве шарика, который подразумевалось крутить руками, использовался шар для игры в боулинг, так что размеры такого манипулятора оставляли желать лучшего.

Но все равно главным изобретателем, отцом-основателем компьютерной мыши считается Дуглас Энгельберт.

В 1963 году Дуглас Энджелбарт, работавший тогда в Исследовательском центре улучшения человека в Стэндфордском исследовательском институте, сформулировал идею «указателя дисплейного, в системе координат X-Y работающего». Собственно, мышь была одним из побочных продуктов разработки Энджелбартом операционной

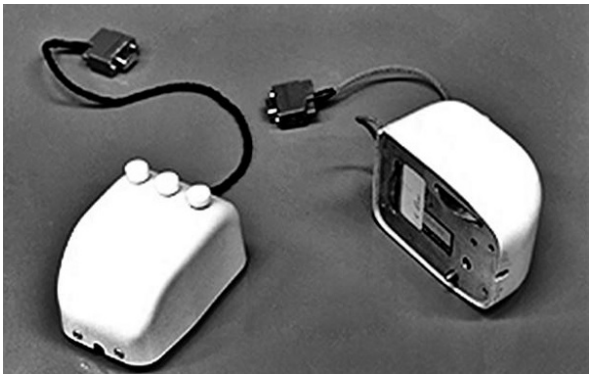
системы oN-Line System (NLS). В ходе работы над NLS появилась концепция оконного интерфейса, и мышь стала одним из возможных манипуляторов для работы с окнами.

В 1964 году, по идее Дугласа Энгельберта, аспирантом Биллом Инглишем был собран первый прототип «мыши».

Первая компьютерная мышь представляла собой квадратную деревянную коробочку коричневого цвета с красной кнопкой на крышке. Внутри устройства располагался датчик плоскостного перемещения, представлявший собой два перпендикулярно расположенных металлических диска: один поворачивался, когда устройство двигалось вперед, второй отвечал за движение мыши вправо и влево.

Далее последовала череда экспериментов, которые показали, что новый манипулятор по всем параметрам был лучше любого из созданных ранее. Даже те, кто до того момента никогда не сталкивался с мышью, работали с ней быстрее и совершали меньше ошибок.

В 1968 году 9 декабря модифицированная мышь Энгельбарта была представлена группе инженеров на показе интерактивных устройств в Калифорнии. Изначально это чудо техники планировалось назвать "жуком", однако позднее закрепилось название «мышь», благодаря толстому соединительному кабелю, слишком живо напоминавшему хвост грызуна.

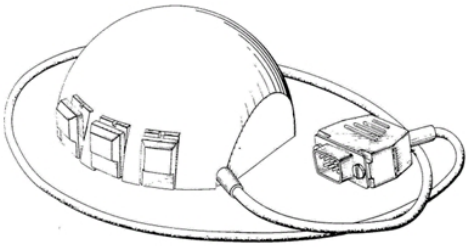


В 1970 году Дуглас Энгельберт получил патентное свидетельство №3541541. Однако, патент зафиксировал лишь авторство манипулятора, основанного на датчике из двух перпендикулярно расположенных колес, но не на сам принцип манипулятора.

История развития компьютерной мыши.

Ранее упомянутый Билл Инглиш продолжил разработку мыши уже в компании Xerox PARC. Он изменил конструкцию датчика мыши – два диска были заменены небольшим шаром и роликами. А в 1973 году появился на свет первый персональный компьютер Xerox Alto, который использовал рабочий стол и графический пользовательский интерфейс. В комплект входила компьютерная мышь.

В 1981 году в Швейцарии появился современный мышиный гигант компания Logitech, продукцию которой под своим брэндом первоначально использовали Apple, Olivetti, Wang. И вот уже в октябре 1982 года Logitech представили свою первую мышь P4 на выставке Comdex trade в Лас-Вегасе.



1982 году появилась оптическая мышь со специальным ковриком в комплекте. Придуман этот вид мышей был в исследовательских лабораториях корпорации Hewlett-Packard. Точнее, в ее подразделении Agilent Technologies, которое недавно полностью выделилось в отдельную компанию. Сегодня Agilent Technologies, Inc. монополист на рынке оптических сенсоров для мышей, и никакие другие компании такие сенсоры не разрабатывают и не выпускают. Работа мыши реализована следующим образом. С помощью светодиода и системы фокусирующих линз под мышью подсвечивается участок поверхности. Отраженный от этой поверхности свет собирается другой линзой и попадает на приемный сенсор микросхемы процессора обработки изображений. Этот чип делает снимки поверхности под мышью и последовательно сравнивает их.

В самом конце 70-х Стив Джобс посетил вместе со своей командой исследовательский центр Xerox, одной из вещей, поразивших его, была компьютерная мышь (наряду с пользовательским графическим интерфейсом).

В Apple сразу поняли потенциал мышей. Вскоре компания заплатила 40 000 долларов за лицензию на их производство Стэнфордскому исследовательскому институту, в котором и создали первую мышь в 1968 году. Джобс заказал создать мышь, работающую так же, как существующие, но намного более неприхотливую. Вместо небольшого стального подшипника в сложной механической подвеске, мышь обзавелась большим резиновым шаром, свободно катающимся в корпусе. Хитрая (и дорогая) система кодирующих колес и ненадежных электрических контактов сменилась простым оптоэлектронными преобразователями и колесиками со щелевыми прорезями. Так же был использован литой пластиковый корпус, в котором все необходимые детали четко

крепились на своих местах. в 1984 году Apple представила свою собственную версию манипулятора.

1984 году мышка была включена в комплектацию одного из первых домашних компьютеров Apple-Macintosh. Среди прочих новаций, манипулятор "мышь" стал одной из причин ошеломляющего успеха Macintosh.

В 1990-х годах большинство выпускавшихся мышей уже имели последовательное подключение. Последовательная мышь питалась от линии DTR («готовность компьютера») разъёма RS-232.

В компьютере PS/2, вышедшим в 1987 году, фирма IBM предусмотрела для мыши специальный порт с разъемом mini-DIN, точно таким же, как и для клавиатуры. Позднее разъёмы клавиатуры и мыши типа PS/2 были включены в современный стандарт материнских плат x86 — ATX.

Дальнейшее развитие манипуляторов

За годы эволюции сменилось три поколения мышек: механические, механико-оптические и оптические, а также лазерные. Давайте вкратце остановимся на принципе действия каждого класса компьютерных грызунов.

Механические – самые первые мышки, имели два диска с контактами (о чем, в принципе, уже было сказано выше). Когда пользователь двигал манипулятор, диски крутились, и контакты на них касались специальной щеточки встроенной в корпус мышки. Когда контакты замыкались, курсор на экране начинал двигаться. Затем диски спрятали внутрь корпуса, и они перестали напрямую взаимодействовать с поверхностью коврика, эту почетную роль стал выполнять шарик. Такие манипуляторы были крайне ненадежными, они постоянно засорялись, а контакты стирались. Да и чувствительность у них была крайне низкая.

В оптико-механических мышках диск с контактами был заменен на диск с прорезями, который во время вращения прерывал луч света, идущий от инфракрасного светодиода, в результате чего курсор на экране перемещался. Оптико-механические манипуляторы, безусловно, стали более надежными и чувствительными, однако пыль и грязь так и остались непримиримыми врагами мышей.

Оптические мыши живут совсем иначе. Механическая составляющая их конструкции сведена к нулю. А именно, тут есть только кнопки и колесико скроллинга. В остальном, от механики отказались. Несомненным достоинством мышек этой группы является высокая надежность: если нет механических частей, значит, нечему загрязняться и изнашиваться.

Технология современных оптических мышей была разработана Agilent Technologies в конце 1999 года. Первые оптические мыши имели внушительные размеры и продавались со специальными ковриками. Коврики были покрыты специальной сеткой. Мышь, в свою очередь, имела светодиод, который под определенным углом светил вниз. Луч попадал на поверхность коврика и отражался на светоприемник. Линии сетки коврика прерывали луч. В результате контроллер мышки получал последовательность "свет – тень". По этим данным делались выводы о скорости движения мыши и о пройденном ею пути. Если коврик терялся или пачкался, то всю эту дорогостоящую систему можно было выбрасывать. Минусы такой исторической мыши очевидны. Разработчики смогли уйти от привязки к такому "злополучному" коврику.

Во втором поколении оптические мыши получили всё тот же светодиод, но гораздо более яркий. И сделано это не случайно – функция его стала несколько иной. Теперь он должен подсвечивать поверхность, по которой передвигается мышь.

Сама мышь очень хитрая и включает его на полную мощь только во время движения. Снизу манипулятора находится маленькая камера, которая тысячу (число плавает в этом порядке) раз в секунду снимает поверхность под мышкой. Данные

передаются в микропроцессор – цифровой сигнальный процессор (DSP) и он принимает решение о движении мышки. Далее все пересылается на контроллер мышки. Вернее сам контроллер запрашивает данные у микропроцессора. Частота опроса зависит от интерфейса.

По умолчанию, мыши, подсоединенные к PS/2 и COM-портам, опрашиваются 40 раз в секунду (40 Гц) для операционных систем Windows 98/95 и с частотой 60 Гц в Windows NT и 100Гц в Windows XP. USB-мыши опрашиваются 125 раз в секунду. Для PS/2 и некоторых COM-вариантов мышей существуют программы, позволяющие изменять этот параметр.

Есть еще одна группа мышей, стоящая особняком от рассмотренных – это так называемые беспроводные мышки, у которых напрочь отсутствует "хвост". Беспроводные мышки могут быть как оптико-механическими, так и оптическими, хотя сейчас Вы вряд ли найдете механико-оптическую мышку без провода…

Первые беспроводные мыши появились в середине 90-х. Беспроводные модели используют для передачи информации инфракрасный луч или радиосигнал. Приемники сигналов в них подключаются, опять же, к портам PS/2, USB или COM. Ну, а в самой мышке на том месте, откуда должен выходить провод, устанавливается ИК – или радио-передатчик, который и транслирует сигналы компьютерной мыши через приемник на компьютер.

На самом деле, беспроводные мышки не настолько удобны, как может показаться на первый взгляд. Они имеют ряд недостатков:

- В случае использования инфракрасного сигнала необходимо наличие визуального контакта между манипулятором и приемником излучения – точно так же, как для пульта дистанционного управления.
- Питаются такие мышки от аккумуляторов. А аккумуляторы имеют свойство разряжаться, да еще в самый неподходящий момент.
- Частота опроса беспроводных мышей ниже, чем у их хвостатых собратьев, что может негативно сказаться на некоторых компьютерных играх.

Также есть еще одно характерное свойство, которое трудно отнести к недостаткам, однако достоинством его тоже не назовешь – это увеличенный вес. Аккумуляторы, передатчик сигнала, как-никак, имеют массу...

Заключение

Мышь является тем устройством, которое помогает людям успешно, удобно и быстро работать с компьютером, несмотря на то, что мышь как манипулятор уже выживает последние годы, необходимость ее все же остается на высоком уровне. Современным людям все же до сих пор сложно работать без компьютерного манипулятора. Даже те, кто на данный момент приобретают ноутбуки и тачпады вскоре начинают понимать, что все же без мышки работать не так удобно и не так приятно. Она, конечно, создает лишнюю возню, но к ней уже все давно привыкли.

Компьютерная мышь сегодня – незаменимое устройство, значительно превосходящее известные сегодня аналоги по всем характеристикам. Однако совершенство не знает границ, а потому и инженеры, и дизайнеры во всем мире по-прежнему работают над модернизацией мыши, делая новые образцы еще более эргономичными и удобными.

Как мы с Вами смогли убедиться, компьютерные мышки в своем развитии прошли очень и очень долгий, но зато весьма продуктивный путь развития. Вряд ли кому-нибудь в наше время будет удобно пользоваться квадратными трехкнопочными механико-оптическими мышками, а ведь когда-то они были пиком технической мысли. Возможно, через каких-нибудь 10-20 лет современные оптические и лазерные мышки покажутся неуклюжими и неудобными. Что ж, время покажет…

Литература

1. http://www.i2r.ru/static/350/out_12983.shtml
2. http://lenta.ru/articles/2008/12/09/mouse/
3. http://luckyfamilyman.ru/luchshie-igrovye-myshi.html - Познавательный интернет-журнал «Счастливый семьянин».
4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Magic_Mouse
5. http://market-manager.ru/history_subject/169/index.php
6. http://infoglaz.ru/?p=11628
7. http://www.f1cd.ru/input/arts/mouse_history/

АППАРАТНО-ПРОГРАММЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ПЛОСКОСТИ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Колесников М. А.
Научный руководитель: Юдин А. В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR LOCATING OBJECT ON A PLANE BY THE METHOD OF ULTRASONIC TRIANGULATION

Kolesnikov M. A.
Supervisor: Yudin A. V.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе приводится описание оригинального аппаратно-программного комплекса (устройства), которое с помощью специального программного обеспечения и алгоритмов управления позволяет определять местоположение объекта на материальной плоскости. Позиционирование происходит в прямоугольной области пространства, ограниченной системой из трех маяков. На объекте, который необходимо отслеживать, закрепляется основной модуль, передающий ультразвуковые сигналы стационарным маякам. Комплекс разрабатывается как система навигации мобильного робота в рамках соревнований «Евробот» [8].

Abstract
The paper describes the original hardware and software system (device), which with the help of special software and control algorithms allows you to determine the location of an object on a material plane. Positioning is carried out in a rectangular area, bounded by the system of three beacons. On a tracked object core module is placed, which transmits ultrasonic signals to stationary beacons. The complex is designed as a system of mobile robot navigation in the framework of the "Eurobot" competition.

Введение

Данная работа посвящена описанию системы ультразвуковой триангуляции. Идея автора – разработать недорогостоящую локальную систему позиционирования для мобильного робота с точностью позиционирования до 2 см. Определение местоположения объекта является важной задачей как в робототехнике так и в автоматизации. На сегодняшний день уже существуют решения этой проблемы, использующие в своей основе различные физические принципы и алгоритмы работы. Автор предлагает свой способ, основанный на ультразвуке: основной модуль излучает сигналы по принципу локатора, и определение координат объекта происходит после пеленгации этих сигналов системой их трех маяков с известным расположением относительно друг друга на плоскости.

Цель данной работы – разработка концепции предлагаемой системы, создание структурной схемы и алгоритма ее работы.

Рассмотрим наиболее общие задачи, которые возникли у автора в результате создания подобного комплекса:

- изучение физических свойств ультразвука [3];
- выбор принципа работы системы;
- обеспечение синхронизации между отдельными модулями.

1 Структурная схема устройства

Для того, чтобы понять, о каком устройстве идет речь, предлагается рассмотреть структурную схему, представленную на рис.1.

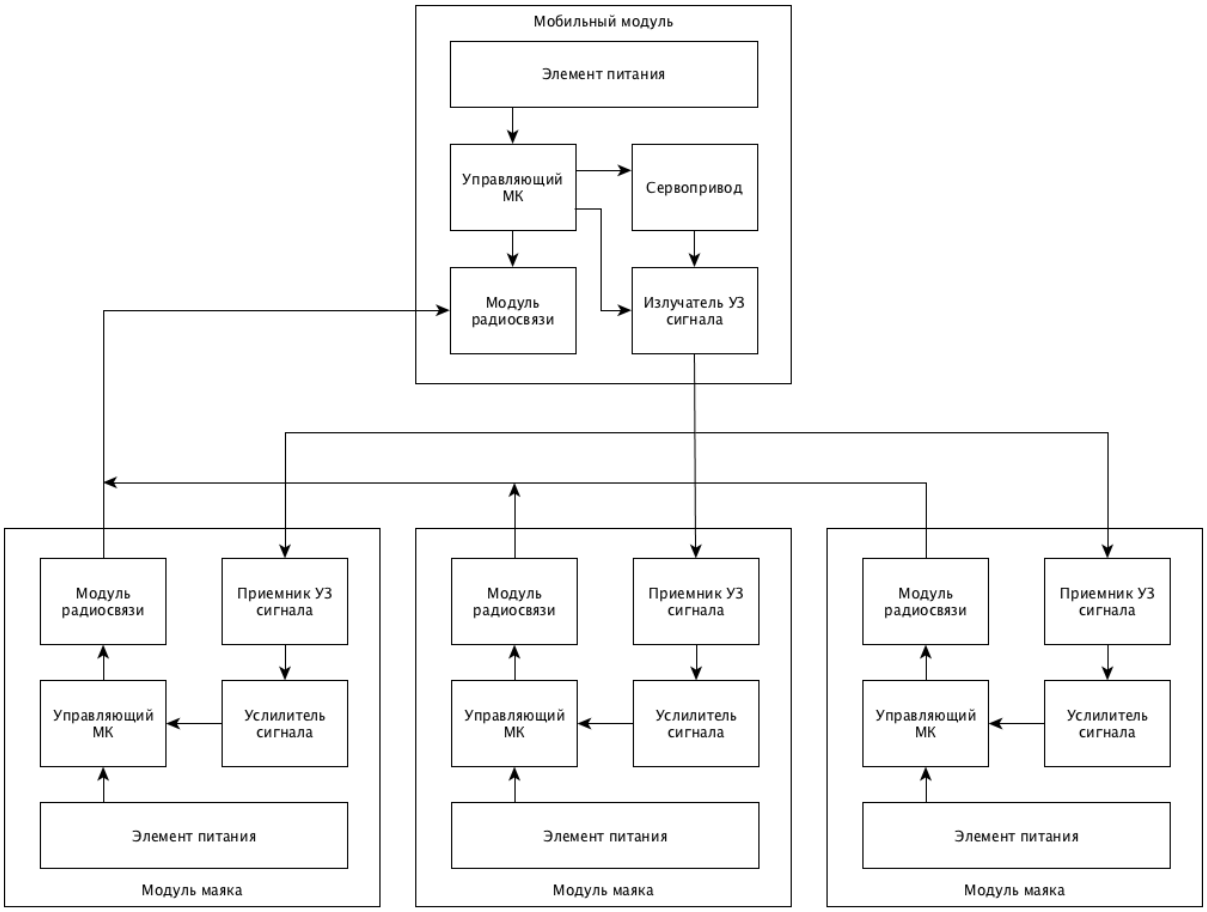


Рис. 1. Структурная схема устройства

Все модули устройства автономны и для работы системы все они должны быть подключены к питанию и синхронизированы между собой. Мобильный модуль является основным, он устанавливается на объект, который необходимо отслеживать. На данном модуле расположен шаговый двигатель с ультразвуковым излучателем, отправляющим направленные пакеты сигналов вокруг объекта. Маяки являются идентичными на аппаратном уровне и различаются только программно-заданным идентификационным номером. Каждый модуль маяка связывается с основным модулем по собственному радиоканалу, связь между маяками не осуществляется.

2 Схема работы системы

Поскольку комплекс разрабатывается в рамках робототехнических соревнований [1] «Евробот» как система навигации мобильного робота, то рабочая конфигурация будет выглядеть следующим образом (рис. 2).

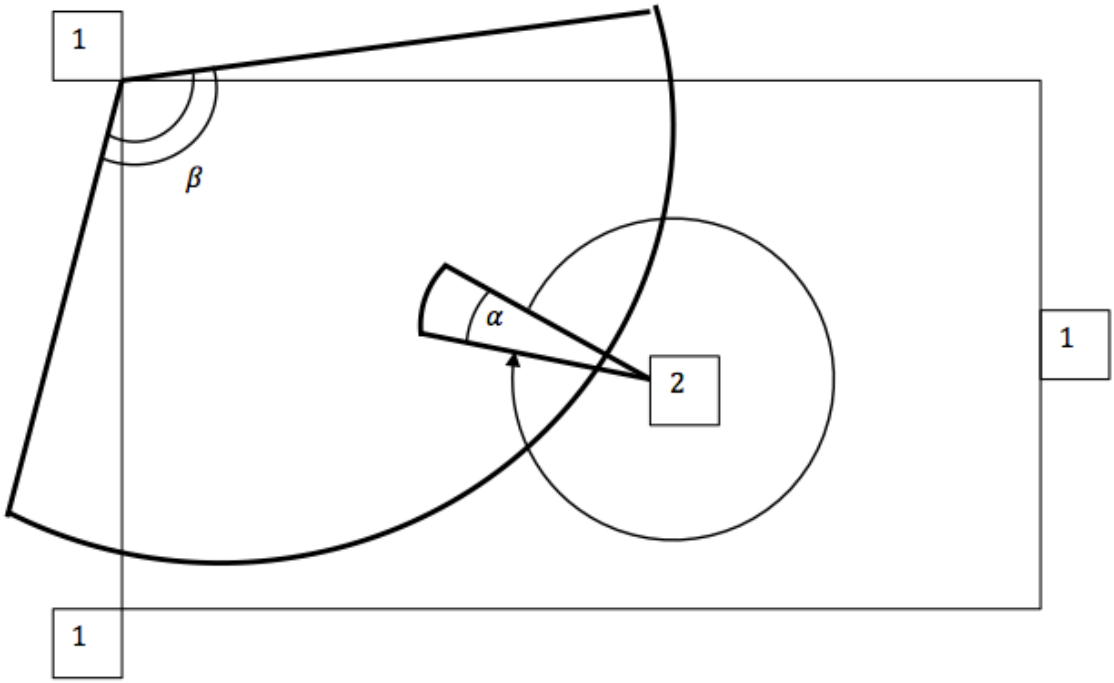


Рис. 2. Схема работы системы

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – маяки, 2 – мобильный модуль.

Поскольку ультразвуковой излучатель обладает конусной направленностью порядка $\alpha = 10^0$, то на маяках было решено установить приемники сигналов (обладающие углом улавливания сигналов в $\beta = 120^0$), что позволяет значительно увеличить область определения координат объекта без значительного усложнения системы.

3 Машина состояний и алгоритм работы программной части

Разрабатываемое устройство имеет 9 основных состояний, представленных на рис. 3. Машина состояний приведена для системы в целом, подробное описание работы каждой части комплекса приведено ниже.

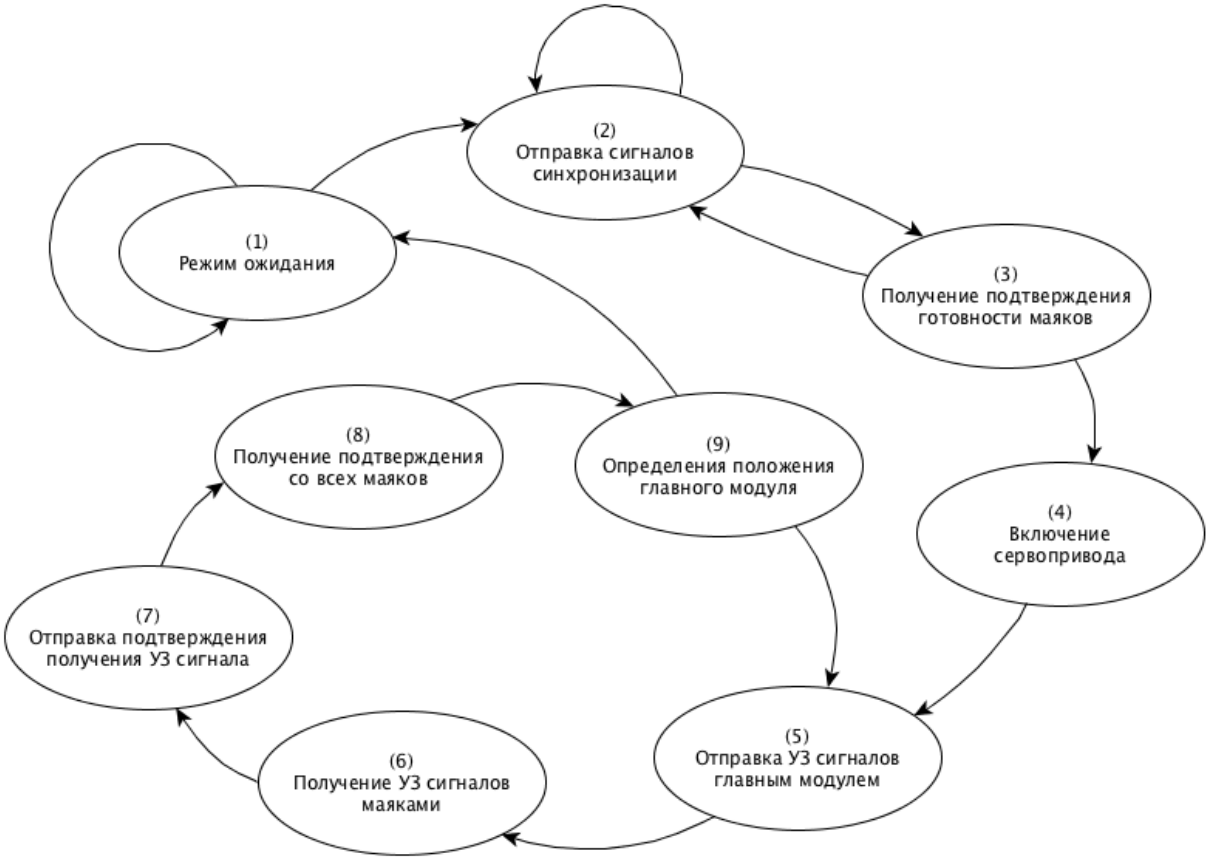


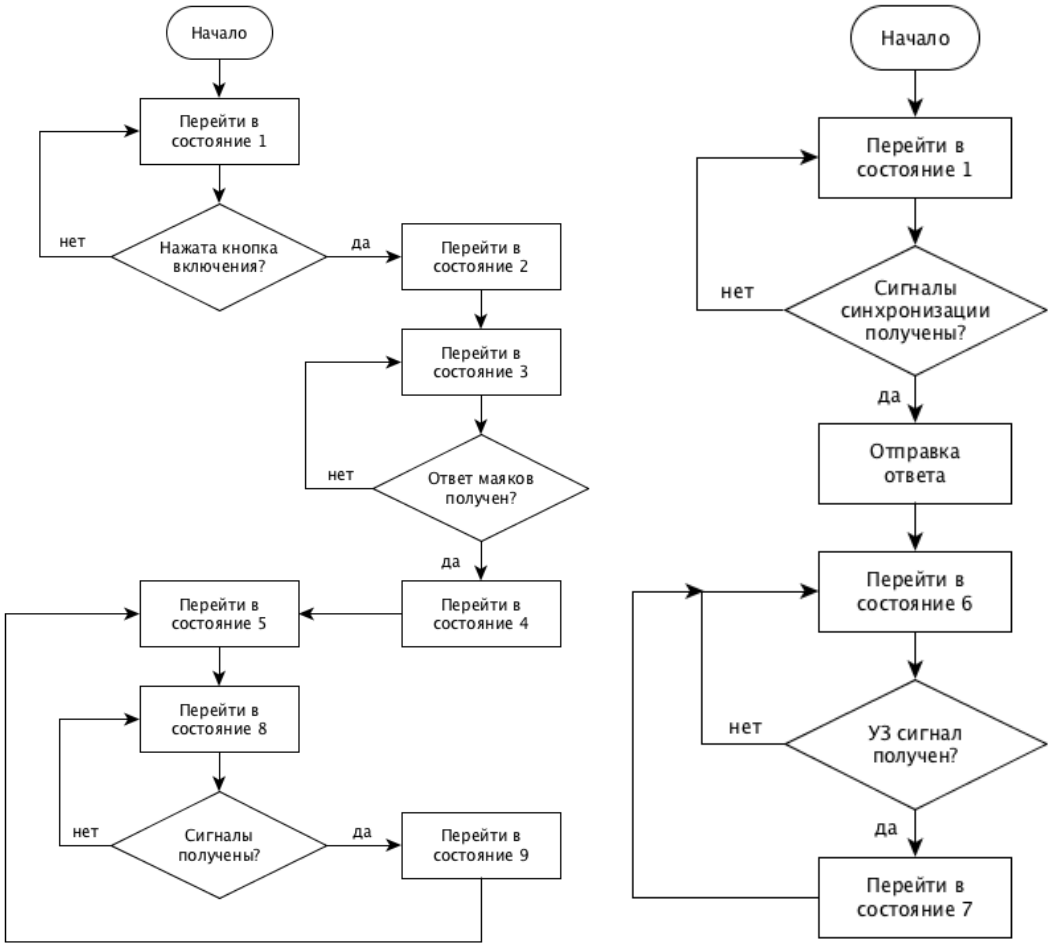
Рис. 3. Машина состояний

Программная составляющая системы включает в себя две взаимосвязанные части [7].

Первая – ПО основного модуля [4]. Он служит для отправки сигналов синхронизации маякам, проведения всех вычислений, а также контролирует вращение шагового двигателя и отправку ультразвуковых пакетов.

Синхронизация излучения осуществлена таким образом, что при каждом дискретном повороте оси (зависящим от шага конкретного мотора), УЗ передатчик испускает пакет сигналов. Если маяк фиксирует получение такого пакета, то отсылает главному модулю сигнал подтверждения и свой уникальный номер, тот в свою очередь запоминает угол в котором находится шаговый двигатель в момент получения ответа и идентификатор маяка и совершает поворот. При получении нескольких ответов от одного и того же маяка вычисляется средний угол. Когда получены ответы от всех трех маяков, происходит вычисление координат объекта в заданной области.

Алгоритм [2, 6] работы основного модуля представлен на рис. 4 а.



а) б)

Рис. 4. Алгоритм работы программной части системы

Вторая часть – ПО для управления маяками [5]. Оно также идентично для всех модулей, за исключением уникального идентификатора, служащего для различий маяков мобильным модулем. В этой части системы происходит только улавливание приходящих пакетов и отправка подтверждения приема и синхронизации. Алгоритм работы маяков представлен на рис. 4 б.

Заключение

Реализованный автором и описанный в данной работе аппаратно-программный комплекс полностью отвечает поставленной цели, обозначенной во введении.

Следует отметить, что разработанная система является концепцией и в дальнейшем будет проводиться работа по ее улучшению и воплощению в жизнь [9].

Автор планирует улучшать данную систему и проводить работы по увеличению ее универсальности, что позволит расширить область ее применения и внести вклад в автоматизацию систем управления.

Литература

1. Ваганов А. Л. Прототипирование мехатронного устройства в условиях современного цифрового производства // Сборник научных трудов. 16-я Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2014». – Москва. 23 апреля 2014 г. – С.310-313.
2. ГОСТ 19.701-90 – Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 6 с.
3. Д. М. Алексеев «Ультразвук» – Москва: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979. – 396 с.:ил.
4. Vlasov A., Yudin A. DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM IN MOBILE ROBOT APPLICA TION: GENERAL APPROACH, REALIZA TION AND USAGE // Communications in Computer and Information Science. 2011. Т. 156 CCIS. С. 180-192.
5. Д.И. Арабов , С.С.Лавин , Д.С. Иевский, А.С. Бабаджанян Разработка концепт-дизайна модельного ряда «Навигатор» систем GPS/ГЛОНАСС/ГАЛИЛЕО // Сборник трудов 9-ой международной конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы – 2007» - М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана, 23-24 апреля 2007. - С. 239-264.
6. Арабов Д.И., Колесников М.А., Юдин А.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА МАТЕРИАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6-2 (48). С. 18-25.
7. Колесников М .А. Аппаратно-программный комплекс по воспроизведению виртуальных изображений на материальной плоскости // Сборник трудов 17-ой международной конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы – 2015» - М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015. - С.355-361.
8. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017 – Проверено 10.02.2017г.
9. Сайт Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро. Режим доступа: http://class.skycluster.net – Проверено 10.02.2017г.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВ С ИСТОЧНИКОМ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ АУДИОДАННЫХ

Комахин М.О.
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Семенцов С.Г.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

ANALYSIS OF THE SOURCE OF A DIGITAL SIGNAL SYNCHRONIZATION METHODS FOR DEVICES IN DIGITAL AUDIO PROCESSING SYSTEMS

Komakhin M.O.
Supervisor: Dr., Prof., Semencov S.G.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье автор анализирует возможные схемы синхронизации источника цифрового сигнала и выносного блока цифро-аналогового преобразования. Рассмотрен вопрос синхронизации устройств с различающимися частотами дискретизации. Приведены достоинства и недостатки каждого из методов синхронизации. Приведены способы устранения недостатков. Автор уделяет особое внимание проблеме возникновения нежелательных отклонений передаваемого цифрового сигнала. Рассмотрены способы устранения этих отклонений. Исходя из анализа методов синхронизации был сделан вывод о том какая из схем синхронизации позволяет достичь минимальные искажения аналогового сигнала на выходе.

Annotation
The author analyzes the possible circuit synchronization digital source and a remote unit digital-to-analog conversion. The question of the synchronization of devices with different sample rates. Presents the advantages and disadvantages of each of synchronization methods. There are ways to eliminate the shortcomings. The author pays special attention to the problem of unwanted deviations of the transmitted digital signal. The methods to eliminate these deviations. Based on the analysis of synchronization methods, it was concluded that some of the synchronization circuit can achieve minimal distortion of the analog output signal.

Введение

При передаче цифрового сигнала от источника сигнала к выносному блоку ЦАП требуется синхронизировать принимающее и передающее устройства таким образом, чтобы искажения сигнала были минимальны. Все способы передачи тактового сигнала можно разделить на три группы [1]:

1) Централизованная синхронизация системы
2) Распределенная синхронизация системы
3) Асинхронное построение системы

Централизованная система предполагает наличие единого задающего тактового генератора, который подает синхросигнал на все части схемы.

Распределенная синхронизация подразумевает, что тактовая частота, необходимая для работы конкретной части схемы, тем или иным образом выделяется из внешнего сигнала. Схема выделения тактового сигнала состоит как правило из генератора (ГУН), охваченного петлей ФАПЧ. В случае, когда тактовый сигнал регенерируется с помощью ГУН, параметры вновь синтезированного тактового сигнала определяются несколькими факторами – параметрами самого ГУН, полосой ФАПЧ, качеством опорного сигнала.

В случае асинхронного построения, тактовые частоты источника и приемника не равны, т.е. требуется высококачественное тактирование блока ЦАП.

Каждый из рассмотренных ниже принципов синхронизации является комбинацией трех перечисленных выше принципов.

1 Использование тактового сигнала, восстановленного из SPDIF потока

Источником тактирования является генератор, установленный в источнике цифрового сигнала. Величина джиттера, т.е. величина нежелательных фазовых случайных отклонений, передаваемого на выходе, будет зависеть от стабильности источника тактирования. В наилучшем случае это температурно-компенсированный кварцевый резонатор. В массовой продукции источник тактирования, как правило, выполнен на логическом элементе, являющемся частью СБИС [2].

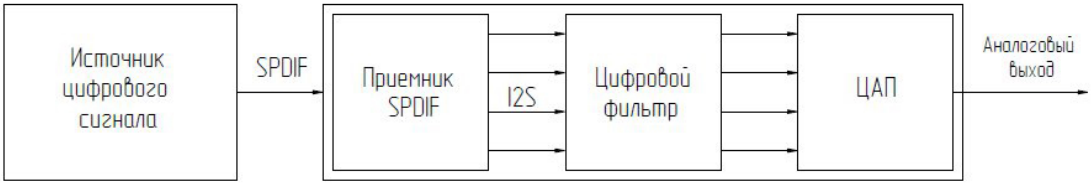


Рис. 1. Схема тактирования с использованием сигнала тактирования, восстановленного из SPDIF потока

Таким образом тактовый сигнал проходит следующие устройства:

1) Генератор тактового сигнала;
2) Передатчик формата SPDIF, в котором происходит формирование композитного цифрового сигнала (Манчестерский код) для передачи данных по однопроводной линии;
3) Линия передачи: оптическая, коаксиальная или витая пара;
4) Приемник SPDIF. На этом этапе тактовая сетка восстанавливается из принимаемого сигнала. Для восстановления тактового сигнала используется внутренний ГУН, охваченный петлей ФАПЧ. Однако при такой организации системы для захвата и синхронизации с одной из трех стандартных частот (32 кГц, 44.1 кГц, 48 кГц) дискретизации требуется большая ширина полосы ФАПЧ. Спектр восстановленного сигнала в полосе ФАП (около 20 кГц) полностью определяется спектром входного композитного сигнала, являющегося опорным для внутреннего генератора. В более дальней зоне, спектр восстановленного сигнала определяется собственным спектром ГУН. В некоторых микросхемах приемников SPDIF используется узкополосная, около 1 кГц, ФАПЧ. Это позволяет подавить более высокочастотные фазовые отклонения композитного цифрового сигнала. Необходимо заметить, что обеспечение более узкой полосы ФАПЧ ограничивается не только и не столько требованиями перестройки ГУН, сколько собственной нестабильностью локального генератора;
5) Цифровой фильтр передискретизации.

К достоинствам данного способа можно отнести простоту реализации. Подавляющее большинство источников ориентировано на этот подход. Недостатками является то, что каждый элемент в цепочке от тактового генератора до входа ЦАП добавляет фазовых искажений.

В качестве улучшения данного способа можно предложить передачу данных от источника к приемнику по интерфейсу I2S, одной из линий которого является линия тактирования. Таким образом все блоки системы будут тактироваться от одного источника и причины фазовых искажений будут устранены. Однако на рынке отсутствуют массовые устройства, имеющие интерфейс I2S.

Другим решением проблемы может послужить использование высококачественного ГУН, синхронизированного с частотой источника. Т.е. встроенный в микросхему приемника ГУН должен быть заменен на внешний высококачественный. Петля ФАПЧ, охватывающая ГУН, отслеживает только медленные изменения тактовой частоты. Однако, недостатком данного метода является то, что любой ГУН имеет отклонения больше чем температурно-стабилизированный кварцевый резонатор. Кроме

того, реализация потенциала ГУН может быть достигнута только при соответствующем качестве элементов петли ФАПЧ и топологии печатной платы. Данный вариант предполагает работу только с одним источником цифровой информации (например, CD, 44.1 кГц), поскольку высококачественный ГУН имеет, как правило, узкий диапазон перестройки по частоте.

2 Использование буферизации входных данных в ОЗУ

Вопрос с передачей данных между двумя асинхронными устройствами можно решить, применив буфер (ОЗУ), запись в который производится с частотой, определяемой источником, а считывание, обработка в ЦФ и работа ЦАП – с частотой локального высокостабильного источника тактирования, например, температурно-стабилизированного кварцевого резонатора. Объем буфера определяется максимальной разностью частот дискретизации, разрядностью одного отсчета, и временем работы без переполнения.

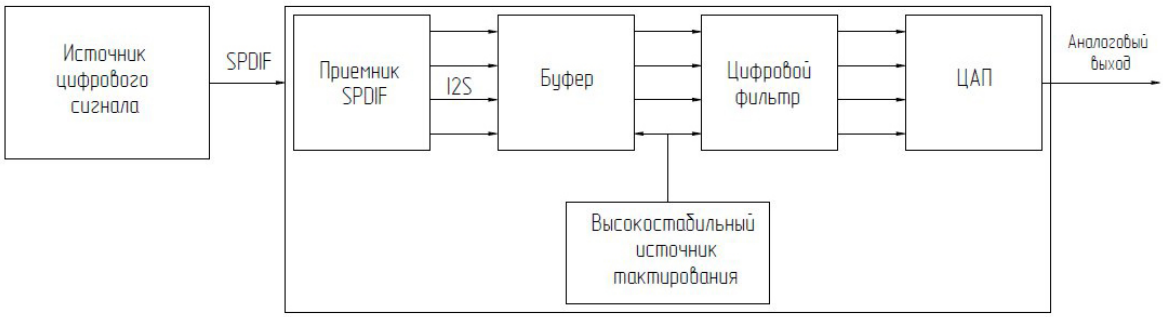


Рис. 2. Схема тактирования с использованием буферизации входных данных в ОЗУ

При формате данных 16 бит, максимальном отклонении частот 400 ppm, и временем непрерывной работы 80 мин, объем ОЗУ должен составлять приблизительно 700 килобайт. Иными словами, для реализации данного подхода необходимо наличие 700 килобайт ОЗУ и схемы управления процессом записи/считывания отсчетов. Несмотря на громоздкость, данный вариант также решает проблему возникновения джиттера.

3 Использование асинхронного преобразователя частоты

Асинхронный преобразователь частоты дискретизации был разработан для применения в аппаратуре при передаче данных между двумя устройствами с различающимися частотами дискретизации (к примеру, при конвертации из формата 48 в 44.1 кГц). Внутреннее построение и алгоритм работы устройства достаточно сложны, но в первом приближении его можно рассматривать как сверхвысокочастотный интерполятор с последующей вторичной дискретизацией [3, 4].

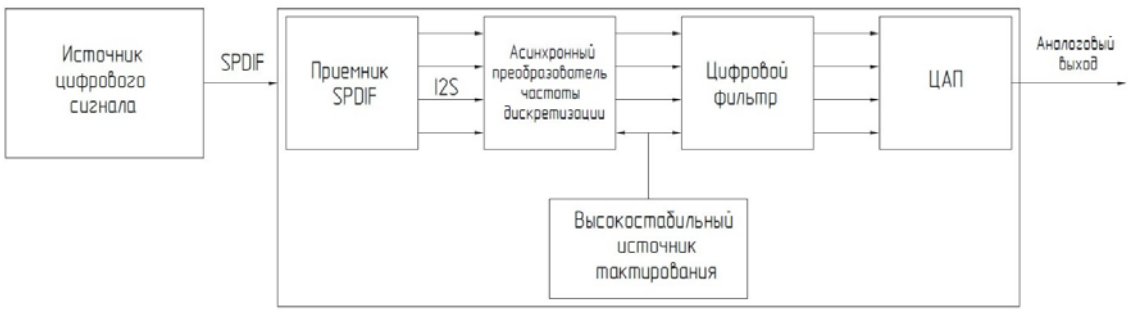


Рис. 3. Схема тактирования с использованием асинхронного преобразователя частоты

Данные записываются в преобразователь частоты с частотой, определяемой источником сигнала, а считываются с частотой, определяемой локальным тактовым генератором. При этом необходимо иметь в виду, что устройство производит цифровую обработку данных (интерполяцию), и значения отсчетов на выходе могут не соответствовать значениям отсчетов на входе. Данное устройство позволяет в значительной мере решить вопрос с синхронизацией источника цифрового сигнала и выносного блока ЦАП. Как положительное свойство данного подхода, можно указать на возможность использования данного преобразователя для повышения частоты дискретизации в 2…4 раза (up-sampling) вместо традиционного цифрового фильтра. Кроме того, достоинство данного метода построения заключается в возможности иметь только один тактовый генератор (к примеру частотой 12,288 МГц) при приеме данных от разных цифровых источников информации (32, 44.1, 48, 96 … кГц), в силу асинхронности работы устройства.

4 Использование асинхронного преобразователя частоты с тактированием источника от блока ЦАП

Если источник имеет возможность синхронизации от внешнего источника, то такая конфигурация также позволяет достичь низких величин джиттера на входе микросхемы ЦАП. Данные от источника к блоку ЦАП передаются по традиционному интерфейсу SPDIF, а сигнал синхронизации может подаваться либо по коаксиальной, либо по оптической линии связи.

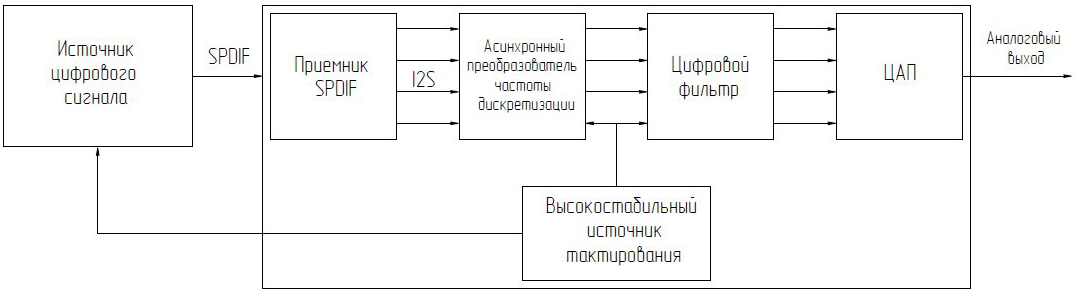


Рис. 4. Схема тактирования с использованием асинхронного преобразователя частоты с тактированием источника от блока ЦАП

Недостаток данного варианта состоит в том, что для работы с различными цифровыми источниками (32, 44.1, 48 кГц) необходимо либо иметь несколько отдельных генераторов, либо строить перестраиваемый генератор. В последнем случае, величина фазовых искажений может быть неудовлетворительной. Поэтому для использования с различными цифровыми источниками в схеме должны присутствовать несколько кварцевых резонаторов, рассчитанных на разную частоту тактирования [5, 6].

Заключение

Таким образом каждый из способов синхронизации имеет свои достоинства и недостатки. Простой в реализации вариант использования тактирования, восстановленного из SPDIF потока, может обеспечить достаточно низкое значение джиттера при использовании качественных компонентов. Для достижения лучших результатов требуется использовать другой подход: ввести буферизацию входного SPDIF потока или построить схему по принципу централизованного тактирования. Можно сделать вывод о том, что в качестве синхронизирующего сигнала необходимо использовать наиболее стабильный из имеющихся в устройстве тактовых сигналов. Если же источник имеет вход для тактового сигнала, то наиболее оправдано использование централизованной системы тактирования.

Литература

1. Семенцов С.Г. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи в системах активного управления акустическими полями // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2008. № 4. С. 88-102.
2. Семенцов С.Г., Власов А.И. Влияние конечной разрядности в системах цифровой обработки // Датчики и системы. 2009. № 6. С. 39-43.
3. Власов А.И., Стешенко В.Б., Нестеров В.А., Мысловский Э.В. Методы цифровой обработки сигналов тактильных чувствительных элементов мембранного типа // Наука и образование: научное издание. 2012. № 5. С. 37.
4. Shakhnov V.A., Vlasov A.I., Knyazev V.S. Hardvare and software integrated system for processing signals for monitoring signals and analyzing the state of different level technical systems // Сб. док. 3-я международная конференция "Компьютерные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике". - Москва. 2002. С. 123.
5. Мысловский Э.В., Власов А.И., Кузнецов А.С. Цифровые сигнальные процессоры с фиксированной точкой семейства ADSP21XX - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2003. Том 2. 75 с.
6. Мысловский Э.В., Власов А.И., Меньшов К.А. Цифровые сигнальные процессоры с плавающей точкой семейства ADSP2106X - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2003. Том 3. 75 с.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ КОМАНД ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СОРЕВНОВАНИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Косолапов Д. А.
Научный руководитель: Юдин А.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия.

ON THE POSSIBILITY OF CREATION OF TEAM SUPPORT SYSTEM FOR MOBILE ROBOT COMPETITIONS' ORGANIZATION

Kosolapov D. A.
Supervisor: Yudin A.V.
State budget vocational and educational institution "Vorobyovi Gori", Centre of Technical Education, Moscow, Russia.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Аннотация
В статье рассматриваются предпосылки создания инструмента автоматизации документооборота и проведения соревнований мобильных роботов. Приведено описание архитектуры системы, разработанной автором. Представлено техническое решение одного из ключевых компонентов системы, которое может быть использовано в дальнейшем для тестирования и отладки подходов к автоматизации непосредственно на соревнованиях.

Abstract
The article considers prerequisites of creating workflow tools in the context of mobile robots' competition organization. The system architecture' description, developed by the author, is presented. Technical solution of one of the key components of the system, which can be used in the future for testing and debugging approaches to automation directly in competition is described.

Введение

Знания и умения инженера определяются его предыдущим опытом разработки различных, но в основном технических проектов. Опыт этот тем богаче и полезнее, чем больше практики в завершенной работе. Количество созданных устройств постепенно переходит в качество и становится очевидным, что выявленные закономерности разработки могут быть описаны теоретически для ускорения работы в будущем.

Для начинающих инженеров крайне сложно начинать с теории, если вообще возможно. Поэтому еще в юном возрасте им необходимо иметь возможность решать технические задачи на практике. Путем проб и ошибок довольно быстро выясняется, что первые поделки далеко не всегда успешно справляются с решением даже простых задач. А за этим пониманием следует начало кропотливой работы над ошибками и поиск знаний для улучшения результатов разработки.

Для заинтересованных всегда найдется большое количество технических кружков, помогающих встать на путь совершенства. Однако встает вопрос мотивации, которая помогает первое время не обращать внимания на неизбежные неудачи. Один из вариантов мотивации – это участие и проведение технических соревнований.

Другой аспект обучения – большой спектр технических дисциплин и специальностей, которые могут запутать даже взрослого своими названиями. Суть выясняется только в процессе и не всегда совпадает с ожиданиями. В этой связи на входе желательно иметь дисциплину, которая находится на стыке многих технических областей и позволяет учащемуся легко пробовать различные направления, выявляя приоритетные для себя лично. Одной из таких дисциплин сегодня является робототехника.

Конечно, соревнования мобильных роботов существуют в большом количестве, но стоит также отметить, что не все подобные мероприятия стимулируют действительно творческую инженерную работу и освоение будущей профессии инженера. Одним из хороших примеров подобного рода можно назвать международные соревнования Евробот [1] (Рис.1), которые на протяжении многих лет стимулируются интерес участников ежегодным выпуском оригинальных заданий [2].

Рис. 1. Участники команд соревнований мобильных роботов Евробот

Соревнования Евробот в России развиваются с 2006 года. За это время национальным организаторам удалось добиться значительного роста количества участвующих в этом движении команд (Рис.2).

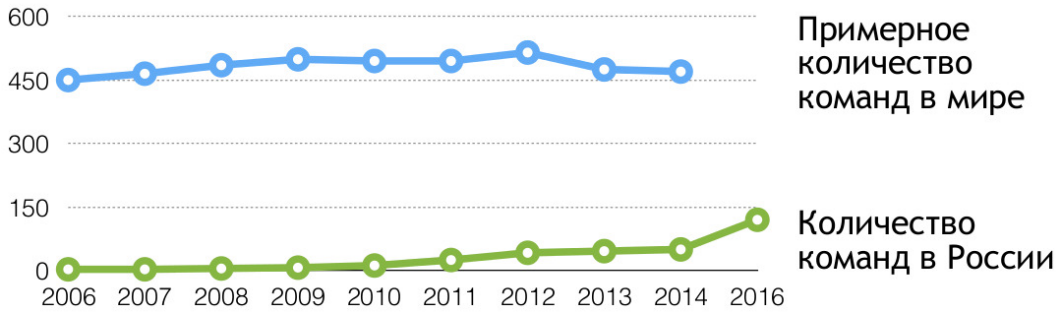


Рис. 2. Динамика развития количества команд Евробот в России

Рост количества участников несет с собой необходимость пересмотра подходов к организации соревнований. В 2016 году количество команд одновременно участвующих в одном мероприятии превысило 100. С этого момента стала очевидной необходимость внедрения автоматизации существующих процессов документооборота на соревнованиях.

Для поиска решения рассматриваемой проблемы автор принял участие в организации небольших соревнований мобильных роботов и дальнейшее изложение базируется на этом опыте.

О проекте

Цель проекта – создать автоматизированный комплекс мер, значительно упрощающий сопровождение робототехнических команд и их роботов на соревнованиях организаторами.

Под сопровождением понимается:

1. удаленная (первичная) и непосредственная регистрация участвующих в соревновании команд;
2. сбор необходимой документации от команд;
3. сохранение данных о соответствии роботов требованиям правил при проверке судьями и допуске к выступлению;
4. сохранение данных о результатах матчей и действиях команд во время матча;

5. информирование команд и зрителей во время соревнований.

Без автоматизации развитие сопровождения команд на увеличивающемся тренде количества команд требует значительного увеличения штата организаторов. Цель же данной работы можно сформулировать еще и как сохранение минимально необходимого числа волонтеров-организаторов для организации соревнований различного уровня с качественным сопровождением команд.

Внедрение автоматизации позволит:

1. значительно уменьшить или вообще исключить бумажные носители информации на соревнованиях: стандартный объем различных распечатанных на принтере бланков, которые использовали судьи Евробот России в 2016 году составлял около 500 листов = 1 пачка бумаги.
2. значительно ускорить поиск информации и качество обслуживания команд.
3. значительно ускорить информирование команд и зрителей о происходящих и планируемых событиях соревнований: например, статистика команд, турнирная таблица и т. п. обновляются моментально после завершения матча.

На деле результатом внедрения автоматизации станет сокращение издержек при проведении даже небольших соревнований, а проведение больших мероприятий будет возможно без значительного расширения команды организаторов.

Суть проекта

Суть проблемы такова, что похожие сложности возникают у организаторов в различных странах при достижении количества участников определенного значения. Технологически сегодня достаточно просто реализовать требуемый функционал для успешного разрешения описанных сложностей. Аналогичные системы разрабатывают организаторы из других стран, например, несколько лет назад появилась система под названием poolzor online [3], разрабатываемая волонтерами из Франции и Швейцарии.

Существующие аналоги обладает рядом существенных ограничений:

- необходимость постоянного доступа к сети Интернет;
- закрытый характер разработки и невозможность свободного добавления новых функций по желанию.

Автор представляет команду [4], которая предлагает открытый вариант комплекса мер по автоматизации документооборота соревнований (включая техническую составляющую), который достаточно просто может быть использован на любой площадке проведения с минимумом требований к инфраструктуре, а работоспособность системы не зависит от наличия доступа в Интернет. Одним из ключевых факторов разработки также является минимальная стоимость необходимого оборудования, с возможностью использования уже имеющегося оборудования на площадке проведения соревнований. По замыслу, подобная система должна помочь энтузиастам легче проводить соревнования на высоком уровне и распространять подобный способ инженерной подготовки по нашей стране быстрее и эффективнее.

Структура системы

Предлагаемый комплекс мер по автоматизации состоит из: аппаратной части, программной части и правил пользования.

Аппаратно-программная система сопровождения состоит из сервера, на котором храниться база данных о командах, и из подключаемых к ней устройств, в данном случае – компьютер судьи, регистрационно-информационный терминал, и два терминала (рис.3). Каждая команда в начале соревнования регистрирует себе RFID карточку (паспорт команды), работающую далее как ключ к данным о команде.

Удобство данной системы заключается в том, что вся информация разложена по полочкам на сервере, и всё доступно “по щелчку”, и программы судьи и пользователей

имеют довольно простой интерфейс. Так же, для регистрации команд можно использовать практически любую карточку RFID, которые сегодня распространены повсеместно.

Рис. 3. Структура системы и ее аппаратная составляющая

Второе удобство заключается в том, что карточки никак не нужно перепрошивать или модифицировать для их использования. Вся работа заключается в сохранении данных о карточке на сервере системы. По приходу на площадку соревнования, команды прикладывают карточки к специальным терминалам, и на компьютере судьи сразу открываются окна для начисления баллов этим командам, что экономит время. Такой подход также обеспечивает возможность автоматического информирования команд и зрителей о происходящем на специальном экране.

Сервер является основным центром всей системы. Представляет из себя компьютер с загруженной в него информацией о командах, и об их участниках. Компьютер судьи используется для начисления баллов за выступление командам, вывода информации о присутствующих командах на экран, и прочих действий с командами. Экран используется для вывода зрителям минимальной информации об участвующих командах (Название, баллы), выводит название пятерки лидирующих по баллам команд, а так же выводит список выступлений, чтобы команды были в курсе о своем выступлении.

Терминалы на соревновании используются для отправки с помощью карточек в компьютер судьи информации о прибывших командах. Если судья принимает запрос от терминалов, то на экран выводятся две соревнующиеся команды, их очки и у судьи открываются эти команды для начисления им баллов.

Регистрационно-информационный Терминал используется зрителями – для просмотра информации о командах, командами – для регистрации и редактирования информации о себе, и администраторами – для различных поправок. Так же возможен просмотр правил соревнования и список “Кто за кем выступает”.

Компьютер судьи не имеет никаких дополнительно подключенных устройств, подключен напрямую к серверу, и управляет им с помощью программы. Судья имеет доступ ко всем командам, может начислять и снимать балы, редактировать команды. Команды, зарегистрировавшие карточку отмечаются в списке как “прибывшие”, судья подбирает оппонента команде и добавляет информацию о жеребьевке в виде турнирной таблицы, что могут посмотреть команды в РегИнф терминале.

Во время выступления обе команды прикладывают карточки к терминалам. Судья получает извещения об этом, и по нажатию на кнопку выводит на экран названия и очки двух соревнующихся команд. Во время подсчета баллов, судья, находящиеся на поле, передает в систему баллы, начисленные за каждое успешное действие команд в матче соревнований, путем расстановки галочек в программе. Баллы высвечиваются на экране, и их так же может посмотреть любой желающий у терминала.

Устройство и принцип работы РегИнф-терминала

Регистрационно-информационный терминал представляет из себя компьютер с подключенным к нему устройством чтения RFID, используемое командами для регистрации по карточкам и входа по ним. Пользователей терминала можно разделить на три правовые группы (Рис.4).

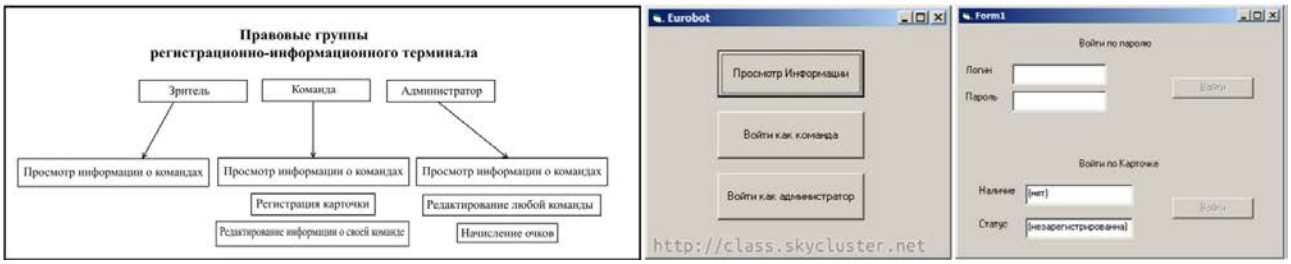


Рис. 4. Группы пользователей и пример их взаимодействия с терминалом

Интерфейс терминала должен быть прост и понятен для всех групп пользователей. Пример вывода на экран подобного рода информации для зрителей, позволяющий легко найти и просмотреть нужную информацию, показан на Рис. 5.

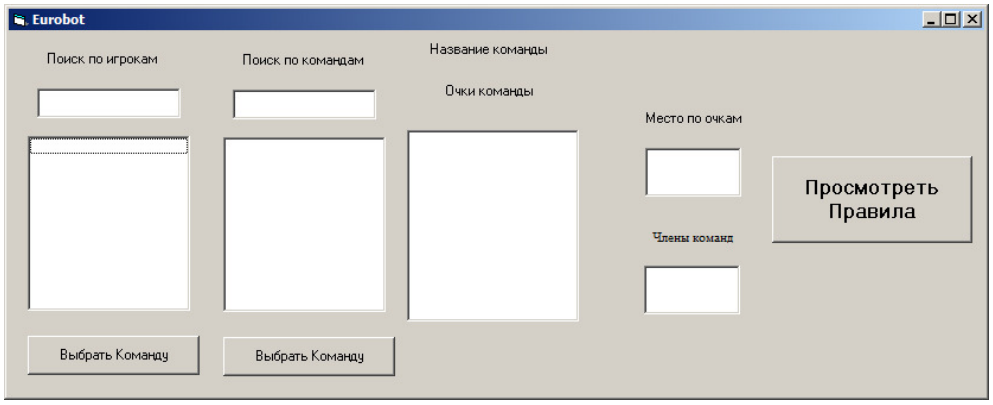


Рис. 5. Окно вывода информации для зрителей

Оба терминала используют считывающие карточки устройства. Их устройство просто, они представляют из себя микроконтроллеры с подключенными RFID считывателями. Возможно использование любой RFID карточки.

По прибытии на соревнование, заранее зарегистрированной команде нужно отметить свое появление, заодно зарегистрировать карточку для дальнейшего использования (Рис.6). Для этого, в информационно-регистрационном терминале, после входа команды, если она еще не зарегистрирована, открывается специальное окно.

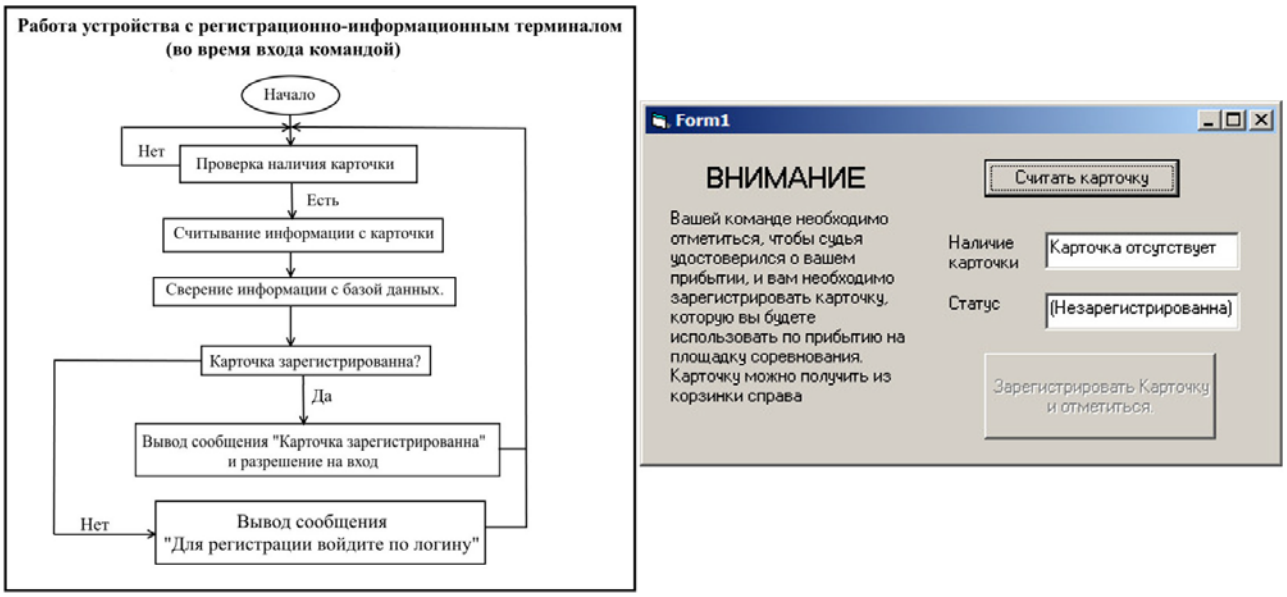


Рис. 6. Информационно-регистрационный терминал, пример варианта использования

Аппаратная часть терминала показана на Рис.7. Для его изготовления были использованы возможности современной лаборатории цифрового производства технопарка Центра Технического Образования Дворца пионеров на Воробьевы горах [5], а именно станок лазерной резки и станок для гибки пластика. В данном случае прототип терминала состоит из корпуса (дерево/пластик) и электроники (микроконтроллер/считыватель RFID).

Для работы прототипу необходимо подключение к компьютеру (Рис.8).

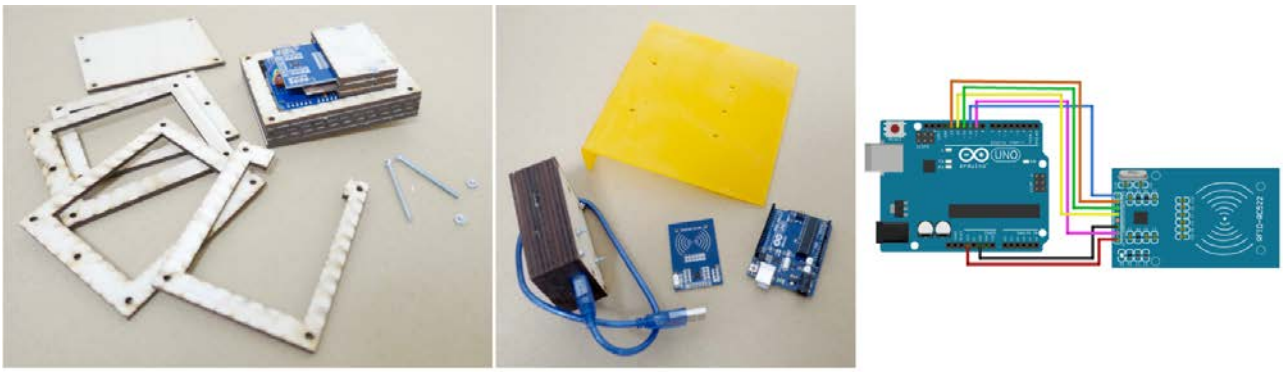


Рис. 7. Внешний вид и устройство терминала

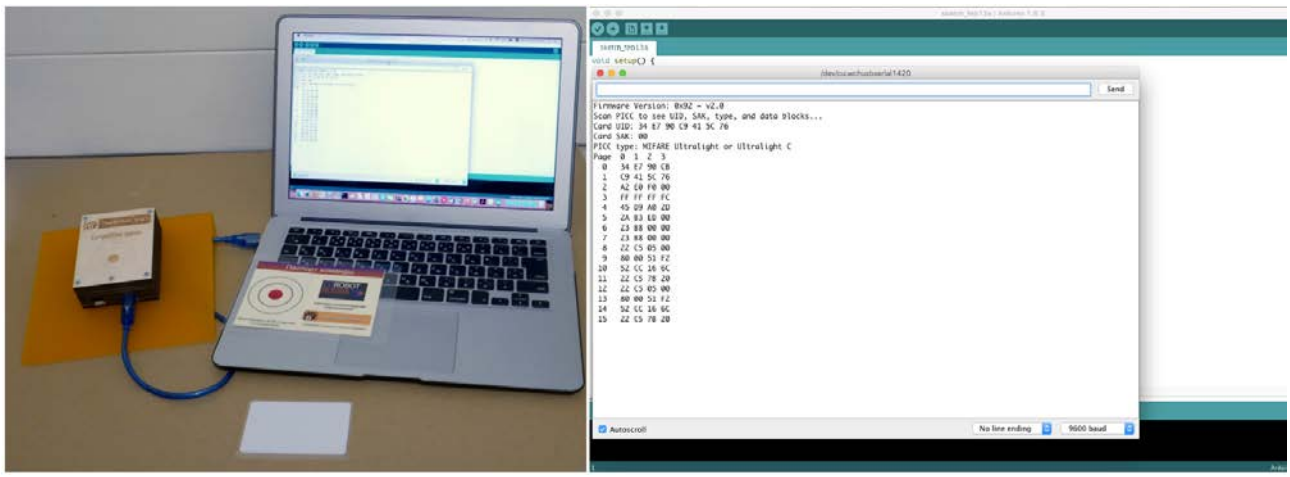


Рис. 8. Терминал в работе

В таком виде терминал способен реагировать на поднесение карты-ключа или «паспорта» команды и выводить необходимую информацию на экран компьютера. Все ранее перечисленные действия участников работы в системе могут быть отлажены с помощью данного устройства.

Заключение

Данная работа находится на ранней стадии проработки. Автор попытался обобщить все предпосылки к данной разработке и необходимость внедрения комплекса мер по автоматизации документооборота соревнований (включая техническую составляющую).

Конечно, полученные результаты во многом еще слишком малы, чтобы говорить о работоспособном решении обозначенной проблемы, но проработка архитектурных вопросов, рассмотренных в данной статье, позволит в будущем сосредоточиться на решении конкретных технических вопросов, а их решение провести в команде разработчиков, эффективно разделив проект на части.

В дальнейшем планируется определиться с платформой для реализации сервера и провести ряд тестов на разработанном терминале в рамках очередных соревнований Евробот в России с целью уточнения выбранного подхода и решаемых системой вопросов.

Список информационных источников

1. Сайт Национального Организационного Комитета Евробот в России. Режим доступа: http://www.eurobot-russia.org – Проверено 10.02.2017г.
2. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017 – Проверено 10.02.2017г.
3. Инструмент автоматизации документооборота и проведения соревнований Евробот. Режим доступа: http://www.planete-sciences.org/robot/poolzor/ – Проверено 10.02.2017г.
4. Сайт команды разработчиков робототехнических решений beArobot. Режим доступа: http://www.bearobot.org – Проверено 10.02.2017г.
5. Сайт ГБПОУ «Воробьевы горы». Режим доступа: http://vg.mskobr.ru – Проверено 10.02.2017г.
6. Загуменнов Ф.А. Программный интерфейс виртуальной реальности для встраиваемых систем // Сборник научных трудов. 16-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2014". –М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 23-24 апреля 2014г. – с.351-355.
7. Чистяков М.Г. Задача оптимизации системы автоматического управления: определение предельных режимов движения мобильного робота // Сборник научных трудов. 14-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2012". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 25-26 апреля 2012г. – с.153-158.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО АППАРАТА НА МАГНИТНОЙ ПОДУШКЕ

Лябога А.В.
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Семенцов С.Г.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

DESIGN OF MAGNETIC LEVITATION VEHICLE

Lyaboga A.V.
Supervisor: Dr., Prof. Semencov S.G.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе рассмотрено проектирование мобильного аппарата на магнитной подушке (МАМП) для различных целей. Кратко описаны физические принципы и сферы применения.

Abstract
This paper describes the design of magnetic levitation vehicle for different targets. The physical principles and the application spheres of the vehicle are discussed.

Введение

В настоящее время очень широкое распространение получили различные приборы и устройства на механических принципах, потенциал которых в отдельных отраслях промышленности близок к исчерпанию. Электромагнитные эффекты остаются не столь востребованы, хотя, используя их, можно добиться значительного снижения трения при перемещении, исключив контакт устройства с поверхностью; уменьшения повреждений поверхности, заменив грубое механическое воздействие электромагнитным; повышения энергоэффективности и экономичности. Такие характеристики позволят перспективным устройствам на электромагнитных принципах конкурировать с уже существующими механическими аналогами.

Устройства подобной конструкции могут быть востребованы для перемещения грузов с большой массой, использовано как платформа для роботов или как основа для проектирования аттракционов.

1 Общие принципы работы магнитной подушки

Функционирование магнитной подушки основано на силе Ампера. Для создания тяги будем использовать парные двигатели, приводящие в движение постоянные магниты, что, в свою очередь, создаст переменное магнитное поле. Поле будет индуцировать вихревые токи в пластине под магнитами, которые в свою очередь будут создавать магнитное поле противодействующее исходному.

Рис. 1. Взаимодействие вращающегося магнита с проводящей пластиной

Для усиления магнитного поля около рабочей поверхности будем использовать сборку Халбаха. Сборка представляет собой последовательное расположение магнитов с различной чередующейся ориентацией.

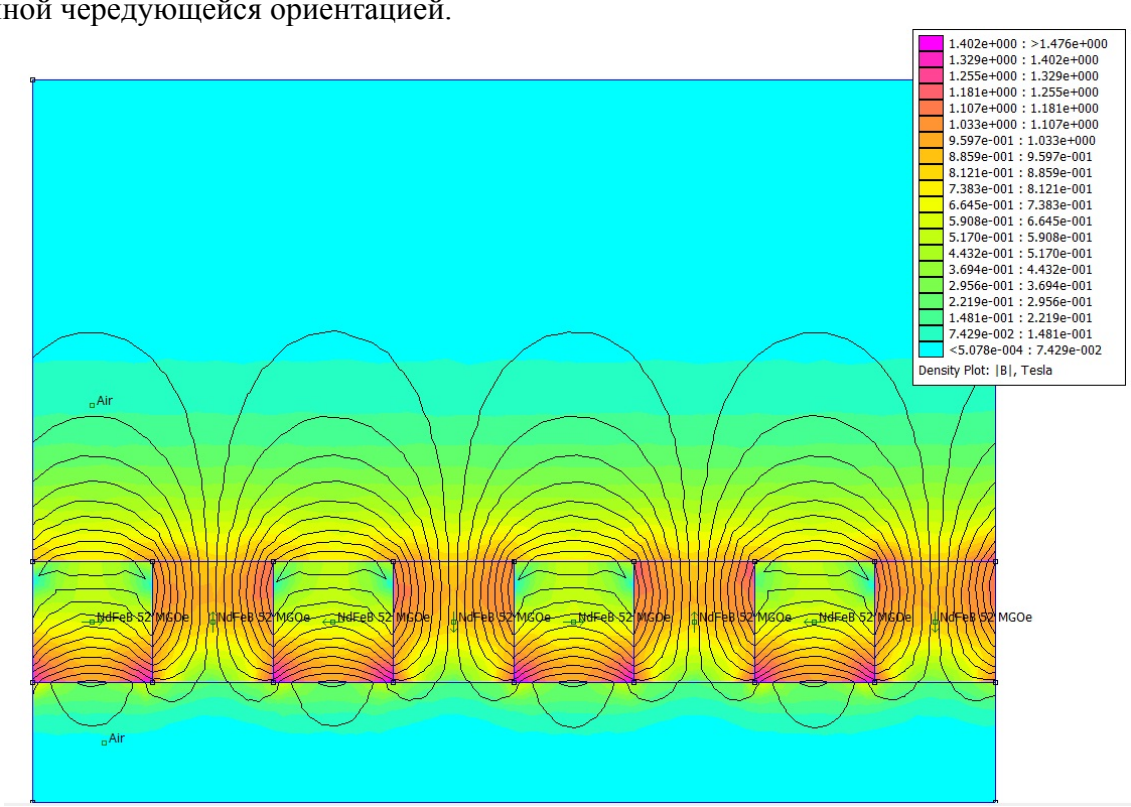


Рис. 2. Распределение силовых линий магнитного поля в сборке Халбаха

Устройство подобной конструкции может быть востребовано для перемещения грузов с большой массой, использовано как платформа для роботов… или как основа для проектирования аттракционов.

2 Общая структура разработанной МАМП

2.1 Ориентация

Общее управление платформой будет осуществляться микроконтроллером STM32F103VCT6, поскольку он, работая на частоте 72 МГц, обладает достаточной производительностью для управления всеми системами устройства и имеет большое количество встроенных интерфейсов. Далее рассмотрим исполнительные устройства и датчики системы.

Датчиком ориентации устройства служит цифровой микроэлектромеханический гироскоп L3GD2, и его дополняет 3-х осевой акселерометр и магнитометр LSM303DLHC. Поскольку они поставляются производителем в комплекте с отладочной платой, при помощи которой можно немедленно приступить к прототипированию устройства. Кажется перспективным использование оптического датчика сноса, похожего по конструкции на датчики, используемые при производстве компьютерных мышек. Такое решение позволит получать информацию как об относительных перемещениях МАМП, так и о его скорости движения.

2.2 Управление

Управление прибором будет осуществляться посредством шины RS-485, благодаря ее помехоустойчивости.

2.3 Питание

В качестве питания будем использовать li-ion батарею. Чтобы запитать электропривод будем использовать преобразователь.

2.4 Периферийные устройства

Для контроля весовой нагрузки на платформу будем использовать тензодатчик. При разработке устройства для отладки будем использовать USB-интерфейс.

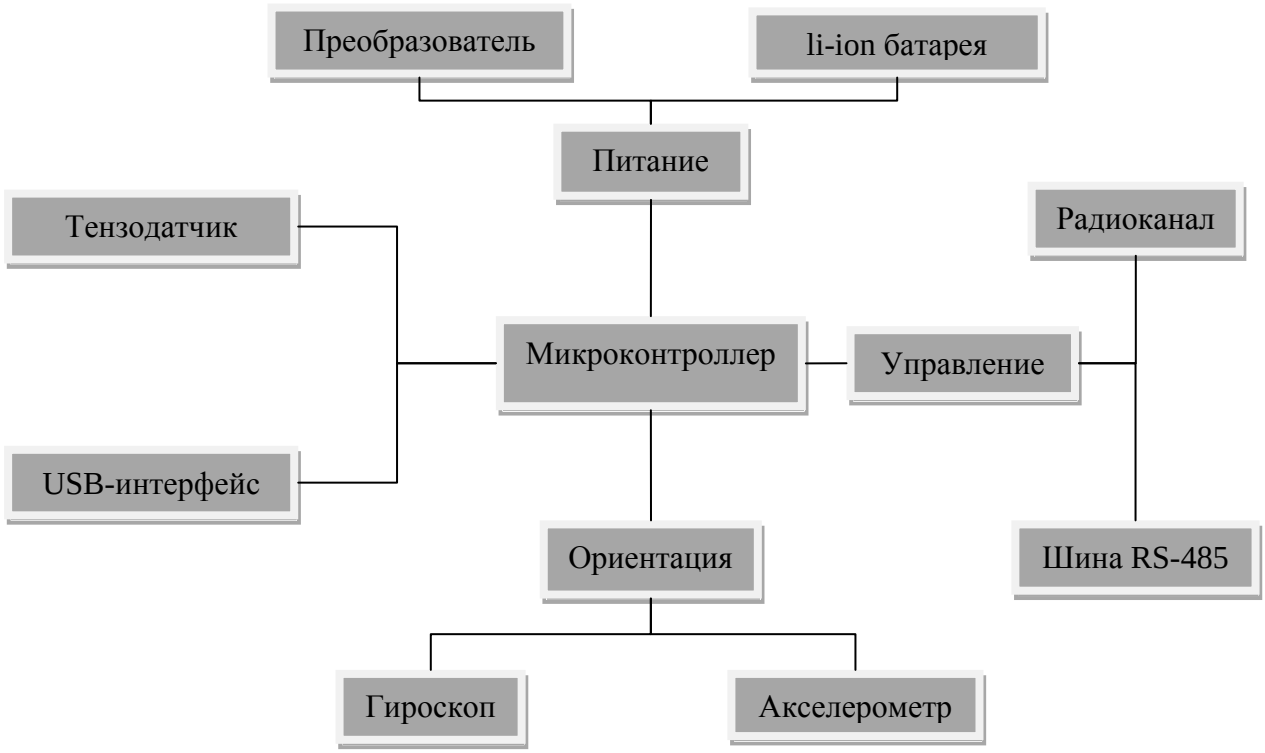


Рис. 3. Общая схема МАМП

Заключение

Разработанная схема является универсальной и может быть применена во многих сферах, заняв свою нишу на рынке. В ходе дальнейшей разработки возможно внесение специфических изменений в схему, характерных для каждой сферы. Также необходима проработка отдельных подсистем, схемотехническое проектирование и разработка ПО.

Литература

1. Veritasium. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=pCON4zfMzjU&feature=youtu.be - Проверено 03.03.2017.
2. Discovery kit with STM32F303VC MCU. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f3discovery.html - Проверено 03.03.2017.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Лапшинов С.А.
Научный руководитель: Юдин А.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

RELEVANCE OF TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES IN DIGITAL FABRICATION LABORATORY FOR MOBILE ROBOT'S DEVELOPMENT

Lapshinov S.A.
Supervisor: Yudin A.V.
State budget vocational and educational institution "Vorobyovi Gori", Centre of Technical Education, Moscow, Russia
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются технологические аспекты создания автономного мобильного робота в лаборатории цифрового производства. Статья может быть полезна молодым разработчикам, начинающим осваивать практику разработки сложных технических систем в условиях современного производства.

Abstract
The article deals with technological aspects of an autonomous mobile robot's creation in a digital fabrication laboratory. The article can be useful to young developers who begin practice of complex technical systems' development in the conditions of modern production.

Введение

Процесс создания мобильного робота, способного решать задачи манипуляции объектами окружающей среды, отличается комплексным, системным подходом к разработке. Инженер, вовлеченный в разработку должен хорошо ориентироваться в таких областях как механика, электроника, программирование и управление проектом. При этом становится очевидной и практически обоснованной необходимость освоения и знания таких университетских технических дисциплин как: теоретическая механика, детали машин, черчение, автоматизация проектирования, технология производства, основы автоматики и системы автоматического управления, конструирование приборов, автоматизация производства, системотехника, управление проектами и проч.

Участие в разработке мобильного робота для соревнований робототехнических команд, например для международных соревнований Евробот [1], начиная с 6-летнего возраста, позволяет поэтапно освоить практические инженерные навыки для успешного самостоятельного завершения любого технического проекта. При этом для юного разработчика становится понятной необходимостью продолжение учебы и углубление теоретических знаний в конкретном ВУЗе, на конкретно выбранной специальности, для улучшения качества разрабатываемых устройств.

Процесс создания мобильного робота также итеративен. При творчеством поиске наилучшего решения разработчику приходится много прототипировать и на раннем этапе разработки тестировать свои идеи на практике. Эту деятельность невозможно себе представить без специализированного оборудования, которое позволяет сократить сроки разработки прототипов. Сегодня места, которые предоставляют желающим возможность быстрого прототипирования технических устройств и дальнейшего создания итогового решения и завершения разработки называются лабораториями цифрового производства.

Автор уже несколько лет работает в Объединенном Студенческом Конструкторском Бюро [2], в лабораториях цифрового производства и выступает в

соревнованиях мобильных роботов [3], успешно разрабатывает прикладные проекты. В статье рассматривается опыт разработки мобильного робота для соревнований Евробот 2017 [4], который можно считать типовым. При этом делается акцент на технологических возможностях современных лабораторий цифрового производства, которые позволяют эффективно решать любые вопросы, возникающие в процессе подготовки к соревнованиям и создавать привлекательные и эффективные технические устройства.

Автор благодарит лабораторию робототехники Центра Технического Образования Дворца Пионеров на Воробьевых горах (ГБПОУ «Воробьевы горы» [5]), где велась описываемая разработка, а также Центр Технологической Поддержки Образования лаборатории цифрового производства «ФабЛаб» при НИТУ «МИСиС» [6] за помощь в изготовлении деталей.

Цель проекта – разработать в условиях современной лаборатории цифрового производства автономного мобильного робота, управляемого сетью самодельных контроллеров на основе микроконтроллера ATMega328p, способного корректировать свое движение с помощью датчиков-энкодеров и ультразвуковых дальномеров и выполняющего ряд практических заданий, оговоренных специальными правилами соревнований Евробот Юниор 2017 [4, 7-10].

Задачи проекта:

- Разработать, изготовить и собрать систему автономного управления робота на основе 8-битных микроконтроллеров;
- Запрограммировать микроконтроллеры;
- Разработать, изготовить и собрать платформу и корпус робота;
- Разработать, изготовить и собрать механизм для выполнения практических заданий;
- Сделать внешний вид робота эстетичным;
- Задокументировать процесс создания робота;
- Используя станки с ЧПУ обеспечить возможность воссоздания отдельных элементов робота, в случае необходимости.

На Рис.1 можно видеть из каких элементов состоит типичная робототехническая система участвующая в соревнованиях Евробот Юниор.

Рис.1. Структурно-функциональная схема робототехнической системы Евробот Юниор

Дальнейшее повествование ведется о той части системы, которая относится к автономному мобильному роботу.

Робот должен собрать стоящие на поле цилиндры и выгрузить их в определенную зону так, чтобы они были верно сориентированы в пространстве. Рассматриваемый робот собирает цилиндры в две башни и загружает эти башни в отсек внутри робота. После чего робот едет в зону выгрузки, поворачивает башни на 90 градусов и сбрасывает цилиндры в нужном месте.

Разработка механических элементов

Наиболее востребованными автоматизированными станками лаборатории цифрового производства при разработке механических элементов мобильного робота являются: станок лазерной резки и 3Д-принтер. Часто в проектах бывает удобен ручной станок гибки пластика.

Процесс изготовления деталей на станках с ЧПУ (Числовое Программное Управление) начинается с разработки чертежей деталей в одной из САПР (Система Автоматизированного Проектирования) двумерного или трехмерного моделирования. Пример двумерного чертежа корпусных элементов разрабатываемого мобильного робота представлен на Рис.2.

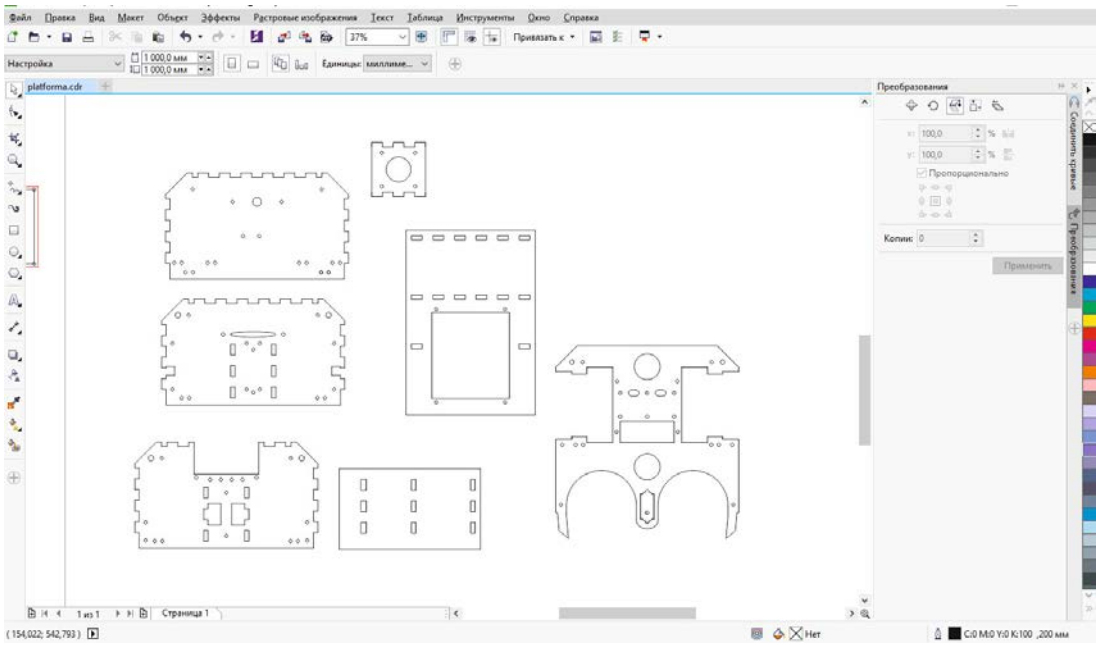


Рис. 2. Чертеж деталей робота в САПР двумерного моделирования

Параметры корпуса определены размерами внутренних компонентов – габаритами платы с управляющей электроникой, моторами и различными исполнительными механизмами.

Чертеж на Рис.2 предназначен для станка лазерной резки, который показан на Рис.3 вместе с деталями ходовой, также изготовленными на этом станке и собранными в итоговое устройство колесного привода для обеспечения движения мобильного робота.

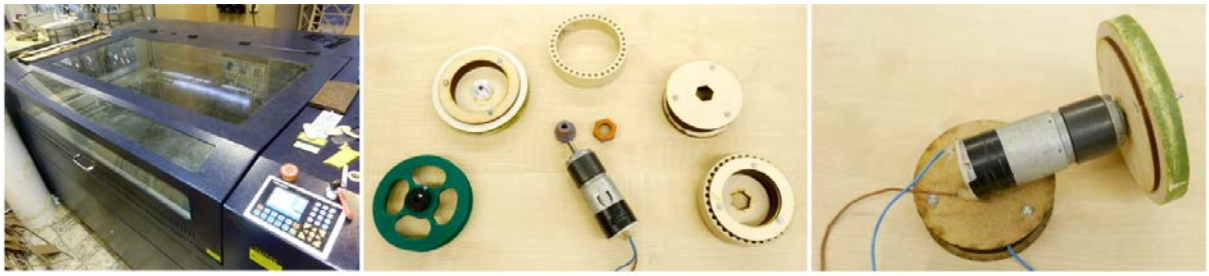


Рис. 3. Изготовление деталей на станке лазерной резки

На Рис.3 изображен ряд деталей, которые изготовлены из пластика (диск колеса с прорезями, а также винт и гайка для передачи крутящего момента с двигателя на колесо). Эти детали проектируются в САПР трехмерного моделирования. Примеры таких деталей, разработанных для данного проекта показаны на Рис. 4.

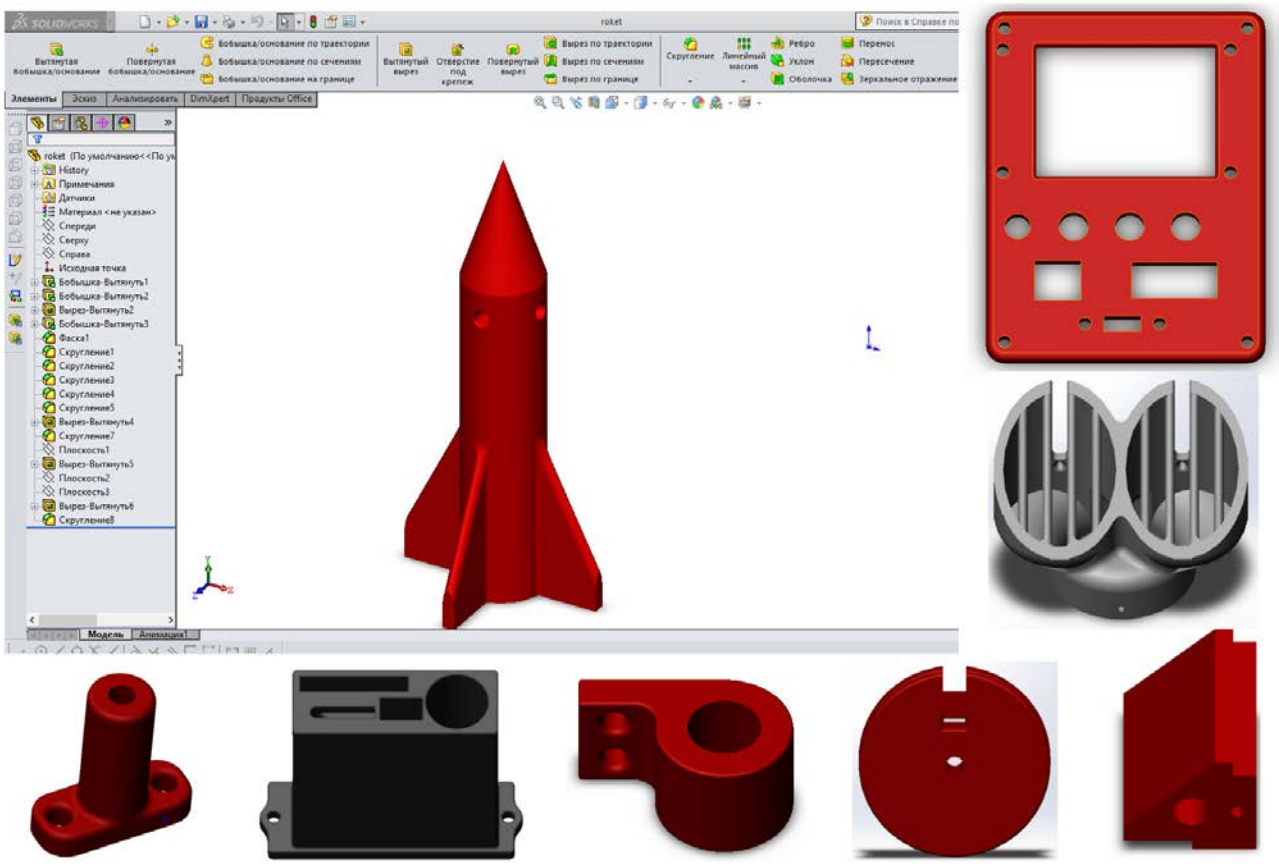


Рис. 4. Вид 3Д-моделей деталей робота в САПР трехмерного моделирования

Если детали на станке лазерной резки изготавливаются достаточно быстро (типичное время изготовления детали исчисляется несколькими минутами), то изготовление деталей по 3Д-моделям на соответствующих принтерах может занимать часы или даже дни в зависимости от желаемого качества поверхности и прочности изделия. На Рис. 5 показаны 3Д-принтеры, на которых автору довелось поработать при подготовке описываемого проекта.

Чтобы сделать робота более красивым были изготовлены декоративные детали на 3D принтере и лазерном станке. Каждая деталь робота подходит к другой с высокой точностью. Все детали соединены с помощью винтов М3 и М4 и гаек.

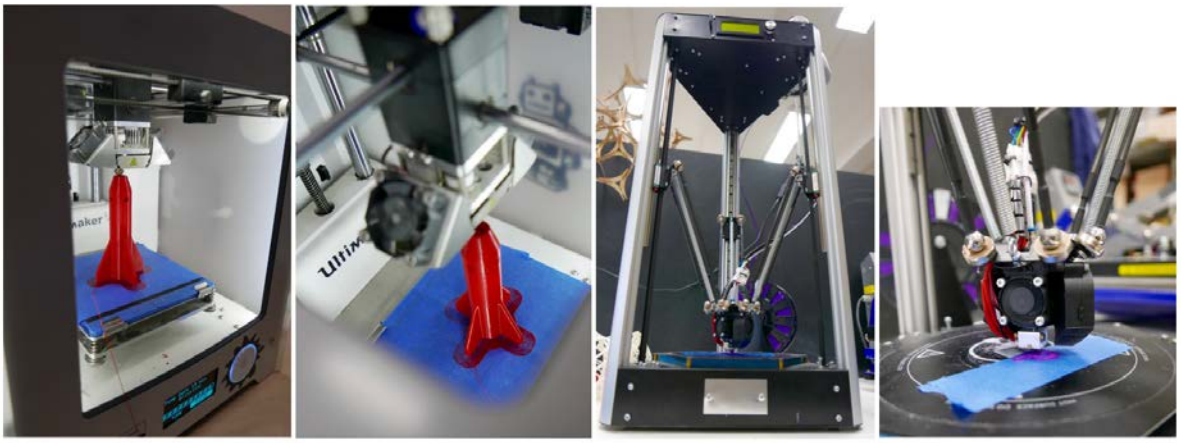


Рис. 5. Изготовление деталей на 3Д-принтерах

Предварительное моделирование и возможность быстрого производства прототипов позволили сделать робота максимально компактным, сохранив все необходимые функции. Все комплектующие расположены на разных ярусах которые находятся друг над другом. Например, чтобы уменьшить ширину робота моторы были подняты на второй ярус и соединены с колесами робота с помощью ременной передачи.

Разработка электроники

Прототипирование электроники в лаборатории цифрового производства происходит на прецизионном фрезерном станке.

Состав системы управления мобильным автономным роботом показан на Рис.6. Стрелки на схеме показывают направление передачи информации, в том числе управляющей. Центральное место на изображении занимают микроконтроллеры, два из них объединены на одной печатной плате.

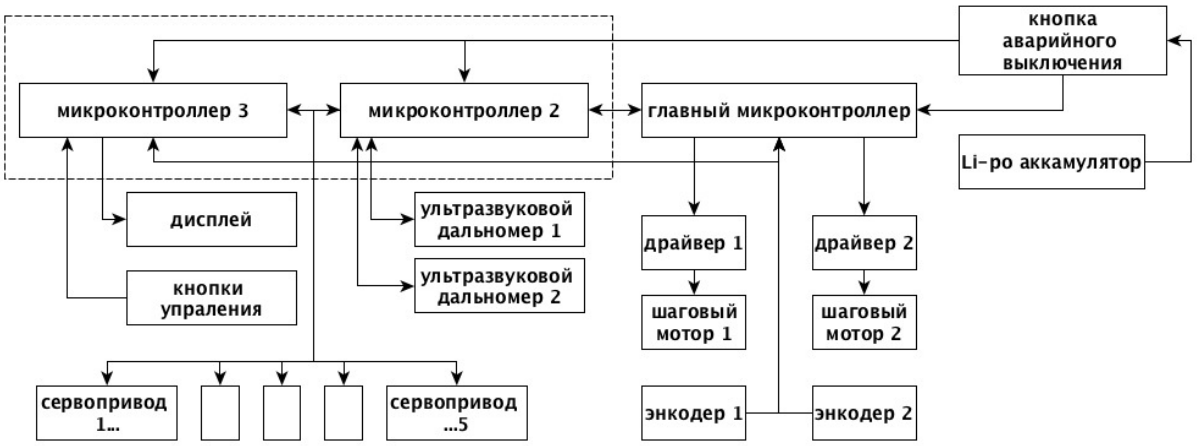


Рис. 6. Структурно-функциональная схема системы управления мобильным роботом

В роботе присутствуют 3 микроконтроллера на основе ATMega328p которые собраны на самодельной печатной плате и соединены между собой шиной связи I2C. Каждый микроконтроллер отвечает за свою часть робота. Первый отвечает за управление движением, снятие показаний с энкодеров и генерацию команд другим микроконтроллерам. Второй микроконтроллер отвечает за управление сервоприводами и снятие показаний с ультразвуковых дальномеров. Третий микроконтроллер отвечает за управление роботом с помощью специальной панели которая размещена на роботе в состав которой входит дисплей и несколько кнопок.

Разработка ПП (Печатной Платы) ведется в соответствующих САПР. Итог разработки – изображение внешнего вида проводящего рисунка будущей ПП и

изображение контуров ПП. На Рис. 7 показаны примеры исходных файлов, изготовление и результаты производственного процесса.

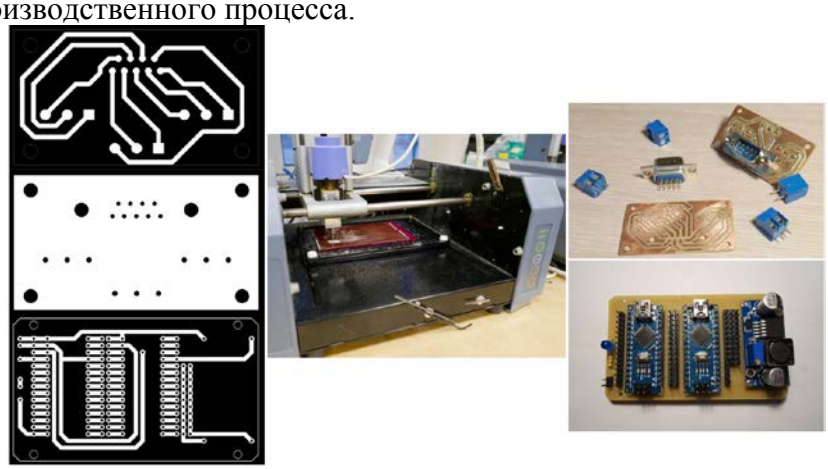


Рис.7. Изготовление печатной платы на прецизионном фрезерном станке

Процесс изготовления ПП на прецизионном фрезерном станке занимает около часа. При этом стоит отметить, что в отличие от лазерной резки и 3Д-печати этот технологический процесс имеет несколько этапов или переходов, которые должен осуществить оператор станка прежде, чем изделие будет готово. Переходы – это установка фрезы нужного диаметра, для первого этапа фрезеровки проводящего рисунка обычно используют фрезу диаметром ~0.4 мм, а для второго этапа вырезки контуров ПП обычно используют фрезу диаметром ~0.8 мм.

Разработка программной части

Для прототипирования программной части удобно пользоваться платформой Ардуино, которая дает возможность в считанные часы опробовать механизмы робота в автоматизированном или полностью автономном режиме.

На роботе также установлены два энкодера HEDS (2024 импульса на оборот) с помощью которых через определенные промежутки времени (10-20 мс) происходит корректировка движения, если скорость оного из двигателей выше или робот отклонился от заданной траектории. С помощью энкодеров робот узнает пройденное им расстояние и знает когда нужно остановиться или повернуть. Если перед роботом есть препятствие, то он может его обнаружить с помощью ультразвуковых дальномеров и успеть вовремя остановиться.

Для примера в дальнейшем описании представлен один из элементов разрабатываемой системы мобильного робота – устройство настройки и индикации робота или для краткости просто «Монитор» (Рис.8).

Рис. 8. Устройство настройки и индикации на борту мобильного робота

Для удобства выбора режима работы робота была сделана панель управления. На ней расположен дисплей, на котором отображается вся информация о состоянии робота и несколько кнопок для управления меню. Для удобства на панель выведен порт для загрузки программы на робота, расположена прорезь стартового устройства и установлен индикатор заряда батареи, чтобы ее не приходилось периодически отсоединять и проверять вольтметром.

В разработке такого устройства, конечно, не уйти от вопросов эргономики, правильного размещения органов управления, разъемов и прочих важных конструктивных и функциональных элементов.

Для решения задач программирования необходимо точно определить все возможные состояния Монитора. В больших командах разработчиков очень часто участники команды специализируются на чем-то одном. Например, после того, как устройство разработано и собрано длительное время уходит на его программирование, наладку и определение схем автономного поведения, поэтому кто-то из инженеров команды «становится» программистом, т. е. он больше занят вопросами программирования, чем другие участники команды. В таких случаях разработчики договариваются друг с другом посредством схем поведения, один из примеров которых представлен на Рис.9.

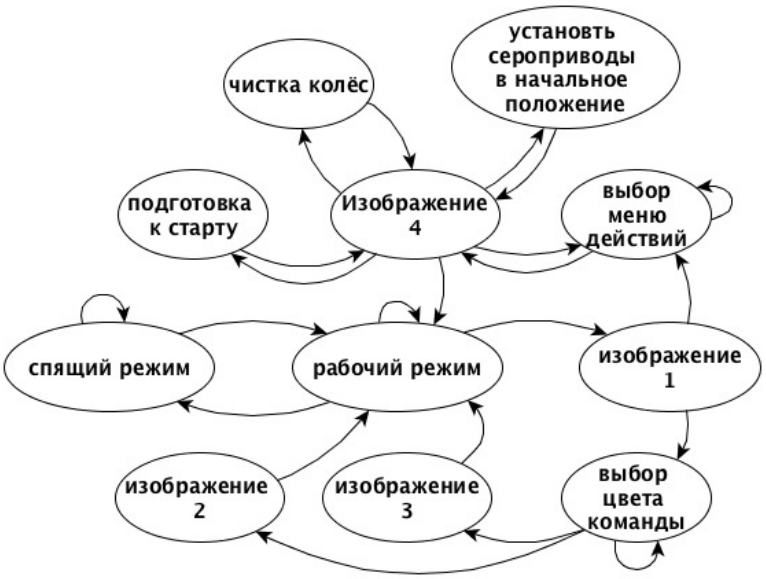


Рис. 9. Машина состояний устройства настройки и индикации

Как только определено поведение мобильного робота или одной из его подсистем, разрабатывается программный код. На рис.10 показан пример разработки программного кода на языке C/C++ и результатов его работы в виде примеров вывода на экран Монитора.

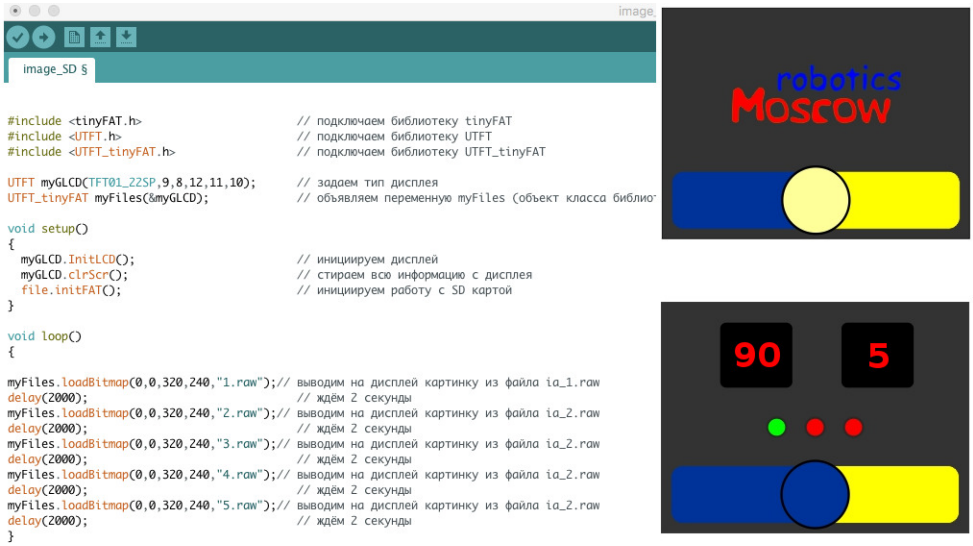


Рис. 10. Программный код и пример вывода на экран Монитора

С помощью Монитора можно выбрать цвет команды, запустить робота, проверить состояние робота и выполнить команды ручной настройки подсистем робота.

Успех выступления в соревнованиях определяется сложностью возможного поведения робота на тестовом полигоне. Например, выступая против соперника робот должен избегая столкновений (в том числе и с соперником, который одновременно движется по полигону) выполнить свои задачи.

Заключение

Имея в своем распоряжении станки современной лаборатории цифрового производства (станок лазерной резки, 3Д-принтер, прецизионный фрезерный станок) можно в кратчайшие сроки создать сложное техническое устройство, такое как автономный мобильный робот. Например, робот показанный на Рис.11 был разработан и изготовлен автором за 4 месяца.

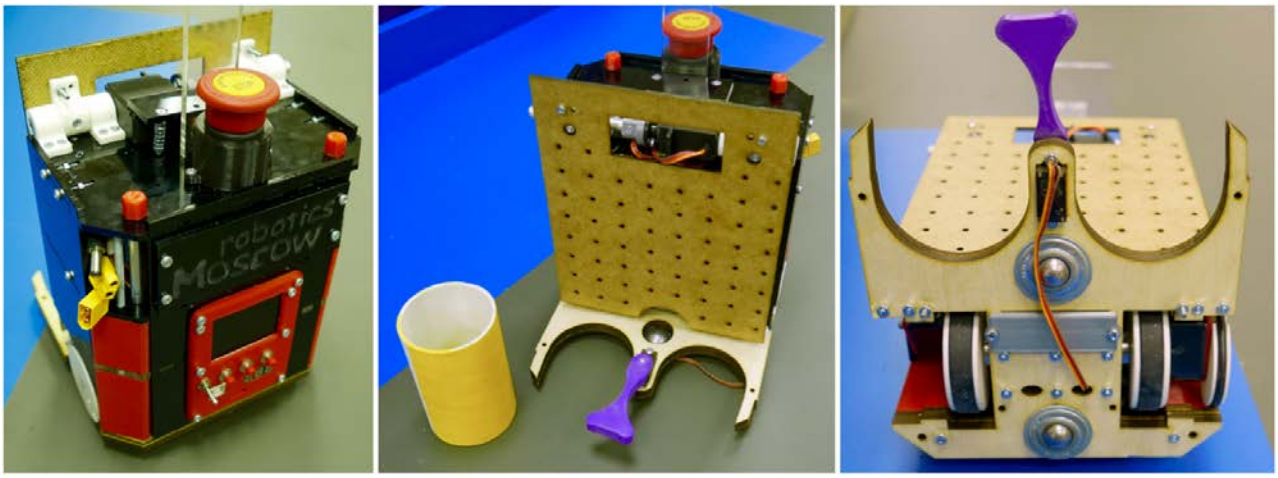


Рис. 11. Внешний вид результатов проекта разработки автономного мобильного робота

Робот передвигается с помощью шаговых двигателей. Он имеет два колеса и две шаровые опоры для устойчивости. Энкодеры робота установлены на отдельных «пассивных» колесах, которые подпружинены для лучшего соприкосновения с поверхностью. Робот состоит из четырёх ярусов и двух длинных цилиндров расположенных в его передней части. Механизмы робота работают за счёт сервоприводов.

Для ориентации в пространстве робот использует ультразвуковые дальномеры и энкодеры.

Повышение технологической грамотности и практика работы на современных станках дает возможность юному разработчику научиться со временем значительно сокращать сроки разработки и повышать эффективность используемых решений, т. е. стать настоящим инженером.

Литература

1. Сайт Национального Организационного Комитета Евробот в России. Режим доступа: http://www.eurobot-russia.org – Проверено 10.02.2017г.
2. Сайт Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро. Режим доступа: http://class.skycluster.net – Проверено 10.02.2017г.
3. Лапшинов С.А. Автономный робот-исследователь с механизмом защиты от ультрафиолетовых лучей // Сборник научных трудов. 18-ая молодежная международная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2016". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 20 апреля 2016 г. – с.269-273.
4. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017 – Проверено 10.02.2017г.
5. Сайт ГБПОУ «Воробьевы горы». Режим доступа: http://vg.mskobr.ru – Проверено 10.02.2017г.
6. Сайт лаборатории цифрового производства «ФабЛаб» при НИТУ «МИСиС». Режим доступа: http://fablab77.ru – Проверено 10.02.2017г.
7. Vlasov A., Yudin A. DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM IN MOBILE ROBOT APPLICATION: GENERAL APPROACH, REALIZATION AND USAGE // Communications in Computer and Information Science. 2011. Т. 156 CCIS. С. 180-192.
8. Salmina M., Kuznetsov V., Poduraev Y., Yudin A., Vlasov A., Sukhotskiy V., Tsibulin Y. CONTINUOUS ENGINEERING EDUCATION BASED ON MECHATRONICS AND DIGITAL FABRICATION // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 56-57.
9. Yudin A., Vlasov A., Kolesnikov M. MECHATRONIC DEVICE TO REPRODUCE VIRTUAL IMAGE ON MATERIAL PLANE // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 35-39.
10. Yudin A., Kolesnikov M., Vlasov A., Salmina M. PROJECT ORIENTED APPROACH IN EDUCATIONAL ROBOTICS: FROM ROBOTIC COMPETITION TO PRACTICAL APPLIANCE // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 457. С. 83-94.

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ШАБЛОНОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЫБОРУ ПРОТОТИПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Лебедев А.С.
Научный руководитель: Журавлева Л.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия.

THE STRUCTURING OF TEMPLATES OF NAVIGATION SYSTEM FOR SELECTION PROTOTYPE TOOLING

Lebedev A.S.
Supervisor: Zhuravleva L.V.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Аннотация
Данная статья посвящена структурированию шаблонов навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки и способам их визуализации. Основное внимание уделено поискам шаблона навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки, который оптимально подходит для поиска интересующего конечного пользователя прототипа оснастки. Кратко рассмотрены достоинства и недостатки каждого из разработанных шаблонов навигационной системы. В результате исследования выявлен оптимальный способ визуализации прототипов технологической оснастки и подведен итог по разработанным в статье структурам шаблонов навигационной системы.

Abstract
This article focuses on the structuring patterns of the navigation system of choice prototype tooling and methods of visualization. The focus is on the search for the pattern of the navigation system of choice prototype tooling, which is optimized for search of user equipment. Briefly discussed the advantages and disadvantages of each of the templates developed by the navigation system. The study identified the best way to visualize prototype tooling and summed up on the developed structures in the article patterns of the navigation system.

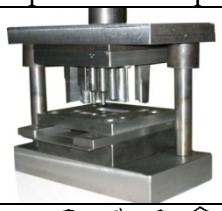
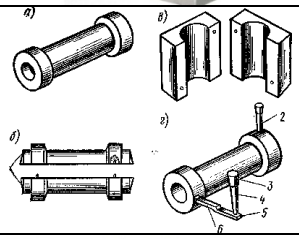
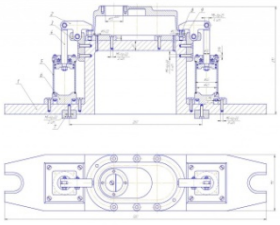
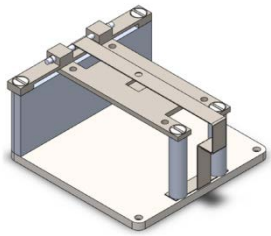
Введение

При разработке технологической оснастки необходимо ознакомиться с ее существующими исполнениями и взять за основу прототип уже существующей оснастки, что является проблематичным из-за появления большого количества прототипов оснасток разного предназначения, которые никак не структурированы. Следовательно, необходимо разработать варианты шаблонов структуры навигационной системы, которые бы описывали последовательность выбора конечным пользователем того или иного прототипа технологической оснастки, а также провести анализ достоинств и недостатков каждого из шаблонов. Для разработки такого шаблона необходимо выбрать способ визуализации прототипов технологической оснастки в нем.

1 Способы визуализации прототипов оснастки

Под визуализацией информации понимают представление каких-либо данных в виде, который обеспечивает наиболее эффективную работу человека по их изучению, а также быструю навигацию по большим объемам информации. Применительно к прототипам технологической оснастки можно отнести способы визуализации, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Способы визуализации прототипов технологической оснастки

Ключевое слово (понятие)	Графический образ	Описание
Фотография		Фотография существующего на рынке решения
Эскиз		Зарисовка прототипа оснастки без соблюдения масштаба и размеров
Чертеж		Графическое изображение прототипа оснастки в масштабе с соблюдением всех размеров
Изображение 3D модели		Снимок экрана с прототипом оснастки, смоделированным в программном обеспечении

Оптимальным выбором визуализации прототипов в шаблоне навигационной системы по выбору оснасток является способ изображения 3D модели прототипа оснастки в сборе, так как изображение 3D модели не перегружено лишней информацией, отражает все конструктивные особенности прототипа оснастки и хорошо воспринимается конечным пользователем.

2 Структурирование шаблонов навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки

2.1 Шаблон навигационной системы ступенчатого типа

Информацию в шаблонах навигационной системы по выбору прототипа технологической оснастки можно структурировать разными способами, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Одним из типов шаблона навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки является шаблон **ступенчатого типа** (рис. 1). Когда пользователь на верхнем уровне выбирает интересующий его тип технологической оснастки, он видит обзор изображений 3D моделей всех прототипов оснастки из выбранной им категории и, перейдя по интересующему его изображению, получает доступ ко всей имеющейся документации по данному прототипу оснастки.

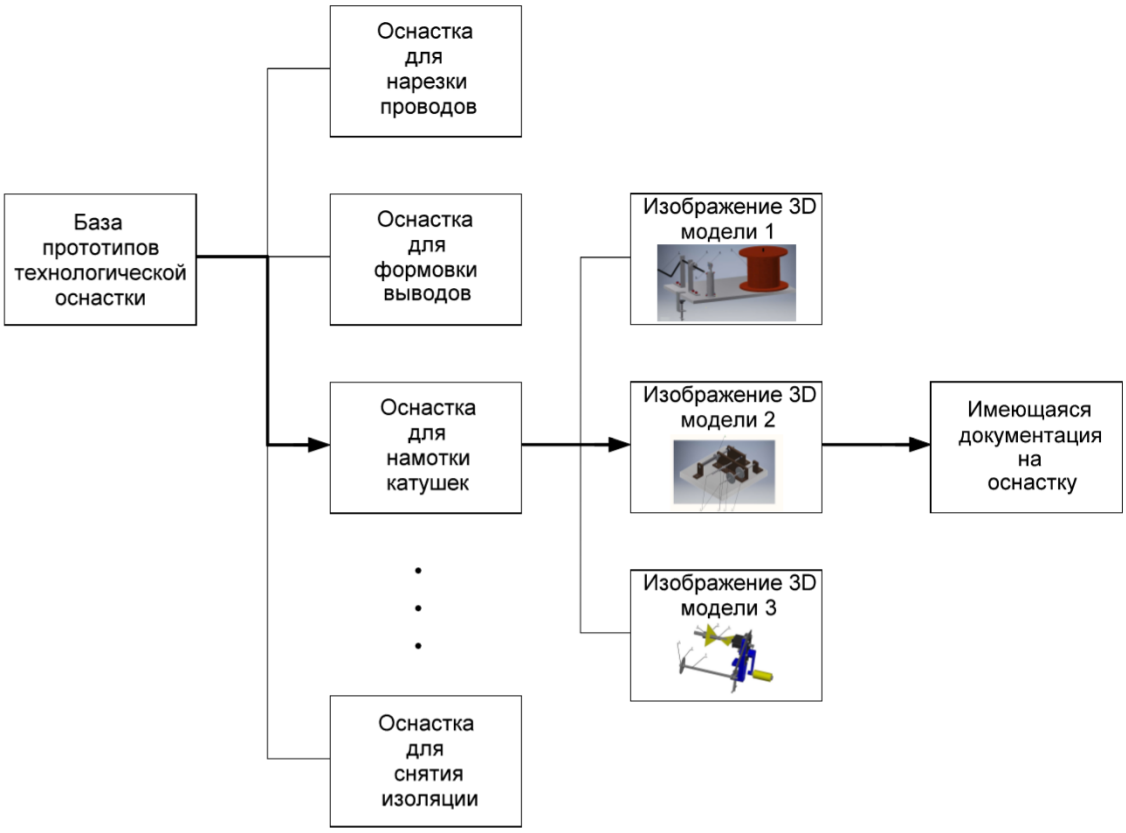


Рис. 1. Пример выбора прототипа технологической оснастки по шаблону навигационной системы ступенчатого типа

К достоинствам шаблона навигационной системы ступенчатого типа можно отнести четкую структурированность хранящейся в системе информации по всем прототипам оснастки, удобство перехода с одной ступени по выбору прототипа оснастки к другой, каждый прототип оснастки имеет свой собственный адрес, но в то же время, из-за большого количества переходов требуется затратить больше времени на то, чтобы найти и выбрать прототип оснастки, который интересует пользователя. В приведенном примере последовательность выбора прототипа технологической оснастки обозначена стрелками.

2.2 Шаблон навигационной системы открытого типа

Другим типом шаблона навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки является шаблон **открытого типа** (рис. 2) с минимальным количеством дополнительных переходов, который представляет собой форму, в которой представлены сразу все имеющиеся в системе прототипы технологической оснастки. Пользователь может, не совершая дополнительных переходов, получить доступ к интересующей его документации.

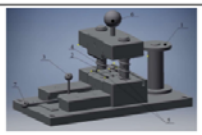
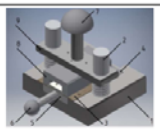
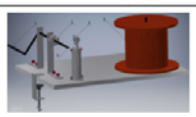
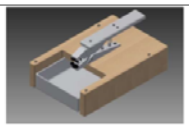
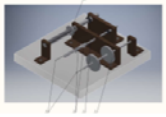
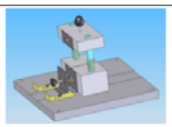
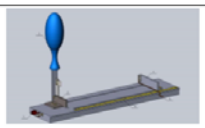
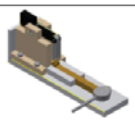
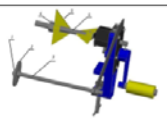
Оснастка для снятия изоляции	Оснастка для нарезки проводов	Оснастка для формовки выводов	. . .	Оснастка для намотки катушек
 1 Имеющаяся на оснастку документация	1 Имеющаяся на оснастку документация	 1 Имеющаяся на оснастку документация	. . .	 1 Имеющаяся на оснастку документация
 1 Имеющаяся на оснастку документация	1 Имеющаяся на оснастку документация	1 Имеющаяся на оснастку документация	. . .	 1 Имеющаяся на оснастку документация
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
 1 Имеющаяся на оснастку документация	 1 Имеющаяся на оснастку документация	 1 Имеющаяся на оснастку документация	. . .	 1 Имеющаяся на оснастку документация

Рис. 2. Пример выбора прототипа технологической оснастки по шаблону навигационной системы открытого типа

Недостатком шаблона навигационной системы открытого типа является то, что при накоплении большого количества прототипов в системе будет сложно воспринимать большое количество информации, единовременно представленной на одной странице, в следствии чего усложнится поиск нужного “окна” с прототипом оснастки.

Заключение

Разработанные в данной статье структуры шаблонов навигационной системы по выбору прототипов технологической оснастки позволяют упростить поиск интересующих пользователя прототипов технологической оснастки, повысить производительность труда, но каждый тип шаблона имеют свои достоинства и недостатки. Был найден оптимальный способ визуализации прототипов технологической оснастки в шаблонах навигационной системы.

Следующим шагом является создание на основе разработанных шаблонов шаблона навигационной системы комбинированного типа, который имеет достоинства шаблонов ступенчатого и открытого типа, но лишен их недостатков.

Литература

1. К.И.Билибин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева и др. Конструкторско-технологическое проектирование электронных средств /под общ. редакцией В.А.Шахнова. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. 568 с. (серия: Информатика в техническом университете, второе издание).

2. Т.И.Агеева, А.М.Афонин, А.И.Власов, В.А.Шахнов и др. Информационные технологии в инженерном образовании /под ред. С.В.Коршунова, В.Н.Гузненкова - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2007. - 432с.:ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ ОТ МОЩНОСТИ ПРИ ЕЕ НАНЕСЕНИИ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Макарова М.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Моисеев К.М.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра МТ11, Москва, Россия

RESEARCH OF DEPENDENCE COPPER DEPOSITION RATEINTHE METHOD OF MAGNETRON SPUTTERING WHIT LIQUID TARGET

Makarova M.V.
Supervisor: PhD., docent Moiseev K.M.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работе исследован процесс ионного распыления в магнетронных системах в парах мишени, проведен анализ зависимости скорости осаждения меди от мощности, вкладываемой в разряд.Рассмотрена проблема воспроизводимости скорости осаждения и предложены пути ее улучшения.

Abstract
In this article the process of the sputtering in target vapors is investigated and thedependence of the copper rate from discharge power is analyzed. Also the problem of non-reproducibility of the deposition rate is discussed and the ways of solving the problem are suggested.

Введение

На сегодняшний день термоэлектричество является активно развивающимся и перспективным направлением электроники. Толщина проводящего слоя в термоэлектрическом модуле должна составлять не менее 18 мкм [1]. Одним из наиболее перспективных методов формирования толстых проводящих пленок является метод ионного распыления в магнетронных системах в парах мишени. Данный метод отличается высокими скоростями осаждения, составляющими десятки мкм/мин, и отсутствием капельной фазы. Благодаря возможности проведения процесса в глубоком вакууме без рабочего газа, пленки, полученные этим методом, обладают высокой чистотой. Также вследствие наличия ионизированной фазы покрытия обладают отличными показателями адгезии [2].

Однако при нанесении пленок этим методом существует проблема контроля толщины получаемого покрытия, а также проблема плохой воспроизводимости скорости осаждения от процесса к процессу. В связи с чем, целью работыисследование зависимости скорости осаждения меди от подаваемой мощности. Задачами в рамках этой работы являются поиск причин, влияющих на воспроизводимость скорости осаждения, а также поиск путей их устранения.

Анализ причин, влияющих на скорость осаждения медной пленки в процессе жидкофазного магнетронного распыления

Нестабильность скорости осаждения от процесса к процессу вызвана внешними параметрами (причинами), которые можно разделить на две составляющие:

- Механические параметры;
- Физические параметры.

Механические параметры – это воздействия на технологический процесс, вызванные деформациями тигля от высоких температур, а также от высокого поверхностного натяжения меди, при ее застывании илизапыляемостью отверстия в экране, через которое проходит поток частиц материала.

Механические параметры вносят контролируемое изменение в технологический процесс, так как по возможности экраны очищаются, а деформации тигля избежать нельзя. В данной работе их влияние не изучалось.

Физические параметры – некоторые физические величины, влияющие на протекание технологического процесса. Например, рабочее давление, температура жидкой меди и т.д.При магнетронном распылении возникают процессы рассеивания, отражения и обратной диффузии частиц меди. Из-за отсутствия возможности контролировать эти процессы в ходе распыления, скорость осаждения от процесса к процессу имеет различные значения [3].

Так как эти эффекты зависят от концентрации частиц плазмообразующей среды, их влияние прямо пропорционально давлению над мишенью. Одна из проблем ЖФ магнетронного распыления заключается в том, что давление в вакуумной камере не соответствует давлению в зоне мишени. За счет наличия паров мишени давление над тиглем превышает 10^{-2} Па, что дает возможность поддержания аномального тлеющего разряда, в то время как давление в рабочей камере может достигать более низкого давления, в нашем случае – 10^{-4} Па.

Давление над тиглем прямопропорционально температуре жидкой меди. Чем выше температура, тем выше парциальное давление паров. В свою очередь, температура жидкой меди зависит от мощности, вкладываемой в разряд. Следовательно, уменьшить влияние отражения, рассеивания и обратной диффузии можно снизив парциальное давление меди над тиглем, то есть, снизив мощность, вкладываемую в разряд. В связи с чем встает задача подбора оптимальной мощности, при которой влияние эффектов минимально, а скорость осаждения максимальна.

Исследование влияния мощности на скорость осаждения

Для проведения экспериментов использован магнетрон диаметром 100 мм, тигель, диаметром 70 мм, загрузка меди – 180 грамм. Максимально допустимая мощность блока питания – 3 кВт.

Нестабильная скорость осаждения наблюдается, начиная со значения мощности 1,8 кВт. Снижение мощности осуществляется с шагом 200 Вт. Контрольные точки для сбора статистических данных: 1,8 кВт, 1,6 кВт, 1,4 кВт, 1,2 кВт. Минимальная точка в 1,2 кВт выбрана исходя из того, что при 1 кВт разряд в парах меди без подачи аргона гореть не может.

Проведение экспериментов

Первый эксперимент проведен для мощности 1,2 кВт. Время процесса составило 77 минут, так как этой мощности было не достаточно для полного плавления меди, и плавилась только зона эрозии. Медь, лежащая вне зоны эрозии, оставалась в твердой фазе. В связи с чем, требуется увеличение мощности, вкладываемой в разряд.

Для мощностей 1,4 кВт, 1,6 кВт, 1,8 кВт проведена серия экспериментов. Рабочее давление во всех экспериментах выдерживалось ~$5 \cdot 10^{-4}$ Па.

Полученные скорости осаждения и их доверительный интервал представлены в таблице 1. Скорости в таблице указаны для неподвижной над магнетроном подложки.Все результаты полученных скоростей изображены на рисунке 1.

Из графика видно, что скорость осаждения при изменении подаваемой мощности номиналом, превышающим критическое значение, практически не изменяется. Значение доверительного полуинтервала при мощности 1,6 кВт самое минимальное, то есть значения скоростей являются наиболее воспроизводимыми.

Таблица 1 – Скорости осаждения

Номер процесса	Скорость осаждения при мощности 1,4 кВт, мкм/мин	Скорость осаждения при мощности 1,6 кВт, мкм/мин	Скорость осаждения при мощности 1,8 кВт, мкм/мин
1	9,6	10,0	11,3
2	11,2	9,1	8,5
3	13,2	10,8	12,2
4	11,7	12,1	12,5
5	9,9	11,6	9,4
6	14,4	12,4	9,5
7	12,7	12,2	10,9
8	9,6	12,8	10,0
9	12,6	10,8	8,4
10	9,1	10,2	9,0
11	11,9	7,8	11,0
12	9,4	7,9	12,0
13	8,7		14,5
14	10,3		10,6
15	11,2		7,8
Средняя скорость, мкм/мин	11,1±1,3	10,6±1,2	10,5±1,4

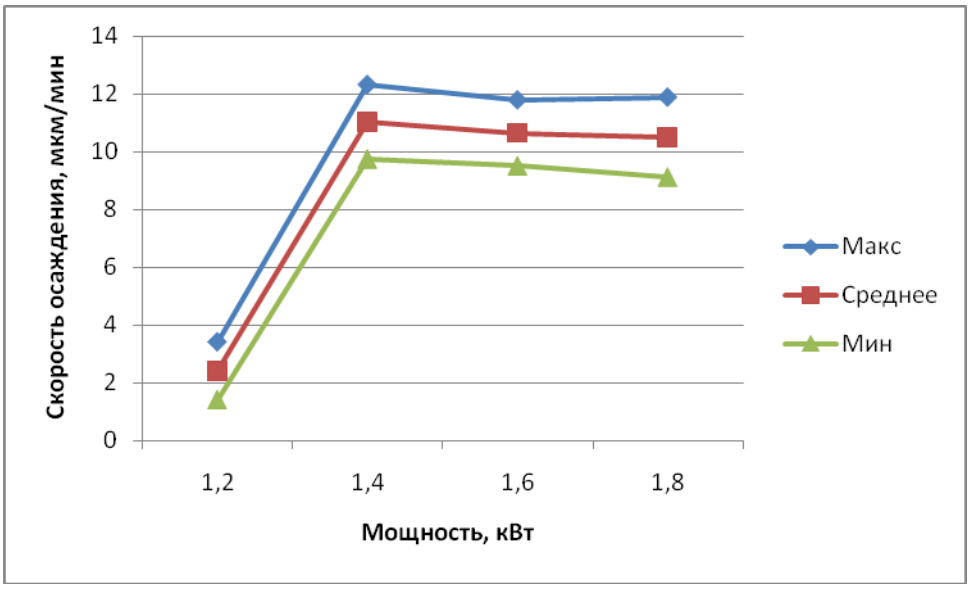


Рис. 1. График скоростей осаждения с учетом доверительного интервала

Результаты и выводы

1. Существует критическая мощность, при работе с которой происходит не полное расплавление материала мишени. При этом разряд плазмы горит без подачи рабочего газа в собственных парах, но скорость осаждения в несколько раз ниже, чем при полном расплавлении мишени. В случае нашего магнетрона эта мощность равна 1,2 кВт;
2. При варьировании мощности, вкладываемой в разряд, скорость осаждения изменяется незначительно;
3. Стабилизировать скорость осаждения и добиться ее полной воспроизводимости методом снижения подаваемой мощности не представляется возможным;

4. При пониженных мощностях, в нашем случае 1,4 кВт, пленка получается более качественная, с меньшим количеством дефектов и процесс протекает более стабильно;
5. Подаваемая мощность при значениях выше критического на скорость осаждения влияет незначительно, в пределах от 1,4 кВт до 1,8 кВт;
6. Минимальная величина доверительного полуинтервала наблюдается при мощности 1,6 кВт

Заключение

Понижение мощности, вкладываемой в разряд, не приводит к увеличению воспроизводимости скорости осаждения. Для стабилизации скорости осаждения лучше использовать кварцевый резонатор или свидетель. В будущем будут продолжены работы по выявлению проблем этого метода, анализу и поиску путей их решения.

Литература

1. Тушенцова Е. Н. Термоэлектрический модуль (ТЭМ). [Электронный ресурс] //Четвертая Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая весна 2011: Машиностроительные технологии» / МГТУ им. Н.Э Баумана. – Электрон.дан. – М.: МГТУ, 2011. – 1 электрон.опт. диск (CD-R). – Систем.требования: ПЭВМ, ОС Windows. – Режим доступа: studvesna.ru?go=articles&id=351 (дата обращения: 05.02.2017).– Загл. с экрана.
2. Макарова М. В., Васильев Д. Д. Анализ магнитных систем магнетронов НМСА-52 и МАК2" и выбор наиболее эффективной системы для плавления мишеней. [Электронный ресурс] // Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии»: материалы конференции, 5-8 апреля 2016, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: ООО «КванторФорм», 2016.– № гос. регистрации 0321601363.– URL: studvesna.ru?go=articles&id=1480 (дата обращения: 21.01.2017). – Загл. с экрана;
3. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. М: Радио и связь; 1982. – 72 стр., ил.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ

Козлова И.К., Максименко Е.А.
Научный руководитель: преподаватель, ассистент кафедры ИУ3, Бабкин П.С.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ3, Москва, Россия

SOLID-STATE DRIVES

Kozlova I.K., Maksimenko E.A.
Supervisor: teacher, assistant of the Department IU3, Babkin P.S.
MSTU, Department IU3,Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются твердотельные накопители в качестве элементарных частей проектируемых элементных баз. Подробно исследовано принципиальное различие двух видов накопителей: SSD (твердотельный накопитель) и HDD (обыкновенный жёсткий диск), а также особенности производства, технические характеристики, достоинства и недостатки твердотельных накопителей.Кратко представлены возможные программные обеспечения для лучшей реализации возможностей твердотельных накопителей, отражены достижения и современные разработки компании Apacer по данной теме. В заключении представлены рекомендации по усовершенствованию твердотельных накопителей для расширения области применения и улучшения базовых характеристик.

Abstract
The articledealswith solid-statedrivesastheelementarypartsoftheprojectedelementbases. The fundamental differencebetweenthetwotypesofdrives: SSD (solid statedrive) and HDD (ordinaryharddisk), and also featurestheproductionandtechnicalcharacteristics, advantagesanddisadvantagesof SSDs arestudied in details. The possiblesoftwareforbetterimplementationof SSDs features reflected the achie vementsand current developments by Apacer on thistopicarebrieflypresented. In conclusion, recommendationsforimproving solid-statedrivestoexpandthescopeandimprovethebasiccharacteristicsarepresented.

Введение

Проблема хранения данных и их защищённость – одна из наиболее важных проблем, возникающая как в промышленных масштабах, так и в жизни рядового пользователя компьютера. На сегодняшний день существуют различные типы носителей информации, призванные решить эту проблему, однако как выбрать среди них оптимальный, обладающий наилучшим соотношением таких показателей как ёмкость, надежность хранения, быстродействие и небольшие массогабаритные характеристики? Именно поэтому задачей нашего исследования является сравнение параметров двух наиболее распространенных типов носителей (SSD и HDD дисков), выбор наиболее предпочтительного из них, подробное описание его характеристик и принципа работы.

1 Принцип работы SSD.

SSD (Solid-StateDrive) – твердотельный накопитель, у которого в отличие от накопителя на жёстких магнитных дисках отсутствуют движущиеся части; это немеханическое запоминающее устройство, основой которого являются микросхемы памяти. Существует 2 вида носителей данного типа: RAMSSD на основе энергозависимой памяти и NANDSSD на основе энергонезависимой памяти. Второй тип носителя приобрел гораздо большую популярность и фактически занял на рынке лидирующую позицию среди накопителей.

Фактически NANDSSD– это модифицированная флэш-память, которая обладает лучшими габаритными характеристиками, большим быстродействием и долговечностью, нежели её прототип. На сегодняшний день существует три основных модификации NAND

памяти: SLC (одноуровневая - SingleLevelCell), MLC (двухуровневая - MultiLevelCell) и TLC (трехуровневая - ThreeLevelCell).

Самыми надёжными, но и самыми дорогими из них являются устройства на SLC чипах, так как в каждой ячейке памяти данного типа хранится только 1 бит информации. В ячейках памяти MLC чипов может храниться 2 бита, а TLC чипов – 3 бита. Это многоуровневая структура, применение которой стало возможным за счёт использования разных уровней заряда на затворах ячеек памяти. Такая структура позволяет значительно увеличить ёмкость носителя, не изменяя при этом его физические параметры, однако значительно сокращает срок «жизни» MLC и TLC чипов, так как он напрямую связан с количеством циклов перезаписи ячеек.

Данное явление возникает вследствие постепенного разрушения диэлектрического слоя плавающего затвора ячейки из-за малого резерва изменения его состояния под действием электрического тока. Также с добавлением каждого нового уровня увеличивается время поиска необходимой ячейки с данными. Таким образом, увеличение ёмкости накопителя влечет за собой снижение его надежности.

Для устранения этого явления разрабатываются высокоинтеллектуальные микроконтроллеры управления SSD дисками, задачей которых является запись данных на носитель таким образом, чтобы микросхемы его флэш-памяти изнашивались равномерно. Также они должны проводить коррекцию ошибок и осуществлять процедуру ввода-вывода.

Однако сами микроконтроллеры достаточно чувствительны к повреждениям прошивки и проблемам питания: в SSD-дисках микросхемы памяти находятся на одной плате с контроллером, поэтому при перепадах в сети, как правило, сгорает и контроллер, и память. Из-за этого производители твердотельных накопителей вынуждены регулярно обновлять прошивки SSD, которые призваны контролировать работу устройства и предупреждать потерю данных в случае аварийной ситуации.

2 Преимущества и недостатки SSD.

SSD обладают гораздо большим быстродействием по сравнению с HDD – накопителями. Например, скорость записи, чтения, удаления данных SSD в среднем превышает соответствующие параметры жесткого магнитного диска в 3, 20 и 14 раз соответственно. Твердотельные накопители отличаются низким энергопотреблением, что положительно отражается на бюджете пользователя.Отсутствие шума и вибрации – еще одно преимущество SSD дисков. Оно обусловлено отсутствием движущихся деталей у носителей данного типа. Помимо этого, твердотельные накопители гораздо менее чувствительны к механическим воздействиям и внешним электромагнитным полям, чем HDD. Они обладают более широким диапазоном рабочих температур и не нагреваются в процессе работы и, как следствие, не требуют сложных охлаждающих систем. Ещё одно преимущество SSD – массогабаритные характеристики носителя (твердотельный накопитель как минимум в 2 раза легче HDDдиска такой же ёмкости).

Однако существует несколько показателей, по которым SSD накопители пока что уступают жестким дискам. Основная проблема SSD-накопителей – это ограниченное количество циклов перезаписи, от 10 000 в недорогих моделях до 100 000 циклов в SSD с более дорогостоящим типом памяти; второй недостаток SSD-дисков – высокая стоимость. Ещё одна важная особенность твердотельных носителей – невозможность восстановления утерянных данных после резкого скачка напряжения. Также нужно отметить, что емкость твердотельных накопителей на данный момент значительно меньше емкости HDD дисков.

3 Совместимость с операционными системами и дополнительное ПО.

Ещё один недостатокSSD состоит в отсутствии синхронизации с актуальными версиями такой операционной системы, как Windows. Из-за этого твердотельные накопители быстрее разрушаются и изнашиваются на базе флэш-памяти. Но есть и

достоинства при использовании, например, Windows 7, в которой введена специальная оптимизация для работы с твердотельными накопителями, отсутствующая в предыдущих версиях Windows. Так, для SSD-дисков не используют дефрагментацию (которая не влияет на производительность, а только изнашивает диск), технологии Superfetch и ReadyBoost и другие техники упреждающего чтения, ускоряющие загрузку приложений с обычных HDD-дисков.

3.1. Компании ASUS, DELL, Acer уже более 5 лет используют технологию твердотельной памяти для осуществления работы своей продукции. А операционная система Mac OS X, начиная с версии 10.7 (Lion), полностью осуществляет TRIM-поддержку для установленной в системе твердотельной памяти.

Компания Apacer выпустила собственное ПО, которое содержит два компонента: CoreAnalyzer и SSDWidget.CoreAnalyzer содержит новые функции: фактическая запись различных сценариев работы, в том числе упорядоченные или беспорядочные операции записи и чтения, анализ поведения пользователя, структуры данных и нагрузки. То есть, создана оптимизация для применения SSD в данном конкретном случае. С помощью утилиты SSDWidget, системы мониторинга состояния твердотельного диска, администратор может узнавать об изменении данных в режиме реального времени. Данная утилита уже широко используется в разных мобильных устройствах, в частности, в продукции компании Apple, и позволяет проводить он-лайнмониторинг развёрнутых на мобильном устройстве твердотельных накопителей. Получение подобной информации позволяет вовремя обнаруживать неполадки SSD-накопителей и обеспечивать сохранение данных.

4 Особенности производства промышленных накопителей.

Основной функцией промышленного накопителя по-прежнему остаётся продолжительное энергонезависимое хранение данных. Отличия бытового и промышленного SSD заметны даже на стадии проектирования, когда производители выбирают наиболее устойчивые, проверенные рынком (5-10 лет) компоненты для массового производства, чтобы увеличить срок службы и расширить области применения.

Первая и самая важная особенность промышленных накопителей – неизменность компонентной базы. Производители улучшают качество продукции, не меняя сами элементы. Вторая особенность – отладка промышленного ПО. На этапе проектирования проводятся всевозможные проверки и тестирования промышленного ПК, оперативной памяти, накопителей.

Изменение количества циклов перезаписи также является важным критерием при создании промышленных накопителей. Для бытового применения используют MLC-решения, гарантирующие в среднем 3000 циклов перезаписи, что обеспечивает бесперебойную работу в течение 2-3 лет минимум. В промышленных же масштабах всё чаще применяется SLC, гарантирующий 50000-60000 циклов перезаписи. Также широко распространён вариант SLCLite, основанный на архитектуре MLC и обеспечивающий 15000 циклов перезаписи, что позволяют улучшить соотношение «цена-качество».

Но ресурс записи зависит не только от выбранной технологии, но и от условий использования.Рассмотрим технические характеристики накопителей: температура эксплуатации (обычно от –40°C до +85 °C), температура хранения (обычно от –50°C до +95°C), тип памяти (SLC и MLC), рабочий диапазон влажности (5-95% для разных типов памяти), наработка на отказ (расчётный параметр, который для промышленного накопителя должен быть больше 2 млн часов).

Все эти характеристики должны иметь практическое подтверждение (тестирование по американскому стандарту), отражённое в документации накопителя. Основными критериями, по которым тестируются промышленные твердотельные накопители, являются вибрация (15g), ударная прочность (1500g) и свободное падение на любую грань или угол с высоты более 1,5 м. Также проверяется степень защиты от воды и пыли.

Сегодня, помимо промышленного производства, получили развитие заказные разработки, которые являются одной из важнейших тенденций рынка твердотельных накопителей, так как развитие компьютерной техники постоянно бросает всё новые и новые вызовы производителям комплектующих: уменьшение размера компьютерных устройств, жёсткие условия эксплуатации и др.

Говоря о перспективах развития, стоит упомянуть, что на пороге промышленной реализации стоит уже целый ряд альтернативных технологий хранения данных:Ferroelectric RAM (FRAM) (улучшение энергонезависимости, длительности хранения информации, устойчивость к радиации), Magnetic RAM (MRAM) (энергонезависимость, увеличение скорости работы), а также нанотехнологии, подразумевающие создание нанокристаллов, размещённых между двумя оксидными слоями и способных сохранять определённый заряд, осуществляя запись информации.

Заключение

В этой статье были рассмотрены SSD накопители, их свойства, преимущества и недостатки, сферы использования. Перспективы данной технологии весьма внушительные. Количество предлагаемых носителей информации на базе твердотельных запоминающих устройств увеличивается, вытесняя привычные жёсткие диски. Рынок промышленных SSD помимо традиционных направлений развития, таких как увеличение ёмкости и надёжности, характерных и для рынка коммерческих накопителей, развивается в сторону выпуска заказной продукции, создания и совершенствования специализированного программного обеспечения.

Одной из новых задач исследования можно считать поиск метода устранения недостатков, препятствующих дальнейшему расширению области применения SSD. Разработчикам необходимо найти альтернативные решения в рассматриваемой области и модернизировать наследуемые технологии, то есть усовершенствовать существующие разработки.

Литература

1. Баишев А. Твердотельные диски – надёжное решение для ответственных применений.// Современные технологии автоматизации. – М.: «СТА-ПРЕСС», 2007. – № 3.
2. Лебеденко Е. Эволюция SSD-накопителей. Часть 1. // Железо: журнал, 2012. – Ноябрь (№ 11 (104)). – С. 86–89.
3. Кабачник Д. Особенности продуктовой линейки промышленных накопителей Apacer. // Современные технологии автоматизации. –М.: «СТА-ПРЕСС», 2015. – № 3.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АНАЛИЗУ ЗАДАНИЙ СОРЕВНОВАНИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Нижников А.О., Медведев Г.М., Юдин А.В.
Научный руководитель: Юдин А.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, Кафедра ИУ4, Москва, Россия.

AN APPROACH TO ANALYSIS OF TASKS IN MOBILE ROBOTS' COMPETITION

Nizhnikov A.O., Medvedev G.M., Yudin A.V.
Supervisor: Yudin A.V.
State budget vocational and educational institution "Vorobyovi Gori", Centre of Technical Education, Moscow, Russia.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Аннотация
В статье рассматриваются вопросы анализа типичных правил соревнований мобильных роботов. Предлагаемый подход к выбору приоритетов в последовательности разработки сложных технических проектов длительностью около 6-8 месяцев может быть полезен молодым разработчикам, участникам международных соревнований. При желании данный подход может быть адаптирован для независимой оценки представленных на соревнованиях роботов и помочь работе экспертной комиссии или жюри.

Abstract
The article deals with the analysis of the typical mobile robots' competition rules. The proposed approach to the choice of priorities in the development sequence of complex technical projects with duration of about 6-8 months can be helpful to young developers, participants of international competitions. If desired, this approach can be adapted for the independent evaluation of the robots in a competition and help in organization of the work of the expert committee or jury.

Введение

Цель работы участников командных соревнований мобильных роботов – победить всех соперников. На примере международных соревнований Евробот [1] суть участия сводится к выступлению одного или двух роботов команды в матче против команды соперника на время (обычно равное 90 секундам). За это время роботы должны не сталкиваясь, решить ряд задач и тем самым набрать баллы по итогам матча. Команда набравшая наибольшее количество баллов побеждает оппонентов.

Подготовка к соревнованиям длится около 6-8 месяцев. Условимся для простоты изложения в дальнейшем рассматривать разработку командой лишь одного мобильного робота. В задачи подготовки такой команды входят:

- Выбор практических заданий для выполнения роботом (количество заданий избыточно);
- Разработка механики, электроники и программной составляющих робота для выполнения заданий;
- Соблюдение сроков разработки.

Для успешного завершения проекта разработки и высоких шансов на победу в соревнованиях команде необходимо выработать способ выбора заданий для выполнения и в дальнейшем иметь возможно однозначного выбора последовательности выполнения заданий на игровом поле. Для этого необходимо провести:

- Анализ правил практических заданий;
- Разработку стратегии и тактики выполнения заданий.

Отправные точки для проведения анализа

Рассмотрим параметры системы «мобильный робот – окружающая игровая среда» (далее Система), которые будем учитывать при анализе правил соревнований.

В первую очередь определим ресурсы, которыми робот обладает непосредственно – это время (которое ограничено длительностью матча) и баллы, присуждаемые за успешно выполненное задание.

Далее, необходимо учесть время, потраченное на разработку готового к соревнованиям робота (данный ресурс также ограничен максимально допустимой правилами длительностью подготовки). Этот параметр также можно считать сложностью разрабатываемого устройства для конкретного разработчика, т. е. он субъективен и определяется в каждом случае разработки индивидуально.

Для упрощения понимания возможных конфигураций рассмотренных параметров, а также принимая во внимание изначальную упорядоченность разработки мобильных роботов и повторяемость типовых схем решения стоящих перед роботом задач предлагается категоризировать результаты по уровням сложности, что позволит объективно оценивать конкретного робота еще до его выступления на соревновании.

Стоит отметить, что несмотря на объективность, предлагаемый способ – это инструмент прогнозирования, не учитывающий многие факторы, присущие соревновательному процессу (например, вероятность отказа механизмов робота или человеческий фактор при обслуживании робота, полученные во время решения задач штрафы), и не должен рассматриваться как инструмент оценки, заменяющий соревнования.

При желании данный способ может быть адаптирован для независимой оценки представленных на соревнованиях роботов и помочь работе экспертной комиссии или жюри.

Оценка сложности исполнения робототехнической системы

Основываясь на опыте участия авторов в соревнованиях мобильных роботов и опыта их организации можно заключить, что существует несколько уровней реализации робототехнического решения, каждый из которых качественно отличается от остальных. Эти уровни отличаются по сложности всех составляющих процесса разработки и соответствующего поведения мобильного робота во время выполнения заданий.

С точки зрения разработчика, каждый такой уровень описывает сложность реализации в таких направлениях разработки как: механика, электроника, программирование и управление проектом (Рис.1).

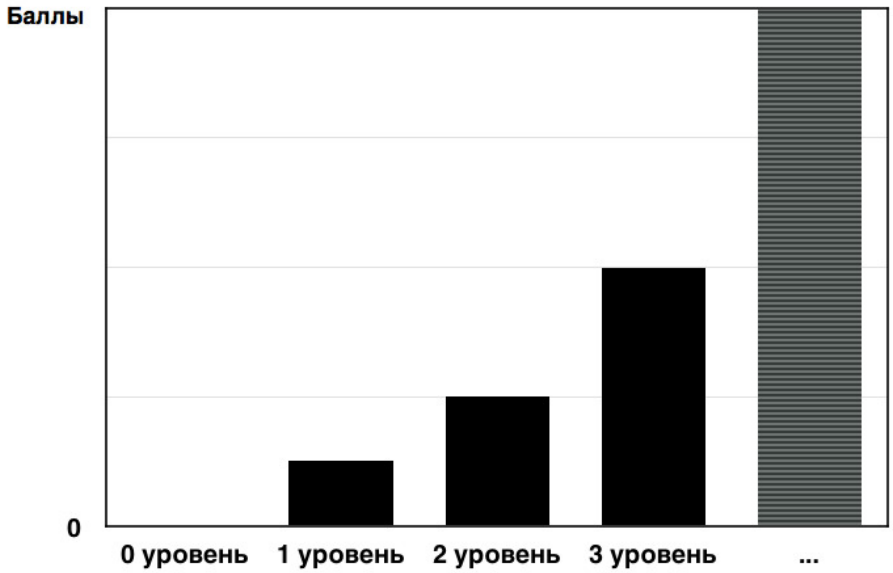


Рис. 1. Уровни сложности исполнения робототехнической системы

Предлагаемая схема универсальна и не зависит от конкретных заданий соревнований [5-8]. Для того, чтобы ее применить достаточно, чтобы робототехническая система была мобильна, имела возможность передвигаться, и имела ряд задач по манипуляции объектами на тестовом полигоне.

Приведем экспертную оценку уровней сложности возможного решения:
- Уровень 0 = робот не выполняет даже элементарных действий.
- Уровень 1 = робот способен передвигаться и выполнять задания на толкание объектов.
- Уровень 2 = промежуточный, «Уровень 1» + частично решено задание на манипуляцию объектами.
- Уровень 3 = «Уровень 1» + полностью решено задание на манипуляцию объектами.
- Уровень 4 и далее = расширяющий, «Уровень 3» + полностью решено дополнительное задание на манипуляцию объектами.

Таким образом, приведенная базовая схема из трех уровней может быть расширена путем добавления четвертого и последующих.

Оценка ресурсов

Для простоты можем разделить все рассматриваемые ресурсы на те, которые доступны роботу во время матча («ресурсы робота») и на те, которые доступны разработчику во время создания и дальнейшей наладки робота («ресурсы разработчика»).

Рис. 2. Типы ресурсов для анализа Системы

При рассмотрении ресурсов робота выясняется, что иногда роботу приходится за них соревноваться, а иногда они ему «принадлежат» изначально. И в том и другом случае конечной целью робота является переработка доступных ему ресурсов в баллы, которые присуждаются по окончании матча за верно выполненные задания. Отличие соревновательных ресурсов состоит в том, что их может также использовать и робот-соперник. Мы могли бы назвать задания, включающие индивидуальные ресурсы квалификационными, а перераспределяемые – соревновательными.

Рассмотрим подход к оценке заданий в виде таблицы (Табл.1).

Таблица 1 – Оценка заданий робота

	Задание №1	Задание №2	Задание №3
Тип задания (квалификационное/соревновательное)			
Макс. кол-во баллов			
Время выполнения задания роботом [с]			
Время создания устройства для решения [ч]			

В [2] было показано, как можно использовать ресурсы робота из Табл. 1 (максимальные баллы и время выполнения задания) для того, чтобы аргументированно выбрать приоритет по выполнению заданий роботом или разработке соответствующих механизмов их решения.

В данной случае мы уточняем предыдущую работу в части определения сложности заданий. Для этого предлагается использовать более объективный параметр, отражающий время, затраченное на разработку устройства для решения задания. К сожалению, субъективный фактор полностью из рассмотрения исключить невозможно, поскольку предполагается, что все решения оригинальны и разработаны с творческим подходом.

Таким образом, Табл.1 представляет индивидуальный «портрет» разработчика. Она составляется вначале разработки и отражает видение проекта конкретным разработчиком, а также по завершении разработки составляется уточненная таблица, содержащая реальные тестовые данные. В первом случае таблицу используют для планирования разработки, а во втором – для стратегического планирования действий робота на тестовом полигоне и принятия тактических решений во время матча.

Анализ оценочной таблицы и планирование разработки

В соревновательной практике очень часто случается, что средний уровень сложности исполнения роботов у участников не достигает максимально возможного. Это происходит вследствие того, что задания изначально могут быть избыточны и для победы не обязательно выполнять их все. Также, этот факт становится очевидным, если сопоставить сумму по параметру «Время выполнения задания роботом» по всем заданиям и отведенное на матч время. В результате разработчики вынуждены выбирать приоритеты и очень часто отказываться от выполнения «лишних» заданий. Задачу выбора заданий можно еще назвать решением технического противоречия.

Для разрешения технического противоречия предлагается следующий интегральный метод оценки по всем оценочным параметрам:

(1)

Расчет коэффициентов в данном случае предполагает равную ценность каждого из параметров. При желании данную модель также можно доработать, уточнив ценностный вклад всех параметров. Мы также не учитываем тип задания, который очень часто может косвенно указывать на его сложность (успех квалификационных заданий зависит от действий самого робота, успех соревновательных – еще и от действий соперника).

Поскольку удобнее проводить анализ решений в целых числах предлагается выбрать коэффициенты, обеспечивающие равный вклад каждого слагаемого, а общую сумму ограничить безразмерным значением 99. Таким образом:

(2)

Откуда:

(3)

При выбранном подходе к расчету, при дальнейшем анализе и выборе заданий для разработки следует отдавать предпочтение тем, которые набирают бОльшие значения F(z).

Пример расчета

Для демонстрации предлагаемого способа оценки возьмем реальный игровой пример соревнований Евробот 2017 [1]. В этом году участникам предлагается выполнить 3 самостоятельных задания на тестовом полигоне (как их сформулировали организаторы): «Сбор ресурсов», «Создание базы на Луне» и «Смешное действие» (Рис.3). Для справки поясним, что мы принимаем к анализу, что в матче одновременно участвуют 2 соперничающих друг с другом робота, по одному от каждого разработчика.

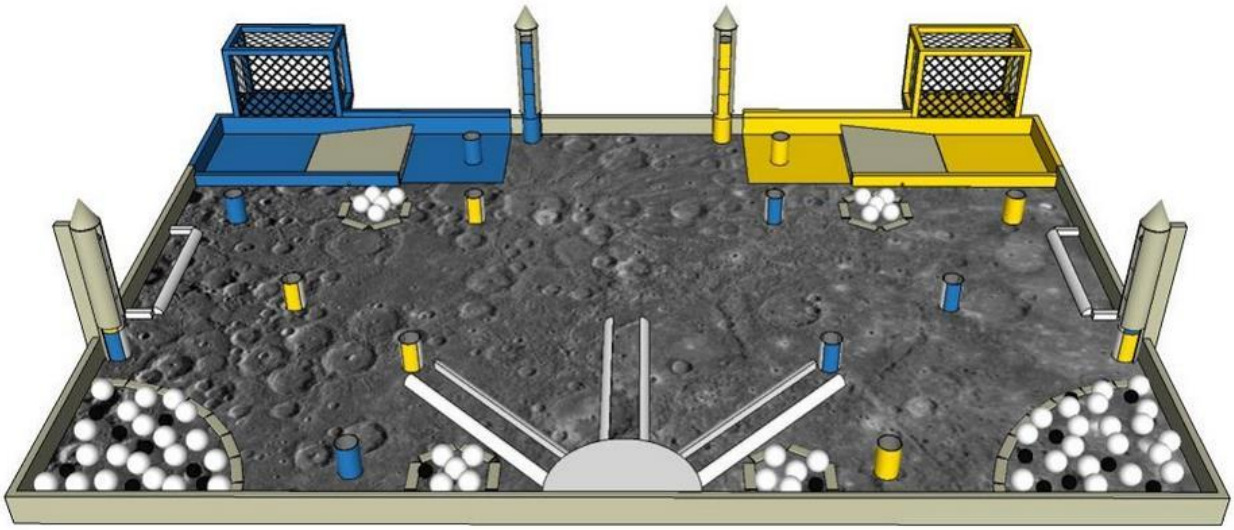


Рис. 3. Тестовый полигон для соревнований с игровыми элементами в исходных положениях

Сразу оговоримся, что организаторы в этом году смешали одни и те же игровые элементы в разных заданиях так, что игровой элемент может принести разное количество баллов при разных допустимых способах решения заданий. Кроме того, в одном задании могут быть и соревновательные и квалификационные составляющие. Это приводит к много-многозначному соответствию между оценкой максимальных баллов за задание и выбранным способом решения.

Анализ в данном случае можно провести по-разному: либо исходить из имеющихся игровых элементов и найти максимумы баллов для типов игровых элементов (это сокращает учитываемое количество различных технических решений), либо провести избыточный анализ, расширив первый вариант учетом допускаемых правилами способов решения заданий. Выберем второй вариант, поскольку он лучше отразит возможность выбора технического решения. Мы не сможем учесть промежуточные варианты выполнения заданий, когда часть задания выполняется одним способом, а другая часть – другим, поскольку таковых слишком много для предложенного способа. В нашем случае мы определим лишь граничные точки, некоторые из которых будут экстремумами по функции распределения баллов.

Получившиеся оценочные задания по игровым элементам также разделим на квалификационные и соревновательные, если таковое возможно. Для оценки параметров игрового элемента в целом следует суммировать значения соответствующих параметров по квалификационной и соревновательной составляющей.

Оценочные задания по способу решения не делим на квалификационную и соревновательную части, а учитываем вклад обеих. Результаты сведены в Табл.2.

Таблица 2 – Пример оценки заданий робота

	«Смешное действие»	**«Руда»**	**«Лунные модули»**	**«Лунные модули»**	**«Шлюз»**	**«Грузовой отсек»**
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Кв.+Сор.
Макс. кол-во баллов	20	180	70	140	20	180
Время выполнения задания роботом [с]	2	75	50	110	25	75
Время создания устройства для решения [ч]	10	30	50		30	30

Максимальное количество баллов по каждому заданию основывается на расчете общего числа элементов на тестовом полигоне. Руда полезная – 60 шт., руда бесполезная – 18 шт., модуль индивидуальный – 7 шт., модуль общий – 14 шт.

При размещении в шлюзе засчитывается только 10 игровых элементов, которые приносят: руда полезная – 2 балла, руда бесполезная (подсчитывается в первую очередь) – 0 баллов, модуль индивидуальный – 2 балла, модуль общий – 2 балла.

При размещении в грузовом отсеке игровые элементы приносят: руда полезная – 3 балла, руда бесполезная – 0 баллов, модуль индивидуальный – 0 баллов, модуль общий – 0 баллов.

При постройке лунных модулей, каждый из них приносит по 10 баллов.

Представленные оценки по выполнению и времени создания устройств для решения заданий соответствуют уровню одной из робототехнических команд Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро [3], обучающейся в Центре Технического Образования [4].

Максимально возможное количество баллов, которое можно получить на тестовом полигоне:

(4)

Минимально необходимое количество баллов для заведомой победы в матче с противником:

(5)

Проведем расчет интегральной оценки по каждому заданию, для этого сначала рассчитаем нормировочные коэффициенты по системе формул (3):

(6)

Интегральная оценка по каждому заданию (задание 3 и 4 выполняются одним и тем же механизмом, поэтому время создания устройства условно делим пополам для каждого из заданий):

(7)

Результаты расчетов поместим в общую таблицу для сопоставления результатов (Табл.3).

Таблица 3 – Пример оценки заданий робота (итоговая таблица)

	«Смешное действие»	**«Руда»**	**«Лунные модули»**	**«Лунные модули»**	**«Шлюз»**	**«Грузовой отсек»**
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Кв.+Сор.
Макс. кол-во баллов	20	180	70	140	20	180
Время выполнения задания роботом [с]	2	75	50	110	25	75
Время создания устройства для решения [ч]	10	30	50		30	30
F(z)	70	45	27	39	17	45

Рекомендованная последовательность выбора задач для разработки робота для соревнований Евробот 2017 (первым преступать к заданию слева) представлена в Табл.4.

Таблица 4 – Рекомендованная последовательность разработки робота

	«Смешное действие»	**«Руда»**	**«Грузовой отсек»**	**«Лунные модули»**	**«Лунные модули»**	**«Шлюз»**
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Сорев.	Квалиф.	Кв.+Сор.
F(z)	70	45	45	39	27	17

Задание «Руда» и «Грузовой отсек» совпали и могут быть объединены в одно задание.

Полученное решение оценим, исходя из максимального времени матча соревнований Евробот 2017 (95 секунд) и учтем равного соперника в соревновательных заданиях. Получим следующее приближение для рассматриваемой команды: 20 баллов за задание №1 + 90 баллов за задание №2 дает 110 баллов при временных затратах около 40 секунд. Остается 55 секунд, за которые робот может решить задание №3 как раз к завершению матча. Итого 110 + 70 = 180 баллов за матч будет потенциально набирать этот робот, что несколько меньше расчетного значения Lmin, а это значит, что успех этого

робота будет зависеть от уровня выступающих против него соперников, а победа ему не гарантирована.

Заключение

Представленный способ оценки позволяет однозначно выбрать последовательность разработки устройств мобильного робота для решения соревновательных задач и, что видится авторам очень важным, аргументировать подобный выбор.

Данный способ отнюдь не идеален, предложенная таблица оценки неполна, в ней не учтены многие важные факторы разработки и в дальнейшем представленная модель может быть уточнена в этой части.

Кроме того, можно было бы уточнить способ подсчета времени разработки и времени выполнения заданий. В данной и в предыдущих статьях мало внимания уделялось составляющим указанных временных промежутков.

Для улучшения прогноза результата выступления команды в соревнованиях необходимо уточнить технические решения, провести испытания устройств, выполняющих выбранные командой задания и обновить оценку временных затрат.

Литература

1. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017 – Проверено 10.02.2017г.
2. Алексеев Д.А. Телеуправляемый мобильный робот для ряда практических задач // Сборник научных трудов. 17-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015 г. – с.221-229.
3. Сайт Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро. Режим доступа: http://class.skycluster.net – Проверено 10.02.2017г.
4. Сайт ГБПОУ «Воробьевы горы». Режим доступа: http://vg.mskobr.ru – Проверено 10.02.2017г.
5. Vlasov A., Yudin A. DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM IN MOBILE ROBOT APPLICATION: GENERAL APPROACH, REALIZATION AND USAGE // Communications in Computer and Information Science. 2011. Т. 156 CCIS. С. 180-192.
6. Salmina M., Kuznetsov V., Poduraev Y., Yudin A., Vlasov A., Sukhotskiy V., Tsibulin Y. CONTINUOUS ENGINEERING EDUCATION BASED ON MECHATRONICS AND DIGITAL FABRICATION // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 56-57.
7. Yudin A., Vlasov A., Kolesnikov M. MECHATRONIC DEVICE TO REPRODUCE VIRTUAL IMAGE ON MATERIAL PLANE // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 35-39.
8. Yudin A., Kolesnikov M., Vlasov A., Salmina M. PROJECT ORIENTED APPROACH IN EDUCATIONAL ROBOTICS: FROM ROBOTIC COMPETITION TO PRACTICAL APPLIANCE // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 457. С. 83-94.

МЕТОДИКА КОНВЕРТАЦИИ ФАЙЛОВ DXF 2 URSCRIPT

Новиков И.П.
Научный руководитель: ассистент, Арабов Д.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

METHODS FOR CONVERSION OF FILE DXF 2 URSCRIPT

Novikov I.P.
Supervisor: assistant, Arabov D.I.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматривается задача парсинга, структуры файлов, работа с ними и алгоритм преобразования файла графики в файл команд для робота.

Abstract
This paper considers the problem of parsing, file structure, work with them and the algorithm for converting the graphics file in the command file for the robot..

Введение

Автоматизация в современном мире имеет огромную роль, равно как и универсальность. Именно на этих принципах базируется современный манипулятор компании Universal Robots (UR). Данные роботы легко интегрируются в существующее производственное оборудование и могут выполнять все движения человеческой руки.

Большинство технических разработок производятся в различных приложениях САПР, поэтому в рамках данной работы будет предпринята попытка их совмещения.

Со стороны САПР в качестве файлов для обмена графической информацией был выбран формат dxf, так как является одним из стандартов векторной графики, имеет открытую спецификацию и поддерживается практически всеми САПР-системами.

Манипулятор UR имеет широкий спектр применений:

- полировка;
- ЧПУ;
- контроль качества;
- сборка;
- обслуживание станков;
-лабораторный анализ и испытания.

Что делает разработку для него очень перспективной и позволяет не зацикливаться на какой-то одной области знаний.

Однако на сегодняшний день отсутствуют механизмы для взаимодействия выходных данных САПР с манипулятором.

Цель работы – генерация команд для манипулятора в формате URScript из графических файлов dxf.

Получение URScript из dxf производится в несколько этапов:

- поиск и выборка сущностей в dxf документе;
- преобразование данных этих сущностей в URScript;
- запись преобразованных данных в определенный файл, который будет вызываться основной программой робота;
- создание основного файла-программы робота с конфигурациями (границы зоны рисования, вектор перпендикулярности плоскости, базовая точка и направление осей координат) и вызовом сгенерированного скрипта.

1 Анализ структуры dxf формата

Для того чтобы качественно выполнить первый пункт необходимо понимать структуру dxf файла. По сути это документ, в котором находится текстовая информация в специально заданном формате. Файл dxf организован как показано на листинге 1, при этом вся информация в формате ASCII и форматирована по группам (листинг 1).

Листинг 1 – Фрагмент dxf файла

Структура	Значение
1. Раздел ЗАГОЛОВКА /HEADER/ - в данном разделе файла dxf содержится общая информация о чертеже. Каждый параметр имеет имя переменной и соответствующее ей значение. 2. Раздел ТАБЛИЦ /TABLES/ - в данном разделе содержатся определения именованных элементов. - таблица типов линий; - таблица слоев; - таблица типов шрифтов; - таблица видов. 3. Раздел БЛОКОВ /BLOCKS/ - в данном разделе содержатся графические примитивы определений блоков, которые описывают примитивы, входящие в состав каждого блока изображения. 4. Раздел ПРИМИТИВОВ /ENTITIES/ - в данном разделе содержатся графические примитивы чертежа, включая любые ссылки на блоки. 5. КОНЕЦ ФАЙЛА. Исходя из данной структуры файла, для получения изображения наиболее интересен раздел ENTITIES.	0 SECTION 2 ENTITIES 0 ELLIPSE 5 70 330 1F 100 AcDbEntity 8 layer 1 62 250 370 20 100 AcDbEllipse 10 -5.24341 20 0.2735 30 0.0 11 0.0 21 0.46038 31 0.0 210 0.0 220 0.0 230 1.0 40 1.0 41 0.0 42 6.283185307179586 0 ENDSEC

Каждые две строчки и являются группой. В первой строчке записывается код группы, во второй – значение. Код группы – это идентификатор того, что эта группа описывает. Например, коды 0-9 используются для обозначения строковых данных, а коды 10-59 – данных в формате с плавающей запятой двойной точности (double). Но коды используются не только для указания типа значения группы; они также обозначают, что

именно содержится в значении группы. Например, код 0 используется в строго определенных случаях – начало секции, конец секции, начало таблицы и т.д., код 2 означает, что в значении группы описано имя (секции, таблицы, примитива), код 9 используется только в секции HEADER и означает имя переменной. Полное описание представлено на сайте Autodesk.

2 Анализ структуры URScript

В прошлой части были определены входные данные, теперь определим выходные, иначе как проводить конвертацию из чего-то непонятно во что.

Universal Robot может управляться на трех разных уровнях:

- GUI уровень;
- Script уровень;
- C-API уровень.

В работе был выбран Script уровень, потому что GUI уровень закрыт и не обладает достаточной гибкостью (хотя на выходе GUI получается Script файл). C-API уровень дает огромные возможности и соответствующий уровень сложности.

Для работы робота необходимы файлы:

- filename.txt - высокоуровневый код, содержит последовательность операций (листинг 2)
- filename.script - наполняет значениями txt файл
- filename.urp – бинарный файл, который непосредственно выполняется роботом.

Листинг 2 – Пример txt файла

```
Program
    Robot Program
        MoveP
            Waypoint_1
            CircleMove
                Waypoint_2
                Waypoint_3
            Waypoint_3
            MoveP
                Waypoint_3
                CircleMove
                    Waypoint_4
                    Waypoint_5
```

Листинг 3 – Пример script файла (листинг 3)

```
def circle_min():
set_analog_inputrange(0, 0)
set_analog_inputrange(1, 0)
set_analog_inputrange(2, 0)
set_analog_inputrange(3, 0)
set_analog_outputdomain(0, 0)
set_analog_outputdomain(1, 0)
set_tool_voltage(24)
set_runstate_outputs([])
set_payload(0.0)
set_gravity([0.0, 0.0, 9.82])
while (True):
$ 1 “Robot Program”
$ 2 “MoveP”
$ 3 “Waypoint_1”
movep(p[-0.5855971806671894, 0.20763167238928246, 0.07550319928745566,
0.6405873044452095, -3.071940616768458, 0.026070362768991707], a=1.2,
v=0.25, r=0.025)
$ 4 “CircleMove”
$ 5 “Waypoint_2”
```

```
$ 6 "Waypoint_3"
movec(p[-0.655205352036443 5, 0.20814432868498473, 0.05497712244299978,
0.6420954022873315, -3.0707961749619, 0.02459624334927117], p[-
0.6566043998391788, 0.2770636231977118, 0.05506985067080796,
0.6423195981777231, -3.0742335265890093, 0.029393002058536455], a=1.2,
v=0.25, r=0.025)
$ 7 "Waypoint_3"
movep(p[-0.6566043998391788, 0.2770636231977118, 0.05506985067080796,
0.6423195981777231, -3.0742335265890093, 0.029393002058536455], a=1.2,
v=0.25, r=0.025)
$ 8 "MoveP"
$ 9 "Waypoint_3"
movep(p[-0.6566043998391788, 0.2770636231977118, 0.05506985067080796,
0.6423195981777231, -3.0742335265890093, 0.029393002058536455], a=1.2,
v=0.25, r=0.025)
$ 10 "CircleMove"
$ 11 "Waypoint_4"
$ 12 "Waypoint_5"
movec(p[-0.5865144622138906, 0.2775296529322894, 0.05631928049682099, -
0.6402521828636203, 3.073245510255796, -0.03566808080779445], p[-
0.5854931145717062, 0.20761008476478102, 0.05712855652755951,
0.6409596020239017, -3.071863854166044, 0.02588460628260649], a=1.2, v=0.25,
r=0.025)
end
end
```

На рисунке 1 приведено изображение для которого выше показан код программы для его рисования.

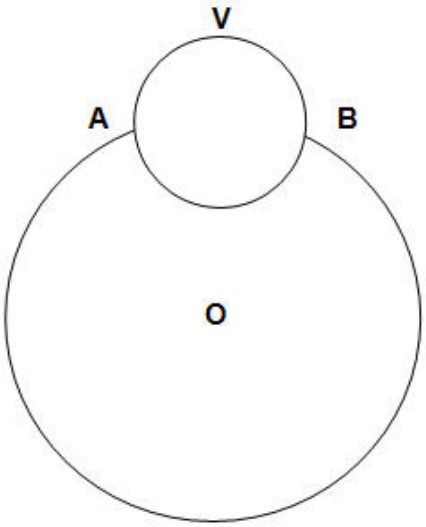


Рис. 1. Изображение для рисования роботом

Как и любой другой язык программирования URScript имеет переменные, типы, поток управляющих операторов, функции и т.п. Кроме того URScript имеет ряд встроенных переменных и функций, которые следят и контролируют порты ввода/вывода и движения робота.

2 Решение задачи конвертации графических файлов в команды робота

Для конвертации изображения из dxf файла в script был разработан алгоритм, блок схема которого представлена на рисунке 2.

В дальнейшем данный алгоритм будет расширен методиками оптимизации.

В самом начале программы нужно выбрать в какой директории и какой файл мы собираемся обработать.

Далее произвести открытия файла на чтение. В процессе открытия файла возможно возникновение различных ошибок:

- файл не существует;
- не достаточно прав для доступа;
- не верный формат файла.

Эти ошибки, как минимум, стоит обработать или, еще лучше, не допустить их возникновения, добавив разного рода фильтры.

Для чтения файла нам понадобятся:

- переменная для считывания кода;
- переменная для считывания значения;
- указатель на текущую позицию.

И таким образом ищем начало раздела ENTITIES с кодом группы 2. Из которого будем извлекать объекты для конвертации. Для этого нам потребуются обработчики для каждого типа объекта:

- точка;
- линия;
- ломаная;
- окружность;
- дуга;

Этот список можно как расширять, так и сужать, основываясь на собственных требованиях и видении задачи.

По достижению конца раздела ENTITIES файл необходимо закрыть и приступить к непосредственной конвертации.

Стоит отметить что конвертация производится в относительной системе координат, а не абсолютной для большей адаптивности. При относительном способе отсчета за нулевое положение принимается положение исполнительного органа, которое задается (пока что) вручную перед началом работы при формировании конфигурационного файла робота. Сами же точки в этой системе координат будут в абсолютных координатах для уменьшения вероятности ошибки, ведь в случае появления одной координатной ошибки при относительном способе программирования все последующие перемещения будут неправильными.

После этого конвертированные данные записываются в файл в формате script.

Следующий шаг, это передача файла на компьютер подключенный к роботу, в нашем случае Raspberry pi. Для этого сначала необходимо создать папку и “расшарить” ее, установив параметр общего доступа. После этого можно сохранять созданный файл в эту папку.

В предварительно созданном GUI-файле робота прописывается конфигурация робота (о которой говорилось выше) и вызов сгенерированного скрипта. Далее при ее запуске робот начнет движение по заданной траектории.

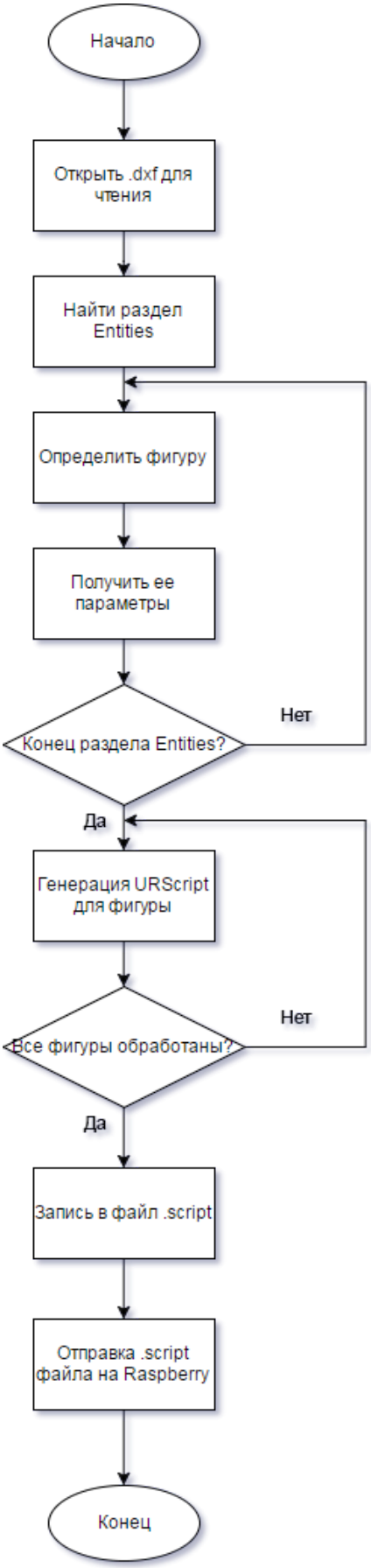


Рис. 2. Блок схема конвертации dxf в URScript

В дополнение к вышесказанному была спроектирована аппаратная среда, структурная схема которой представлена на рисунке 3.

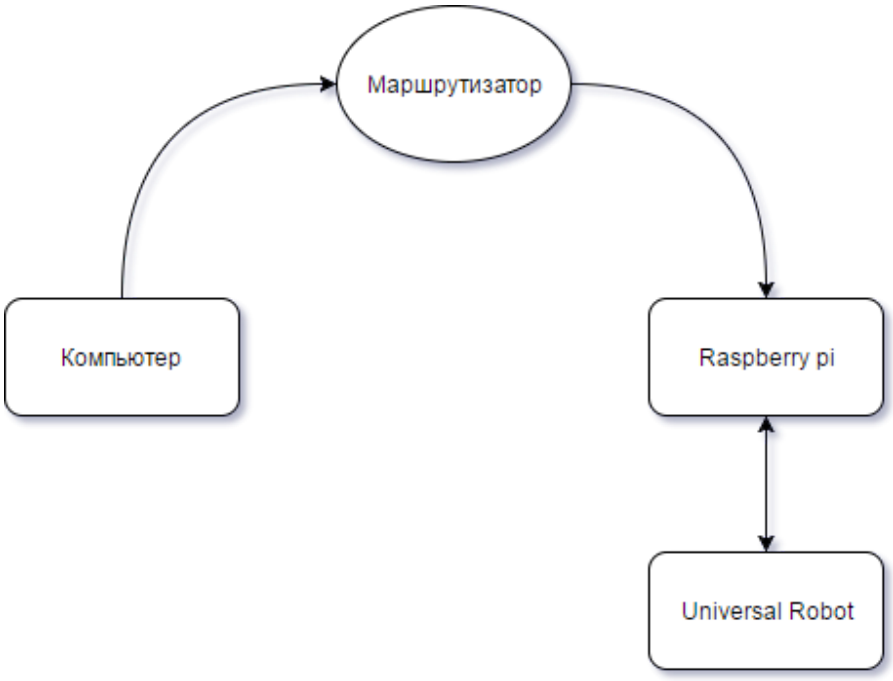


Рис. 3. Структурная схема аппаратной части

Компьютер в данной схеме производит выполнение программы конвертации и отправки файла.

Raspberry pi осуществляет прием script файла, его чтение и выдает команды роботу. Выполняя которые робот движется по траектории рисунка. И если присоединить наш специализированный держатель для карандашей и ручек (рисунок 4).

Рис. 4. Робот в сборе с держателем и карандашом

Можно производить рисование при помощи робота.

Заключение

В данной работе представлен процесс разработки алгоритма конвертации dxf файла в набор команд для робота UR5. Также была освещена аппаратная реализация проекта.

Изначально описана структура файла dxf и интересующая область в нем, которая будет подвергаться разбору для дальнейшей конвертации. Тем самым описаны входные данные для программы.

Затем произведен анализ программной части манипулятора UR5, на основании которого формируется вид выходного файла.

В процессе работы были получены знания о структурах файлов, их организации, уточнен алгоритм конвертации и намечена аппаратная реализация системы.

Литература

1. Меньшиков П. В. Импорт графических данных из dxf файла средствами C# // Клуб трех инженеров. 2010.
2. Д. Б. Новоселов Импорт плоских dxf- файлов в системы CREDO III // Кредо-Диалог.

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОРПУСА МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Петров М.В.
Научный руководитель: Юдин А.В.
ГБПОУ «Воробьёвы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия.

APPROACH TO MODELING OF A MOBILE ROBOT'S BODY FOR MANUFACTURING IN A DIGITAL FABRICATION LABORATORY

Petrov M.V.
Supervisor: Yudin A.V.
State budget vocational and educational institution "Vorobyovi Gori", Centre of Technical Education, Moscow, Russia.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Аннотация
В статье рассматривается проблема однотипных решений, встречающихся на соревнованиях мобильных роботов и предлагается подход к увеличению разнообразия внешнего вида роботов. Также представлена возможность упрощения геометрических расчетов при разработке конструкции робота с помощью САПР с возможностью параметрического моделирования.

Abstract
The article presents the problem of similar looking design solutions found in the competition of mobile robots and proposes an approach to increase the diversity of the robots' appearances. It also discusses an opportunity to simplify geometric calculations while designing a robot's structure using CAD software with parametric modeling.

Введение

Очень часто решения одной и той же технической задачи в разных командах разработчиков приводят к однотипному внешнему виду механизмов итогового устройства. Если разработка ведется независимо – этот факт может говорить в том числе и об оптимальном решении, найденном в процессе поиска. Если же разработка ведется в одной лаборатории или в дружественных командах – этот факт может говорить о взаимовлиянии уже найденных решений кем-то из разработчиков. В этом случае оптимальность решения проверить будет возможно только в практике его применения и сравнения с аналогами.

Соревнования мобильных роботов Евробот [1] – это командные соревнования. Подготовка к ежегодному слету инженеров-энтузиастов длится от 6 до 8 месяцев. За это время участники должны разработать очередного мобильного робота, который будет способен решить несколько задач по манипуляции игровыми элементами за короткий промежуток времени. Выигрывает в итоге решение, которое наиболее эффективно решает комплекс практических задач.

Автор уже несколько лет разрабатывает роботов-участников соревнований Евробот в лаборатории робототехники Центра Технического Образования Дворца пионеров на Воробьевых горах [2]. В составе Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро (оСКБ) [3], автор также проводит научно-исследовательскую работу, в том числе по возможным подходам к разработке мобильных роботов. Имея возможность сравнивать результаты разработки роботов как на итоговых соревнованиях, так и в процессе подготовки многочисленных команд лаборатории автор пришел в выводу, что очень часто потенциал технологических возможностей лаборатории не используется полностью, а решения получаются однотипные. На соревнованиях такие конструкции для зрителей

выглядят скучно и однообразно, что очень часто приводит к неверным выводам о сложности разработки подобных устройств.

Соревнования и робот 2017

Правила соревнований Евробот 2017 [4] содержат ряд практических заданий, которые предстоит решить роботам на соревновании. Таких заданий на этот раз всего 3:

- сбор, сортировка и размещение в правильных местах мячей разной формы и цвета.
- сбор цилиндров и размещение их в нужном месте с соблюдением верной ориентации в пространстве.
- уже размещенные цилиндры можно вращать по ходу матча так, чтобы цвет команды оказывался выше цвета соперника.
- запуск «Спутника», небольшого объекта на нужную высоту.

Каждое задание решает один или несколько механизмов. Оригинальность таких решений зависит как от опыта разработчика, так и от финансовых возможностей команды. На протяжении многих лет новички имеют свойство копировать решения друг у друга или следовать базовым рекомендациям наставников, не привнося в собственную конструкцию отличительных черт. Иногда это связано с тем, что в процессе создания робота необходимо многое освоить, например, технологии изготовления деталей. Но часто и на втором и последующих годах не происходит качественного рывка и роботы продолжают походить друг на друга.

Автор задался целью дать направление тем командам и разработчикам, которые хотели бы творчески подойти к разработке конструкции и внешнего вида своего робота. На собственном примере, автор стремится разработать простой в освоении способ помогающий адаптировать дизайнерские задумки к функциональным элементам мобильного робота.

Самым простым элементом, с которого легко начать видоизменять внешний вид робота – это шасси, часть конструкции, которая служит носителем исполнительных механизмов робота. Самый распространенный вариант схемы расположения колес показан на Рис.1.

Рис.1. Популярная схема расположения колес и внешнего вида шасси мобильного робота

Подавляющее большинство команд, участвующих в Евробот Юниор, ограничиваются изменением геометрии платформы шасси, хотя существует несколько прочих схем расположения колес, которые вполне можно было бы использовать в комбинации механизмов для создания уникального внешнего вида.

Возможно, что такое положение дел связано со сложностями, которые возникают при переходе на другие схемы движения: отсутствием подобных схем в поле зрения

разработчиков и с необходимость проведения «нестандартных», непривычных и просто новых расчетов.

В данной работе автор, на примере разработки нестандартной, редко встречающейся схемы шасси, проводит подбор параметров для геометрического моделирования конструкции шасси при заданных изначальных ограничениях на диаметр колес (фиксированный диаметр около 100 мм), максимальный периметр описанного вокруг вертикальной проекции робота многоугольника (120 см) и требования обеспечения минимального радиуса поворота получившейся конструкции.

Задача автора состоит в том, чтобы спроектировать и изготовить корпус для робота из двух частей, своеобразный «робо-поезд», состоящий из двух «вагонов». Первый вагон имеет два приводных колеса, второй – пассивные колеса независимого вращения.

САПР с возможностью параметрического моделирования

Для упрощения задачи предлагается воспользоваться возможностями современных Систем Автоматизированного Проектирования (САПР), а в частности таким инструментом, как параметрическое моделирование. Существует несколько разновидностей реализации подхода параметрического моделирования, мы же воспользуемся вероятно самым простым из подобных инструментов – геометрической параметризацией.

Знакомая автору САПР Solvespace [5], позволяет накладывать геометрические зависимости на элементы двумерного чертежа устройства. Процесс разработки модели в этом случае очень похож на программирование. Задача разработчика – однозначно определить систему геометрических зависимостей и ограничений. В случае успеха деталь изготавливается на станке лазерной резки. Похожими возможностями обладают и многие другие, в том числе более популярные САПР трехмерного моделирования (Рис.2).

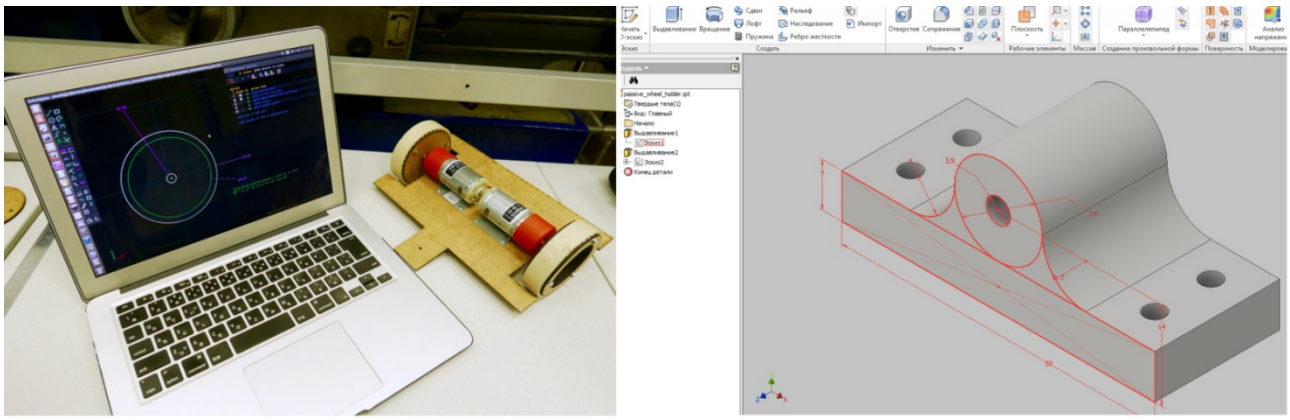


Рис.2. Геометрическая параметризация в современных САПР

Вернемся к САПР Solvespace. В полностью определенной модели возникает возможность автоматического перерасчета элементов чертежа при изменении одного из ограничений. Наиболее простым примером такого ограничения является размер в мм.

В нашем случае мы строим модель с типовыми колесами, размер которых задан и не меняется. Размер и форму платформы «вагонов» стараемся сделать одинаковыми и базируем расчеты на линейных размерах двигателей приводных колес, которые должны быть установлены максимально компактно. В итоге получаем прямоугольного вида платформы, с геометрическими зависимостями и радиусом поворота, который нам предстоит минимизировать.

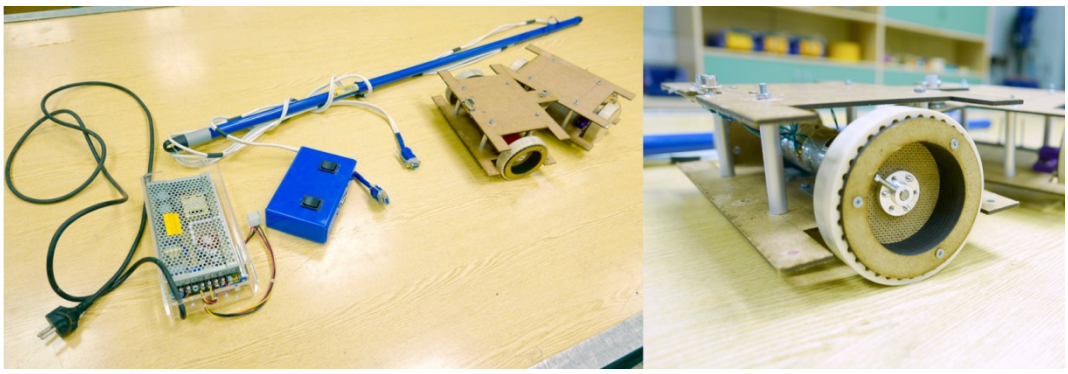


Рис. 3. Мобильный робот и его исходные ограничения и состав

В результате несложного процесса подбора значения радиуса получаем результат (Рис.4). Отметим, что при уменьшении радиуса поворота колеса на чертеже в какой-то момент начинают пересекаться, что соответствует невозможному варианту для обеспечения движения в реальной жизни. Наша задача сводится к выяснению такого радиуса, которому соответствовала ситуация касания внешних контуров колес лишь в одной точке.

После нахождения граничного радиуса поворота, увеличиваем его на 5%, чтобы исключить зацепление колес и вносим изменения в чертеж конструкции платформы, чтобы обеспечить возможность поворота (при повороте элементы одного «вагона» могут пересекаться с элементами конструкции второго, как на Рис.4).

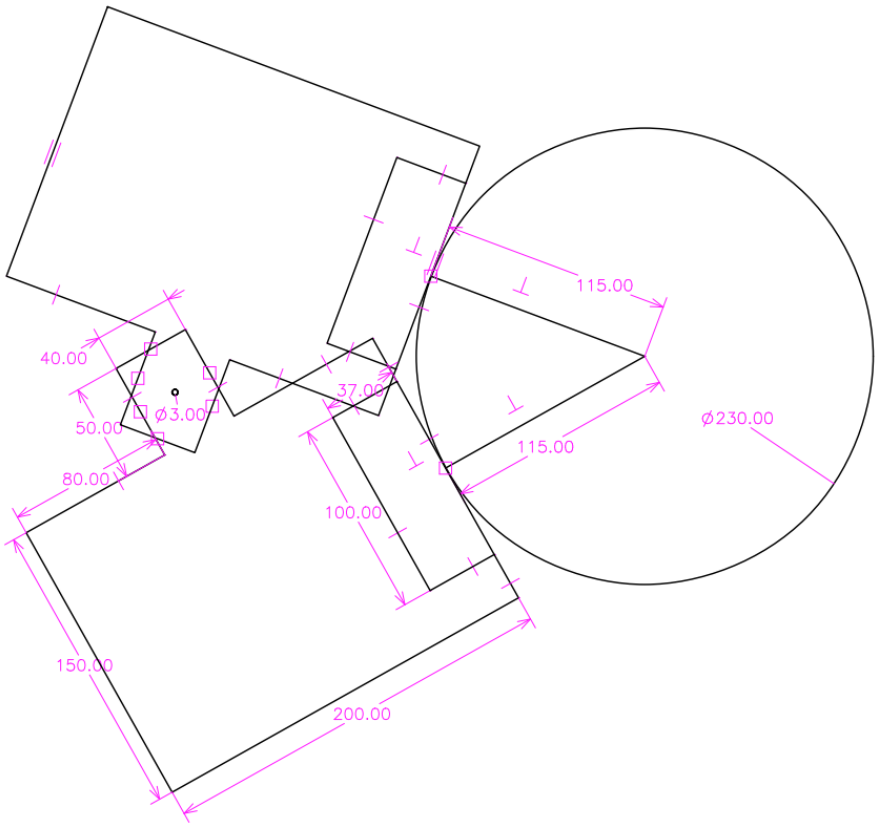


Рис.4. Параметрическая модель с подобранным значением радиуса поворота

Расчеты модели были проверены на практике: по чертежам была изготовлена конструкция робота, состоящая из двух «вагонов», которые позже были обрезаны для обеспечения нужного угла поворота и минимального радиуса поворота (Рис.5).

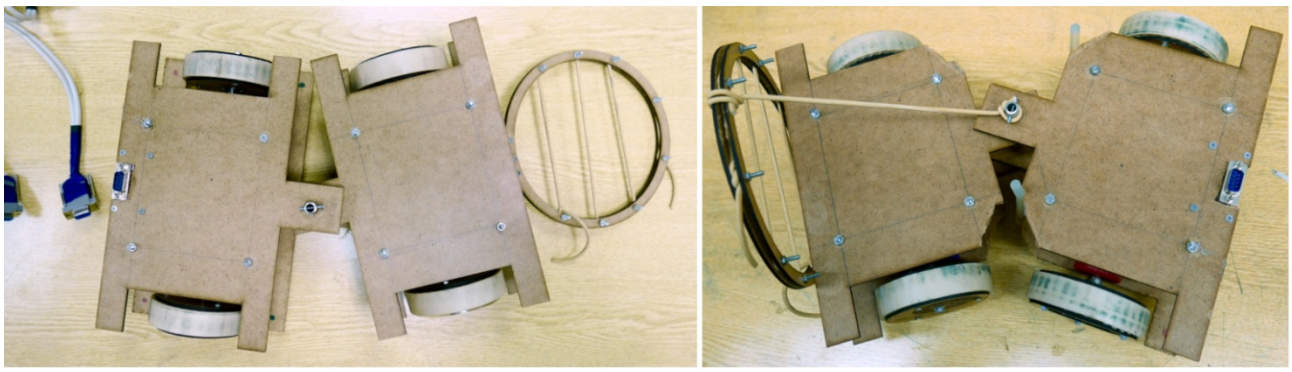


Рис. 5. Конструкция и форма шасси робота в результате моделирования и апробации

Заключение

Использование возможностей параметрического моделирования, которые предоставляют многие современные САПР, в том числе и САПР Solvespace, позволяет упростить задачу расчета геометрии элементов конструкции мобильного робота. Выбор правильных, однозначных геометрических зависимостей и ограничений позволяет изменением одного из размеров модели полностью определить соответствующую геометрию остальных составляющих элементов для дальнейшего изготовления.

В результате проведенной работы автору удалось создать необычную для соревнований Евробот Юниор форму шасси робота и сохранить ее функциональность для использования в очередных соревнованиях.

Для продолжения работы в направлении увеличения разнообразия конструкций мобильных роботов лаборатории робототехники и оСКБ на соревнованиях автор планирует разработать, опробовать и описать существующие, известные схемы расположения колес в мобильных роботах.

Литература

1. Сайт Национального Организационного Комитета Евробот в России. Режим доступа: http://www.eurobot-russia.org – Проверено 10.02.2017г.
2. Сайт ГБПОУ «Воробьевы горы». Режим доступа: http://vg.mskobr.ru – Проверено 10.02.2017г.
3. Сайт Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро (оСКБ). Режим доступа: http://class.skycluster.net – Проверено 10.02.2017г.
4. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017 – Проверено 10.02.2017г.
5. Параметрическая САПР 2Д/3Д моделирования. Электронный ресурс. Режим доступа: http://solvespace.com – Проверено 10.02.2017.
6. Алексеев Д.А. Телеуправляемый мобильный робот для ряда практических задач // Сборник научных трудов. 17-ая молодежная научно- техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015 г. – с.221-229.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДВУХЛУЧЕВОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА ПО ОПТОВОЛОКОННОМУ КАБЕЛЮ

Попов Д.В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Адамова А.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

THE ANALYSIS OF METHODS OF DUAL-BEAM SIGNAL TRANSMISSION ON THE FIBRE-OPTICAL CABLE

POPOV D. V.
Research supervisor: Ph.D., associate professor Adamova A. A.
Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Technology of Electronic Devices

Аннотация
В данной работе проведен анализ методов двухлучевой передачи сигнала по оптоволоконному кабелю. Основное внимание уделено анализу нового способа передачи сигнала по оптоволоконному кабелю, разработанному группой исследователей из американо-французской компании Bell Labs. Он позволяет получить устойчивую связь, в несколько раз более быструю, чем эксплуатирующиеся сегодня линии, за счет использования пары сопряженных, ортогонально поляризованных сигналов. Тем самым увеличивая пропускную способность оптоволоконной линии до 406,6 – 512 Гбит/с. Для этого автор предлагает метод позволяющий сократить нелинейные искажения посредствам передачи пары фазно-конъюгированных сигналов с последующим наложением их на принимающей стороне. Такой подход может быть применен для линий передачи, где невозможна регенерация сигнала, например для линий связи, проложенных по дну океанов.

Abstract
This article analyzes the two-beam fiber optic cable signal transmission methods. The main attention is paid to the analysis of the new signal transmission method of the fiber optic cable, developed by a team of researchers from the US-French company's Bell Labs. It provides a stable connection, by using a pair of conjugate orthogonally polarized signals, that is several times faster than today's operational line. Thereby increasing the capacity of fiber-optic line to 406.6 - 512 Gbit/s. To do this, the author proposes a method which allows to reduce the harmonic distortion by transmitting pairs of phase-conjugated signals followed by the imposition of the receiving side. This approach can be applied to transmission lines, where no signal regeneration, such as communication lines laid on the ocean bottom.

Введение

Проблемы, связанные с увеличением потребителей информации в современном информационном обществе, увеличением объемов и скоростей, передаваемых данных предъявляют новые требования к линиям передачи информации. Основное противоречие возникает между требованиями повышения скорости передачи информации и уменьшения затрат на реализацию связи. С одной стороны, увеличение качества технологий, продвижение новых ведет к огромным затратам, а с другой использование уже устаревших неспособно удовлетворить требованию потребителя [1].

Актуальность данной работы заключается в том, что в последнее время в ходе развития современного информационного общества возникает острая необходимость в увеличении пропускной способности линий связи, а также повышении их помехоустойчивости [2].

В настоящее время для передачи больших объемов информации используются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) – линии связи, предназначенные для передачи сигнала в оптическом (обычно – ближнем инфракрасном) диапазоне. Что, в свою очередь, накладывает соответствующие ограничения на передачу сигнала, такие как: дисперсия и эффект Керра.

Эффект Керра – нелинейный оптический эффект, описывающий изменения значений показателя преломления в зависимости от интенсивности приложенного электрического поля.

Объектом исследования в рамках данной работы являются методы, позволяющие снизить влияние на передачу сигнала таких эффектов как дисперсия и эффект Керра, тем самым уменьшая величину нелинейных искажений и, благодаря этому, увеличивая скорость передачи данных.

Цель работы: структуризация, комплексный анализ и представление в виде онтологии комплекса научных знаний методов двухлучевой передачи сигнала по оптоволоконному кабелю и сравнение их с существующими на данный момент.

Для достижения поставленной цели в работе решен следующий **комплекс задач**:

- классификация методов передачи сигнала по оптоволокну
- определение недостатков существующей на данный момент системы передачи сигнала по оптоволоконной линии связи
- определение проблем и возможностей их устранения сопутствующих передачи сигнала по оптоволоконному кабелю
- описание метода двухлучевой передачи данных, позволяющего уменьшить нелинейные искажения, возникающие при передаче сигнала по ВОЛС

Методы исследований: методы теоретического анализа и обобщения научной литературы, формализация знаний осуществлялась посредствам построение концептуальных карт с использованием CMAP-технологий, логическая модель.

Научная и практическая новизна работы заключается в предложении нового метода передачи сигнала по линиям ВОЛС, позволяющего значительно уменьшить искажения, возникающие при передаче, что в свою очередь способствует значительному приросту скорости.

Практическая ценность работы состоит в том, что техническая реализация предложенного метода подразумевает под собой только модификацию приемо-передающего оборудования, но не затрагивает ВОЛС.

Реализация данных технических решений обеспечит минимизацию затрат на усовершенствование оборудования.

Результаты работы применимы для использования как в мелких системах, что даст значительный прирост в скорости конечных пользователей, так и в крупных межконтинентальных магистралях.

Для прироста скорости передачи информации по оптоволокну можно воспользоваться двумя, существующими на данный момент методами: качественным и количественным. При использовании последнего прирост в скорости обеспечивается за счет наращивания числа оптических волокон, по которым осуществляется передача сигнала, что ведет за собой значительные финансовые затраты. При использовании качественного метода мы сталкиваемся эффектами, ограничивающими максимальную скорость передачи информации, такими как эффект Керра и дисперсия сигнала.

Для решения этой проблемы было предложено использовать пару ортогонально поляризованный конъюгированных сигналов, с последующим их наложением друг на друга. Данный метод позволяет в значительной степени уменьшить влияние нелинейных искажений на сигнал, что в свою очередь способствует значительному приросту скорости передачи данных.

1 Анализ методов передачи сигнала по оптоволоконному кабелю

В последнее время оптоволоконная связь стала одним из самых популярных методов передачи аудио-, видео- и других аналоговых сигналов и цифровых данных. У данного метода передачи значительные преимущества перед витой парой и

коаксиальными кабелями, например, такие как: невосприимчивость к электрическим помехам и широкая полоса пропускания.

Однако, до недавнего времени, в оптоволоконных системах использовались аналоговые технологии передачи сигнала. Сейчас же, с появлением нового поколения оборудования, основанного на цифровых методах обработки сигналов, оптоволоконные системы стали способны обеспечивать высокую производительность, гибкость и надежность.

Рис. 1. Классификация методов передачи сигнала по оптоволокну

Таблица 1 – Сравнение методов передачи сигнала по оптоволокну

Аналоговая передача	Цифровая передача
Потеря качества пропорциональна пути, пройденного по оптоволокну	Способность к восстановлению сигнала, вследствие чего большие расстояния передачи
Нелинейное дифференциальное усиление и фазовые ошибки при передаче	Нелинейные искажения сигнала (эффект Керра, дисперсия сигнала)
Ограничение динамического диапазона	Широкая полоса пропускания

Единственным и самым главным недостатком цифровой передачи данных по оптоволоконным линиям связи является наличие нелинейных искажений, обусловленных изменением значения показателя преломления оптоволокна, вследствие неравномерности его структуры.

Именно с такой проблемой столкнулась группа исследователей из американско-французской компании Bell Labs и смогла получить устойчивую связь, в несколько раз более быструю, чем эксплуатирующиеся сегодня линии. Для этого ученые предложили направлять по оптоволоконному кабелю не один пучок света, а два, каждый из которых является зеркальным отражением другого [1].

Сегодня для увеличения пропускной способности такого канала связи и дальности его работы наращивают мощность луча, передаваемого по оптическому волокну. Однако помехи в оптическом волокне усугубляются пропорционально мощности сигнала, и слишком сильно поднять пропускную способность не получается [2].

Для достижения высокой эффективности при проектировании гетерогенных широкополосных сетей передачи данных целесообразно построить модель будущей сети, учитывая типы сервисов, предоставляемых на данной сети передачи данных, а также количество пользователей. Результаты моделирования должны иметь точность 10–20 %, этого достаточно для большинства целей и не требует слишком много машинного времени. Следует иметь в виду, что для моделирования поведения реальной сети необходимо учитывать ее рабочие параметры: задержки используемых кабелей, коммутационного и серверного оборудования [3, 4].

Определение характеристик сети до ее введения в эксплуатацию имеет первостепенное значение. Это позволяет отрегулировать характеристики локальной сети на стадии проектирования. Решение данной проблемы возможно путем аналитического или статистического моделирования [5].

Идея разработчиков двухлучевой передачи в том, что зеркальные отражения одной и той же информации (два луча) на принимающем конце кабеля объединяются и позволяют получить данные в чистом, неискажённом виде даже при высоком уровне мощности [1].

Исследователи сообщают, что удалось добиться передачи 400 Гб/с (что вчетверо выше лучшей коммерчески доступной скорости) по оптоволоконному кабелю длиной 12 800 километров. В своей работе авторы использовали только пару согласованных, ортогонально поляризованных сигналов, однако, данная технология позволяет использовать 4 и даже 8 пар сигналов, что в свою очередь способствует значительному увеличению пропускной способности ВОЛС.

В своей работе они предлагают передавать пару сопряженных сигналов и последовательно накладывать их на месте приемника. При этом сигналы должны быть ортогонально поляризованы, и модуляция производится посредством квадратного фазового сдвига. Также данная технология позволяет уменьшить нелинейные искажения до 8,5 дБ и воздействие дисперсии на сигнал.

Схема установки линии передачи с двойными ортогонально поляризованными распространяющимися волнами (ОПРВ) показана на рис. 1.a. Для сравнения на рис. 1.b показана обычная линия оптической связи. Для того, чтобы понять как выглядят искажения в ОПРВ моделируется воздействие электрического поля и вносятся нелинейные искажения в распространения волн. Результат работы такой линии связи после модуляции сигнала показан на рис. 1.c. Для сравнения также приведен результат работы обычной оптической линии связи на рис. 1.d.

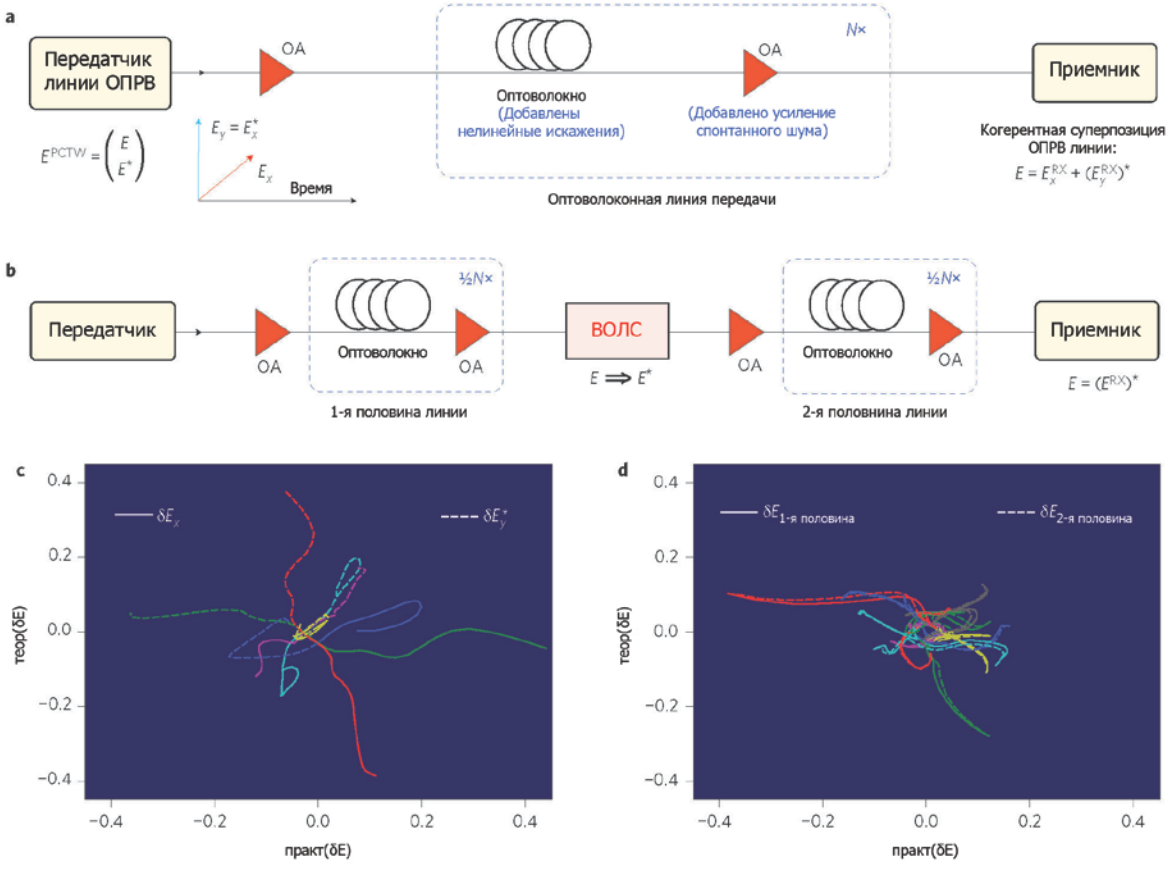


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для сравнения нелинейных искажений между линиями ОПРВ и ВОЛС [1]

Принцип работы линии ОПРВ устроен следующим образом: по оптоволоконному кабелю распространяются два ортогонально поляризованных сигнала, которые являются зеркальным отражением друг друга. Далее на приемнике один сигнал отображается и сравнивается со вторым, тем самым давая в итоге выходной сигнал.

Для того чтобы теоретически объяснить принцип работы ОПРВ линии придется обратиться к уравнениям Шредингера, которые описывают вектор нелинейного оптического распространения поляризационно-разделенной волны в оптическом волокне, которые предполагают, что нелинейная длина взаимодействия значительно больше, чем длина вектора случайных вращений поляризации.

Примечательной особенностью является то, что нелинейные искажения сигнала могут быть аннулированы, включают в результате взаимодействия между нелинейностью и дисперсией. Кроме того, данная технология еще не доработана и способна к дальнейшему улучшению качества связи.

Линия ОПРВ способна работать в одноканальном режиме рис. 2.

Рис. 2. Одноканальный режим линии ОПРВ

Также есть возможность включения линии ОПРВ в двухканальном режиме рис. 3.

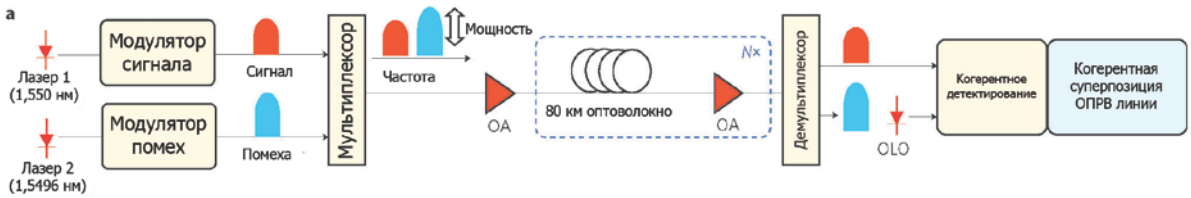


Рис. 3. Двухканальный режим линии ОПРВ

Разница между двумя способами передачи состоит в том, что в двухканальном способе передачи сигналы отличаются по частоте и мощности, что приводит к уменьшению нелинейных искажений до уровня 5,8 дБ (в сравнении с одноканальным, когда искажения составляют 8,6 дБ).

Для того, чтобы добиться рекордной скорости в 400 Гб/с, было принято решение использовать 8 пар близко расположенных проводников. Скорость модуляции была увеличена до 32 Гбот с использованием 64 Гбис/с цифро-аналоговыми преобразователями. Разнос каналов составил 37,5 ГГц, который совместим с формирующейся гибкой сеткой WDM архитектуры (ITU-T G.694.1). Необработанные скорость передачи данных составила 512 Гбит/с. После выделения 23,46% накладных расходов для коррекции ошибок, чистая скорость передачи данных составила 406,6 Гбит/с. По сравнению с экспериментами на более низкой скорости, этот эксперимент демонстрирует не только расширенные внутри канала нелинейные эффекты, но и существенная межканальных нелинейных эффектов [1, 3, 6].

2 Рекомендации по повышению эффективности методов передачи сигнала по оптоволоконному кабелю

Для дальнейшего уменьшения межканальных нелинейных искажений, можно либо увеличить спектральную ширину полосы ОПРВ, тем самым ослабить воздействие межканальных взаимодействий, либо совместно модулировать WDM каналы таким

образом, что они все вместе образуют пару ОПРВ; например, один компонент поляризации каналов по фазе, конъюгированного в целом по отношению к другому компоненту поляризации. Последний случай хорошо подходит для формирующейся супер архитектуры передачи канала, в котором группа плотно упакованных сигналов передаются вместе по той же ссылке. Для того, чтобы эффективно проводить предкомпенсацию дисперсии для ОПРВ широкой полосы пропускания, может быть использован многополосный подход компенсации. Вместо того, чтобы занимать две ортогональных поляризации одного и того же оптического носителя, то ОПРВ могут распространяться на разных пространственных путях. Многомодовые волокна недавно были использованы для мультиплексирования с пространственным разделением. Понятие ОПРВ может быть дополнительно расширено таким образом, чтобы каждая из сдвоенных волн являлась вектором волны, которая содержит две независимых друг от друга модулированных компоненты поляризации.

Передача двух ортогонально поляризованных сигналов по оптоволокну является принципиально новым методом, позволяющим значительно снизить влияние помехи на сигнал, тем самым обеспечивая значительный прирост в скорости передачи данных.

В дальнейшем кроме увеличения числа пар передаваемых сигналов, можно производить частотную модуляцию сигнала, что в свою очередь способно обеспечить еще более помехоустойчивую связь.

Заключение

В данной работе был рассмотрен новый способ передачи сигнала по оптоволоконному кабелю, обеспечивающий скорость передачи информации до 400 Гбит/с. Данная технология способна удовлетворить всем современным требованиям и ее внедрение поможет справиться с все нарастающим количеством потребителей, а также поспособствует увеличением объема и скорости передаваемого контента.

Данный метод позволяет добиться скорости передачи данных в 4-5 раз выше, чем доступные на сегодняшний день. Кроме того, он позволит минимизировать затраты на усовершенствование оборудования, поскольку затрагивает только приемо-передающее оборудование.

Литература

1. Phase-conjugated twin waves for communication beyond the Kerr nonlinearity limit / Xiang Liu, A. R. Chraplyvy, P. J. Winzer и др. // Nature Photonics. – 2013, №7. - С.-560-568.
2. Ксенофонтов М.А. Новые технологии передачи информации на «последней миле» // Спецтехника и связь. – 2011, №3. - С.-26-28.
3. Адамов А.П., Адамова А.А., Муртазалиев В.Ш. Разработка системы сервиса локальных сетей в условиях деятельности предприятия // XXX итоговая научно-техническая конференция ДГТУ. - Махачкала. 2009. С. 277-278.
4. Власов А.И., Колосков С.В., Пакилев А.Е. Нейросетевые методы и средства обнаружения атак на сетевом уровне // В сборнике: Нейроинформатика-2000. 2-я Всероссийская научно-техническая конференция: сборник научных трудов в 2 частях. Сер. "Научная сессия МИФИ-2000" - Москва. МИФИ. 2000. С. 30-40.
5. Иванов А.М., Власов А.И. Верификация программных моделей коммуникационных сетей // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 10. С. 24.
6. Адамов А.П., Адамова А.А. О новых услугах сетей сотовой связи и проблемах их внедрения в России // Сервис: проблемы и пути развития в условиях рыночной экономики Тезисы докладов региональной научно-практической конференции. - Махачкала. 2005. С. 9-10.

ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ RFID-КАРТ

Ефремов Е.А., Ковалевский А.Е.
Научный руководитель: ассистент, Скворцова М.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-6, Москва, Россия

VULNERABILITIES RESEARCH OF RFID CARDS

Efremov E.A., Kovalevsky A.E.
Supervisor: assistant, Skvortsova M.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются технологии радиочастотной идентификации (RFID), а также стандарт бесконтактной передачи данных (NFC). Подробно исследованы карты MifareUltralight и MifareClassic, включая их уязвимости. В заключении представлены рекомендации по защите от существующих уязвимостей RFID карт.

Annotation
The article deal swiththe technology of RFID, as well as standard contact lessdata transmission (NFC). Detail sareresearched Card Mifare Ultralightand Mifare Classic, includingtheirvulnerability. Incon clusion presentsre commendations for the protection of existing RFID card vulner abilities.

Введение

В настоящее время использование смарт-карт для доступа к различным объектам инфраструктуры стало настолько популярным и массовым, что билетом на общественный транспорт можно оплатить проход в зоопарк и планетарий. Смарт-карты используются для прохода на работу, открытия автоматических шлагбаумов и ворот, в различных бонусных и накопительных системах. Но насколько эти средства защиты могут гарантировать защищенность объекта, особенно с малым уровнем оснащения, где для доступа на объект требуется приложить только карточку?

В настоящее время производятся смарт-билеты и смарт-карты следующих стандартов:

- MIFARE Ultralight
- MIFARE Ultralight C
- MIFARE Ultralight EV1
- MIFARE Classic 1K, MIFARE Classic 4K
- MIFARE Classic EV1 1K, MIFARE Classic EV1 4K
- MIFARE Plus 2K, MIFARE Plus 4K
- MIFARE DESFire EV1
- MIFARE DESFire EV2

Платформа Mifare до последнего времени включала в себя пять основных типов чипов для карт с бесконтактным, двойным (чип / магнитная полоса) и тройным (чип / полоса / USB) типами интерфейсов. В связи с компрометацией MifareClassic фирмой NXP было объявлено о вводе до конца 2008 г. нового, криптографически более сильного чипа на замену, получившего название MifarePlus и оснащенного алгоритмом AES.

Общий принцип работы любой RFID-системы достаточно прост. В системе всегда есть три основных компонента: это считыватель (ридер), идентификатор (карта, метка, брелок, тег) и компьютер. Считыватель излучает в окружающее пространство электромагнитную энергию. Идентификатор принимает сигнал от считывателя и формирует ответный сигнал, который принимается антенной считывателя, обрабатывается его электронным блоком и по интерфейсу направляется в компьютер.

Считыватель имеет: приемо-передающее устройство и антенну, которые посылают сигнал к тегу и принимают ответный; микропроцессор, который проверяет и декодирует данные; память, которая сохраняет данные для последующей передачи, если это необходимо.

Основные компоненты транспондера (тега): интегральная схема, управляющая связью со считывателем, и антенна. Чип имеет память, которая хранит идентификационный код или другие данные. Тег обнаруживает сигнал от ридера и начинает передавать данные, сохраненные в его памяти, обратно в ридер. Нет никакой потребности в контакте или прямой видимости между считывателем и тегом, поскольку радиосигнал легко проникает через неметаллические материалы. Таким образом, теги могут быть даже скрыты внутри тех объектов, которые подлежат идентификации. Теги бывают активными или пассивными. Активные теги работают от присоединенной или встроенной батареи, они требуют меньшей мощности считывателя и, как правило, имеют большую дальность чтения. Пассивная метка функционирует без источника питания, получая энергию из сигнала считывателя. Пассивные метки меньше и легче активных, менее дороги, имеют фактически неограниченный срок службы. Активные и пассивные теги могут быть:

- только для чтения
- с чтением-записью
- однократно записываемыми, данные в которые могут быть занесены пользователем.

По принципу действия системы RFID можно разделить на пассивные и интерактивные. В более простой пассивной системе излучение считывателя постоянно во времени (не модулировано) и служит только источником питания для идентификатора. Получив требуемый уровень энергии, идентификатор включается и модулирует излучение считывателя своим кодом, который считывателем и принимается. По такому принципу работают большинство систем управления доступом, где требуется только получить серийный номер идентификатора. Системы, используемые, например, в логистике, работают в интерактивном режиме. Считыватель в такой системе излучает модулированные колебания, то есть формирует запрос. Идентификатор дешифрирует запрос и при необходимости формирует соответствующий ответ.

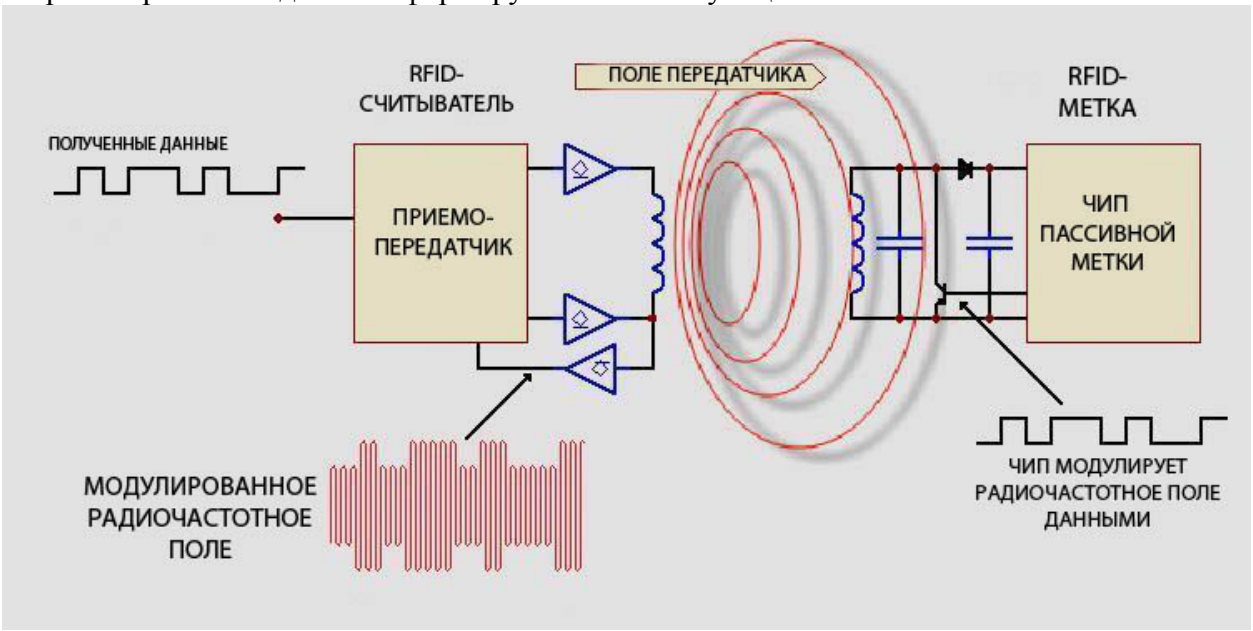


Рис. 11. Принцип работы смарт-карты

В технологии RFID есть два ключевых определения:

- Proximity (карты и брелки) – идентификаторы малой дальности, как правило, около 10 см.
- Vicinity – идентификаторы средней дальности (около полутора метров); Используются для идентификации товаров и продукции, в основном, в логистических приложениях. С точки зрения рабочих частот основными являются низкочастотный диапазон (125 или 134 кГц), среднечастотный (13,56 МГц) и высокочастотный (800 МГц … 2,45 ГГц).

Организация памяти MIFARE Classic

Память чипов MIFARE Classic имеет четкую структуру. Память MIFARE 1K и MIFARE 4K разделена на сектора, 16 секторов у MIFARE 1K и 40 секторов у MIfare 4K. Каждый сектор MIFARE 1K и первые 32 сектора MIFARE 4K состоят из трех блоков данных и одного блока для хранения ключей (SectorTrailer). Последние 8 секторов MIFARE 4K состоят из 15 блоков данных и одного (16-го) блока хранения ключей. Блоки данных доступны для чтения/записи при условии успешной авторизации по ключу.

- Блок SectorTrailer:

Этот блок хранит секретные значения ключей (A и B) для доступа к соответствующему сектору, а также условие доступа (определяемое значением битов доступа). Блок SectorTrailer всегда последний (четвертый) блок в секторе. Каждый сектор MIFARE Classic может иметь свои собственные ключи доступа и условия записи/чтения данных.

- Блоки данных:

Каждый блок данных состоит из 16 байт, доступных для записи/чтения (кроме блока 0 сектора 0, где хранится нестираемая информация завода-изготовителя). Запись/чтение данных производится по ключу и битам доступа. Блоки данных могут конфигурироваться как блоки для обычной записи/чтения, или как блоки хранения условных единиц (функция электронного кошелька). В обычные блоки данных моно записывать любую информацию (цифры, символы и т.п.). Если блок данных конфигурирован как блок для хранения условных единиц, то работа с таким блоком происходит по командам increment/decrement. Т.е., числовое значение, хранящееся в таком блоке, можно только увеличивать и уменьшать.

Таблица 1. Организация памяти чипа MIFARE 1K (16 секторов, по 4 блока в каждом секторе, по 16 байт каждый блок (в секторе 0, блоке 0 содержится информация завода-изготовителя).

Сектор	**Блок**	**Порядковый номер блока**	**Функция**
0	0	0	UID и информация завода-изготовителя чипа
0	1	1	Данные
0	2	2	Данные
0	3	3	SectorTrailer (Ключ A, условие доступа, Ключ B)
...	...	...	...
15	0	60	Данные
15	1	61	Данные
15	2	62	Данные
15	3	63	SectorTrailer (Ключ A, условие доступа, Ключ B)

Правила доступа

Ко всем секторам карты MIFARE Classic доступ осуществляется по единым правилам. Доступ к тому или иному сектору производится с помощью ключей (Ключ А и Ключ В). С помощью AccessCondition (условие доступа в SectorTrailer) задаются условия записи и чтения данных из каждого сектора с использованием одного ключа (А или В) или обоих ключей А и В одновременно. Например, при пользовании клиентами карт MIFARE можно реализовать чтение (только чтение) данных из блока по ключу А, в то время как системный администратор может читать и писать данные к память MIFARE, используя ключ В. В четвертом блоке каждого сектора (SectorTrailer) для обеспечения такого разграничения доступа используются три бита (accessbits) С1, С2 и С3. С помощью этих битов можно задать восемь различных режимов доступа к сектору MIFARE. Бит С1 считается младшим значащим битом (LSB). Например:

Таблица 2. Режим доступа.

C1	**C2**	**C3**	**Режим доступа**
1	1	0	3

Имеется четыре режима доступа к каждому сектору (к трем блокам данных и к блоку SectorTrailer). При этом каждый блок MIFARE Classic 1K имеет свое значение трех битов доступа. Задавая значения битов доступа можно определить «назначение» каждого блока данных (blockmode):

- блок для записи/чтения и по какому ключу (по Ключу А или В, или по обоим ключам);
- блок для хранения условных единиц (электронный кошелек) или блок для записи/чтения данных;
- закрытый (недоступный) блок.

Практические аспекты

Технология MIFARE используется, как правило, в сложных системах, где вопросы конфиденциальности и защиты данных имеют большое значение. Именно для обеспечения защиты и безопасности в технологии MIFARE реализована обработка данных с использованием ключей и криптографических алгоритмов. Считыватели, используемые для записи и чтения данных в чип MIFARE, должны также поддерживать защиту и безопасность данных со своей стороны. Это означает, что считыватель должен также хранить в своей памяти ключи доступа для каждого сектора MIFARE Classic. Если считыватель не обладает такой возможностью, то такой считыватель не следует использовать, так как защищенность всей системы в целом будет на низком уровне.

Исследование уязвимостей

В первых числах марта (2008) коллективом студентов и сотрудников исследовательской группы «Цифровая безопасность» в голландском университете Radboud, г. Неймеген, была выявлена серьезнейшая уязвимость в бесконтактных смарт-картах.

Подобные устройства, иногда называемые проксимити-картами, построены на основе RFID-чипов, то есть микросхем радиочастотной идентификации.

На сегодняшний день пластиковые и картонные карточки с запрессованным в них RFID массово используются по всему миру в таких качествах, как пропуска для автоматизированного контроля доступа на охраняемые объекты, карты оплаты проезда в транспорте, цифровые кошельки для мелких покупок, дисконтные карты в сетях торговли и куча других самых разных приложений.

Голландцами же была взломана система защиты в чипах типа MifareClassic, изготовляемых компанией NXP.

Естественно, что слабости в защите подобной системы будут иметь весьма широкие и серьезные последствия. Если такую карту несложно клонировать, то в принципе становится, к примеру, возможен доступ на охраняемые объекты под видом чужой, украденной у кого-то личности.

Реалистичность этой атаки, собственно, и решили проверить «на себе» голландские исследователи из университета Radboud. Где допуск в здания контролируется, как и повсюду в Нидерландах, также с помощью MifareClassic.

Говоря конкретнее, члены группы DigitalSecurity поставили перед собой цель отыскать слабости в собственных пропусках, а найдя их, попытаться клонировать карты.

Результатом их исследований стало обнаружение серьезных дефектов в механизме аутентификации MifareClassic. Это позволило: (1) полностью восстановить секретную схему алгоритма шифрования CRYPTO1, запечатанного в чип для защиты данных; (2) отыскать относительно простой и дешевый метод для извлечения из чипа криптогрфических ключей.

Два этих базовых открытия в совокупности позволили смоделировать реальную атаку, в процессе которой карточка-пропуск MifareClassic, применяемая для входа в здания университета, была успешно клонирована.

Криптографические операции, которые способен выполнять чип, реализованы на аппаратном уровне в виде так называемого регистра сдвига с линейной обратной связью, или LFSR (linearfeedbackshiftregister) и «фильтр-функции» для усложнения генерируемой шифр-последовательности.

Этот криптоалгоритм, носящий название CRYPTO1, является коммерческой тайной NXP и никогда не публиковался для независимого анализа.

Таким образом, безопасность карт MifareClassic в значительной степени опирается на то, что устройство криптоалгоритма хранится в тайне. Такой подход принято именовать «безопасность через неясность» (securitybyobscurity), причем среди большинства серьезных криптографов этот путь считается в корне ошибочным и бессчетное количество раз скомпрометированным. Не стал исключением и случай с CRYPTO1.

Типичный способ применения криптографии карт MifareClassic – в процедурах аутентификации. Цель таких процедур, как известно, в том, что две связывающиеся стороны неким формальным способом доказывают друг другу, кем они являются.

Делается это предъявлением какой-либо известной обеим сторонам секретной информации, так называемого разделяемого секрета (или, иначе, общего криптоключа). Обе стороны, в данном случае карта Mifare и считывающий ее прибор картридер, выполняют определенные операции, а затем сверяют получившиеся результаты друг друга, дабы быть уверенными в легитимности оппонента.

Успешное завершение процедуры аутентификации является необходимым условием не только для открытия двери или турникета и входа на охраняемый объект, но и для выполнения операций считывания или записи информации в ячейках памяти MifareClassic. Память чипа поделена на независимые секторы, каждый из которых защищен двумя криптографическими ключами.

Правильное управление криптографическими ключами – это сама по себе большая и существенная область исследований, часто таящая в себе угрозы безопасности. Конкретно для случая MifareClassic имеется два основных способа управления ключами.

1. Все карты и все картридеры, используемые в каком-то одном приложении, имеют одни и те же ключи для аутентификации. Это общепринятая ситуация для карт в системах контроля доступа.

2. Каждая карта имеет свои собственные криптографические ключи. Для проверки ключей такой карты, картридер сначала должен определить, с какой именно картой начат обмен, а уже затем найти и вычислить связанные с ней ключи. Такая процедура именуется диверсификацией ключей и применяется в более разветвленных приложениях.

Слабости в защите MifareClassic

Голландская группа DigitalSecurity обнаружила серьезные дефекты в механизме аутентификации карт MifareClassic. Во-первых, как уже сказано, это позволило сделать полное обратное восстановление схемы CRYPTO1 и сконструировать собственную реализацию этого криптоалгоритма. Сделано это было с помощью известных в криптоанализе методов генерации сбоев.

Если атакующая сторона при аутентификации не в точности следует правилам обмена, предписываемым протоколом, то в принципе – по нештатным реакциям – имеется возможность получать дополнительную информацию об устройстве неизвестной схемы. Целенаправленно манипулируя сигналами на входе и комбинируя их с информацией ответов, иногда можно восстановить устройство «черного ящика». Что и было сделано в данном случае.

Во-вторых, когда криптоалгоритм стал известен, стало возможным отыскать нужные секретные ключи. Например, усовершенствованным методом лобового вскрытия, т.е. тотального перебора всех возможных ключевых комбинаций. Ибо длина ключа в CRYPTO1 оказалась всего лишь 48 бит, так что при наличии подходящего быстрого вычислителя на полный «тупой» перебор в современных условиях требуется всего 9-10 часов работы.

Правда, стоит такая техника довольно недешево, однако голландским исследователям она и не понадобилась. Ибо CRYPTO1, как выяснилось, имеет не только короткую длину рабочего регистра (ключа), но и слабую функцию усложнения. Что позволило довольно легко отыскивать секретный ключ без лобового вскрытия.

Специально подобранный вид запросов на (заведомо неудачную) аутентификацию дает в ответах некоторую информацию о битах секретного ключа. Если один раз заранее собрать результаты всех таких ответов в большую просмотровую таблицу, коль скоро устройство CRYPTO1 уже известно, то атака на карту с неизвестным ключом становится быстрой и почти элементарной.

Надо просто опросить ее ложными запросами, по таблице установить одну часть ключа, а затем быстрым перебором остальных бит восстановить недостающую часть и получить ключ полностью.

Поскольку разработанная голландцами атака предназначена лишь для подтверждения концепции, а не для реальных хищений личности через клонирование карт, при демонстрации потребовалось многократное опрашивание карты-жертвы для конструирования просмотровой таблицы.

Для записи результатов всех этих попыток «неудачной» аутентификации в компьютер потребовалось несколько часов. Однако даже такой – не особо элегантный способ – можно реализовать и в жизни, если найти возможность незаметно расположить антенну картридера поблизости от карты жертвы на несколько часов.

Кроме того, вполне просматриваются способы оптимизации атаки и радикального сокращения числа опросов карты-жертвы, что делает атаку совсем простой и быстрой.

Эксплуатация слабостей и контрмеры

Как только секретныйкриптоключ извлечен из чипа карты, появляются самые разные возможности для злоупотреблений. Насколько тяжкими будут последствия злоупотреблений, зависит от конкретной ситуации.

Если все карты доступа имеют один и тот же ключ, то вся система контроля оказывается в высшей степени скомпрометирована и уязвима. Оценить масштабы такой уязвимости в цифрах, правда, не представляется возможным, поскольку открытой информации об объектах, охраняемых с помощью MifareClassic, никто не публикует.

Но необходимо подчеркнуть, что именно для такой ситуации голландская группа продемонстрировала реальную атаку, когда карта-пропуск одного из сотрудников университета была «незаметно» для него опрошена и клонирована с помощью

портативного картридера. Понятно, что человек, личность которого похищают, может быть совершенно не в курсе того, что здесь происходит.

В ситуациях, когда используются диверсифицированные ключи, простор для злоупотреблений существенно сужается. Атаки здесь более сложны, однако явно не выглядят невозможными. Впрочем, никаких реальных атак в данном направлении голландцами пока не демонстрировалось.

На техническом уровне никаких известных контрмер для данной атаки не просматривается. Экранирование карты в те моменты, когда она не используется, например в металлическом контейнере, сокращает, конечно, риски тайного считывания чипа. Однако в те моменты, когда карта используется, становится возможен и перехват сигналов, если скрытая антенна расположена неподалеку от поста контроля доступа.

По этой причине специалистами крайне рекомендуется усиление традиционных мер контроля. Доступ на охраняемые объекты необходимо защищать сразу несколькими способами, среди которых RFID-карта обеспечивает лишь один из механизмов контроля.

Проблемы и вопросы

Всякий раз, когда серьезные и ответственные исследователи обнаруживают дыры в защите распространенных систем, неизбежно встает сложная дилемма – как поступать с этой информацией.

Немедленная открытая публикация со всеми подробностями гарантированно простимулирует рост злонамеренных атак и очевидно нанесет обществу вред. Если же надолго задержать информацию в секрете, то практически наверняка никто сам не станет предпринимать дополнительных шагов для усиления защиты.

Поэтому раскрытие уязвимостей обычно сводится к компромиссу, который пытается сбалансировать все опасности тем, что критичные подробности публикуются с задержкой, предоставляющей время на исправление дефектов защиты.

Конкретно в ситуации со взломом MifareClassic и голландские, и немецкие хакеры пошли именно по этому пути – своевременно предупредив сообщество безопасности и заинтересованные инстанции об угрозе, но удержав при себе принципиально важные детали об устройстве слабой криптосхемы.

При этом каждая из сторон, участвовавших во вскрытии, сочла необходимым в очередной раз раскритиковать пристрастие изготовителей к явно порочной концепции «безопасность через неясность». Ибо совершенно очевидно, что безусловно слабый алгоритм Crypto1 никогда бы не попал в повсеместно распространенные смарт-карты, пройди он через открытую независимую экспертизу.

Но проблему можно сформулировать и несколько иначе. Богатый опыт свидетельствует, что практически ни разу при вскрытии хакерами секретной проприетарнойкриптосхемы не обнаруживалось сильного алгоритма, превосходящего открытые и хорошо известные.

Из этого сам собой напрашивается вывод, что секретные схемы для того и удерживают в тайне, дабы их слабости, обеспечивающие быстрое вскрытие, были известны лишь тем, «кому надо». Но вот надо ли это?

Литература

1. Juels A. RFID securityandprivacy: A researchsurvey //IEEE journalonselectedareasincommunications. – 2006. – Т. 24. – №. 2. – С. 381-394.
2. Want R. Anintroductionto RFID technology //IEEE pervasivecomputing. – 2006. – Т. 5. – №. 1. – С. 25-33.
3. Haselsteiner E., Breitfuß K. Securityinnearfieldcommunication (NFC) //Workshopon RFID security. – 2006. – С. 12-14.
4. Bhuptani M., Moradpour S. RFID fieldguide: deployingradiofrequencyidentificationsystems. – PrenticeHall PTR, 2005.

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПИТАНИЯ RFID ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

Сарайкин Д. С.
Научный руководитель: асс. Милешин С.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

ANALYSIS AND COMPARISON OF POWER METHODS OF RFID PRESSURE GAUGES

Saraykin D. S.
Scientific adviser: ass. Mileshin S.A.
BMSTU, department IU4, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются способы обеспечения электропитания RFID датчиков давления, используемых для контроля целостности уязвимой поверхности. Подробно исследованы достоинства и недостатки каждого метода подвода необходимой для работы электроэнергии к RFID датчикам давления, при использовании их в сетях обнаружения малых значений изменения давления. Сделаны выводы и приведены рекомендации по электропитанию рассматриваемых RFID датчиков давления.

Abstract
The article discusses ways to provide power to RFID pressure sensors used to monitor the integrity of a vulnerable surface. The merits and demerits of each method of supplying the energy necessary for the operation of RFID pressure sensors, when used in networks for detecting small values of pressure changes, are thoroughly investigated. The article discusses ways to provide power to RFID pressure sensors used to monitor the integrity of a vulnerable surface. The merits and demerits of each method of supplying the energy necessary for the operation of RFID pressure sensors, when used in networks for detecting small values of pressure changes, are thoroughly investigated. The conclusions and recommendations for the power supply of the RFID pressure sensors under consideration are drawn.

Введение

В настоящее время налажено производство датчиков давления, чувствительными элементами которых являются интегральные кремниевые преобразователи, использующие свойства монокристаллического кремния [1]. От аналогов такие датчики выгодно отличаются малыми размерами, высокой чувствительностью (благодаря уникальным свойствам упругости монокристаллического кремния) к малейшим значениям давления и возможностью выстраивания их в сеть для наблюдения за объектами со значительной площадью наблюдаемой поверхности. Из весомых недостатков можно выделить хрупкость кремниевых датчиков. Использования таких датчиков позволяет контролировать надежность конструкций, уязвимых к дефектам из-за малейших перепадов давления [2].

Использование технологии RFID (Radio Frequency IDentification) в конструкциях с кремниевыми датчиками позволяет считывать данные на расстоянии, не прибегая к проводным соединениям и любым физическим контактам считывателя данных и хрупкого датчика.

Целью данной работы является описание методов питания RFID сенсоров, проведение их оценки и предложены наиболее рациональные решения проблемы. Данная работа является актуальной, так как существует необходимость в эффективных методах слежения за целостностью конструкций с помощью сенсоров.

1 Классификация RFID-меток по источнику питания

Существует три основных способа питания RFID-меток:

1) Пассивное питание

Наиболее популярный метод питания RFID устройств, при котором полностью отсутствует собственный внутренний источник электроэнергии [3]. Для питания применяется электроэнергия, индуцируемая полем электромагнитного приемопередатчика (рис. 1). Индуцируемого в цепи системы тока необходимо и достаточно для обеспечения работы кремниевого CMOS-чипа и отправки информационного сигнала считывателю.

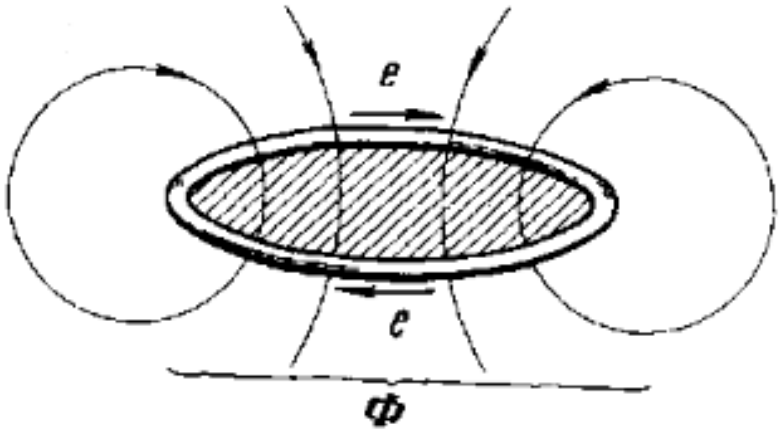


Рис. 1. Индуцирование тока магнитным полем

Такие метки, как правило, встраивают в тонкие наклейки, используемые на упаковках продуктов массового производства. Также такие чипы можно встраивать под кожу живым организмам, благодаря миниатюрным реализациям близким к размеру рисовой крупы (производства VeriChip).

К RFID, применяемых в датчиках давления, можно отнести RFID сенсоры компании Hitachi. В 2006 Hitachi представила чип (рис. 2) на новой технологии под названием μChip (мю чип). Толщина такого чипа не более 8 мкм, с квадратной формой, площадью 0,023 мм^2 и дальностью передачи информации около 30 см. При такой степени интеграции возможно изготовление чипа по технологии «кремний на изоляторе». μChip способен отправлять 128-битную посылку в виде ID номера, записанного в процессе изготовления микросхемы. Этот номер невозможно изменить в готовом чипе, благодаря чему устройство надежно, защищено от постороннего воздействия и обладает гарантированно уникальным номерным идентификатором. Существуют модификации этого чипа с возможностью незаметно встроить в тонкий лист [4].

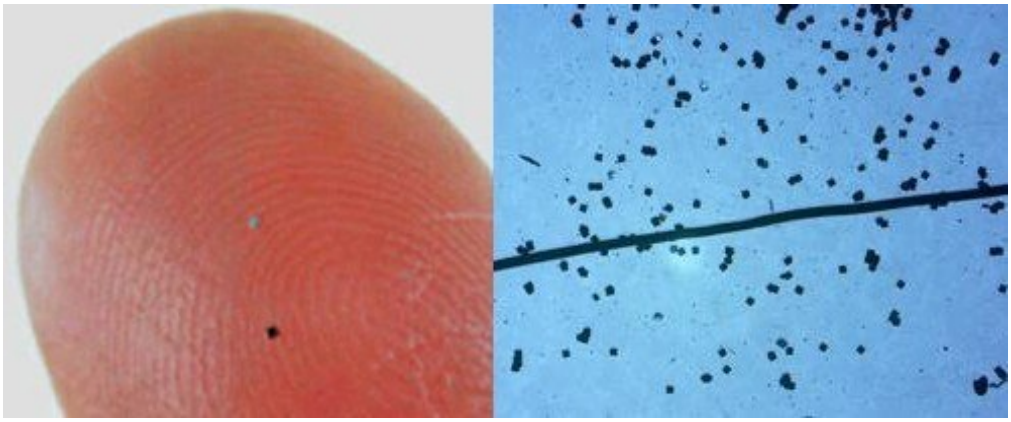


Рис. 2. RFID чип компании Hitachi

Благодаря компании Alien Technology цена на RFID метки с данным типом питания снизилась. Этому способствовала разработка технологии массового параллельного производства. В результате разработки меток данного типа электропитания с использованием наиболее эффективных технологических процессов получается производить более от 2 до 70 миллионов кремниевых пластин в час. В таких технологических процессах монтаж антенны и чипа (рис. 3) – самая продолжительная и дорогая стадия производства. Вместе со стандартизацией, в совокупности такой подход к массовому производству позволил RFID меткам с пассивным методом питания стать наиболее дешевым вариантом на рынке.

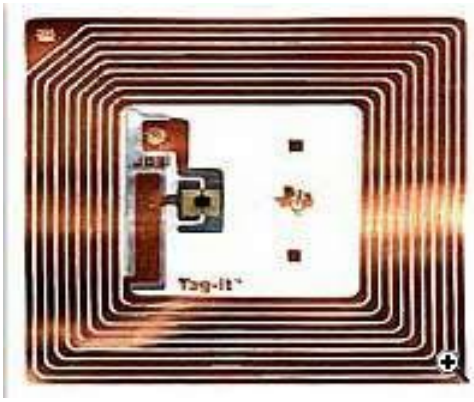


Рис. 3. Чип с антенной RFID метки

2) Активное питание

RFID метки с данным типом питания независимы от приемопередатчика и получают электроэнергию из собственной батарейки (рис. 4). Благодаря этому они считываются на большем расстоянии и могут быть усовершенствованы дополнительной электронной начинкой. Но активные устройства имеют значительные габариты и конечное время работы на одном заряде батарейки.

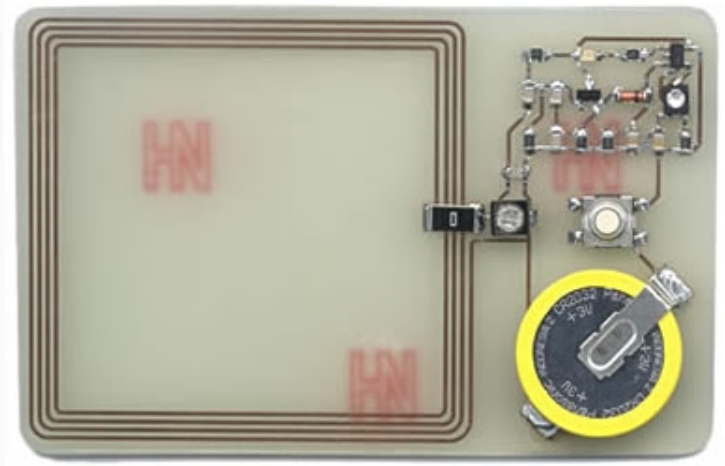


Рис. 4. Устройство на основе RFID с батарейкой в правом нижнем углу

Использование собственного источника энергии обеспечивает надежность и точность при считывании большого пакета данных. Сигнал от таких меток может распространятся в сложных для радиочастотного сигнала средах, например, в металлах и воде. Некоторые дорогие и громоздкие RFID метки с активным питанием способны передавать сигнал на расстояниях более 100м, при заряде батареи на 10 лет [5].

3) Полупассивное питание

RFID метки на основе полупассивные можно также назвать полуактивными. Больше близки к пассивным, но имеют отдельную батарейку исключительно для питания чипа. Дальность обмена информацией зависит исключительно от чувствительности приемника. Как правило, такие метки работают на большем расстоянии и обладают лучшими техническими параметрами.

Такие метки дороже пассивных и бесполезны при разряде батарейки, так как она встроена в схему с отсутствием возможности простой замены.

Заключение

В результате изучения метода питания RFID меток были описаны все возможные методы питания устройства. Подробно описаны достоинства и недостатки, приведены относительные сравнения между ними.

Для использования в RFID датчиках давления с целью контроля поверхности выгодней всего использовать пассивный метод питания. Этому способствует дешевизна и малые размеры, что позволяет выстроить метки в практически любую сеть. Такие сети не будут сообщать об изменении давления в реальном времени, но их можно использовать при плановых проверках, например, обшивки самолета или кабины пилота при техническом обслуживании с помощью считывателя.

Также можно использовать полупассивные метки. В этом случае потребуются плановые замены RFID датчиков в сети. Стоить такие сети будут дорого, кроме того потребуются регулярные замены.

От активного питания следует воздержаться из-за крайней нерентабельности. Они позволят контролировать поверхность в реальном времени, но требуют регулярных плановых проверок.

Таким образом можно сделать вывод, что лучше всего использовать пассивный (или полупассивный в редких случаях) метод питания RFID меток при использовании в сетях RFID датчиков давления.

Литература

1. Сергеева Н.А, Цивинская Т.А., Шахнов В.А. Контрольно-измерительные МЭМС с использованием малогабаритных чувствительных элементов из монокристаллического кремния // Датчики и системы. 2016. №3.
2. Аваева Л.Г., Сергеева Н.А. , Милешин С.А., Цивинская Т.А. Разработка чувствительных элементов из монокристаллического кремния для контрольно-измерительной техники // Датчики и системы. 2013.
3. Сандип Лахири. RFID. Руководство по внедрению = The RFID Sourcebook / Дудников С.. — М.: Кудиц-Пресс, 2007. — 312 с.
4. Маниш Бхуптани, Шахрам Морадпур. RFID-технологии на службе вашего бизнеса = RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems / Троицкий Н.. — Москва: «Альпина Паблишер», 2007. — С. 70. — 290 с.
5. Максим Власов. RFID: 1 технология – 1000 решений: Практические примеры использования RFID в различных областях. — М.: Альпина Паблишер, 2014. — 218 с.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке
по Соглашению №2.4176.2017/ПЧ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Силаев В.М., Тюрин И.Ю., Забнев В.С.
Научный руководитель: доц. Соловьев В.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ-4, Москва, Россия

METHODS AND TOOLS FOR AUTOMATIC MORPHOLOGICAL ANALYSIS

Silaev V.M., Tyurin I.U., Zabnev V.S.
Supervisor: Soloviev V.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье представлен анализ методики автоматического морфологического анализа. Кратко рассмотрены данные использования российского поискового сервиса в мире. Подробно представлен механизм морфологического анализа и реализации нахождения основы слова. Дана обобщенная классификация областей применения стеммера. В заключении даны рекомендации по направлениям дальнейших исследований рассматриваемой области.

Abstract
The article presents an analysis of the automatic morphological analysis techniques. Let us briefly consider the use of data-Ny Russian search service in the world. Details presented mechanism of the morphological analysis and implementation of finding word bases. Dana generalized classification applications stemmer. In conclusion, recommendations on areas for further research investigations, the area under consideration.

Введение

В последние годы все большее внимание уделяется методам морфологического анализа, в том числе в конструировании. Илья Валентинович Сегалович в 1998 году разработал стеммер (стеммер – конкретная реализация способа решения задачи поиска основы слова), который обеспечивает реализацию процесса нахождения основы слова для заданного исходного слова [1]. Данное решение получило название MyStem и в настоящее время принадлежит «Яндексу». На начальном этапе работы используется дерево суффиксов, которое позволяет определить возможные границы между основой и суффиксом во входном слове, далее для каждой предполагаемой основы бинарным поиском по дереву основ проверяется её наличие в словаре либо нахождение максимально похожих основ. В случае, если слово словарное - алгоритм завершает работу, либо продолжает следующее разбиение. Если вариант основы исходного слова не совпадает со словарными основами, то это говорит о том, что рассматриваемое слово с данным вариантом основы отсутствует в словаре. В таком случае генерируется возможная модель изменения данного слова по имеющейся основе, суффиксу и модели близкой формы словарной основы. Гипотеза сохраняется, а если уже существует - увеличивает свой вес. Если отсутствует в словаре - на единицу уменьшается длина требуемого общего окончания основ, производится осмотр дерева на предмет новых гипотез. Если длина общего “хвоста” становится равной двум, поиск останавливается и гипотезы сравнивают по продуктивности: если их вес в пять и более раз меньше самого большого веса - такая гипотеза отсеивается. В результате работы стеммера получаются наборы гипотез для несуществующего или одна гипотеза для словарного слова [1].

1 Области применения алгоритма Сегаловича

На данный момент поисковая система “Яндекс” находится на четвертом месте среди поисковых систем всего мира по количеству обработанных поисковых запросов.

Согласно рейтингу alexa.com, сайт yandex.ru по популярности занимает 24-е место в мире и первое в России. Поисковая система используется пользователями со всего мира, основная аудитория - страны СНГ, Украина, Турция.

Стоит отметить высокое проникновение поисковой системы в России и в мире как на стационарных устройствах (персональные компьютеры), так и на мобильных платформах. Сведения с сайта similarweb.com демонстрируют актуальность Яндекса в мире. На рисунке 1 представлены данные использования поискового сервиса yandex.com в США, России, Индии, Великобритании и Германии [1].

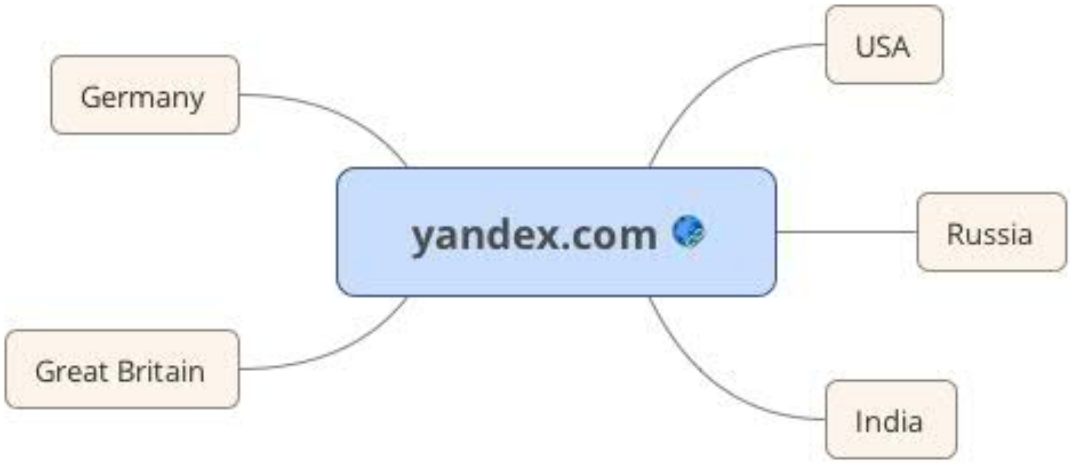


Рис. 1. Страны, использующие поисковый сервис

Алгоритм применяется в поисковой системе Яндекс для расширения поискового запроса пользователя, является частью процесса нормализации текста. Он используется в качестве приближенного метода для группировки слов с похожими основными значениями.

Данный метод используется как оболочка над наиболее популярными поисковыми механизмами из тех, которые не имеют собственных средств работы с русской морфологией – зарубежной Alra Vista и отечественным Rambler-ом.

Описанный алгоритм используется при построении полнотекстовых поисковых систем с учетом морфологии русского языка в продуктах серии электронных научных изданий (ЭНИ), разрабатываемых НТЦ «Информрегистр», ИМЛИ им. М.Горького РАН и фирмой CompTek International. Как яркий пример – есть продукт из этой серии – “Информ- Норматив”, он содержит тексты стандартов (ГОСТы, ANSI, ISO, IEC, CCITT, ECMA), правовых документов, классификаторов (ОКС,ГРНТИ,УДК,ОКП).

В ЭНИ имеется конкорданс корпуса текстов, который является частью поисковой системы. В частности, при лексическом поиске посредством конкорданса для всех слов из запроса синтезируются все словоформы; после этого «расширенный» запрос передается поисковому механизму для осуществления поиска. Очевидно, что чем полнее и точнее будет представлена лексика корпуса текстов в конкордансе, тем качественнее будет лексический поиск.

Так же он используется при анализе предметных областей или анализа линейки продуктов в программной инженерии, с помощью алгоритма Сегаловича строятся словари этих областей. Это процесс анализа соответствующих программных систем в домене, чтобы найти их общие и переменные части.

2 Преимущества и недостатки алгоритма

Исходными данными для алгоритма являются список уникальных ключей вида {основа, идентификатор лексемы, номер основы в лексеме} по всем основам всех лексем словаря и унифицированный список окончаний всех лексем словаря. Следует отметить значимость идеи хранения списков в инверсионном алфавитном порядке: основы слов с одинаковым или сходным типом словоизменения в этом списке, как правило, находятся рядом.

Точность этой модели на русском языке достигает 95,9% (по тексту леммы), в то время как точность простого выбора леммы с самой частотной схемой (baseline) равна 90%.

Достоинства метода:
- простота алгоритма;
- простота словарей системы;
- определение словоформ, отсутствующих в словаре.

Недостатки метода:
- используется только для анализа форм слов;
- реализация только для русского языка;
- ориентация на флективный анализ по окончанию;
- отсутствие обработки аналитических форм слов.

3 Перспективные направления дальнейших исследований

Одним из песпективных направлений дальнейших исследований является реализация возможности применения алгоритма для других языков. На рисунке 2 представлены возможные перспективные направления дальнейших исследований.

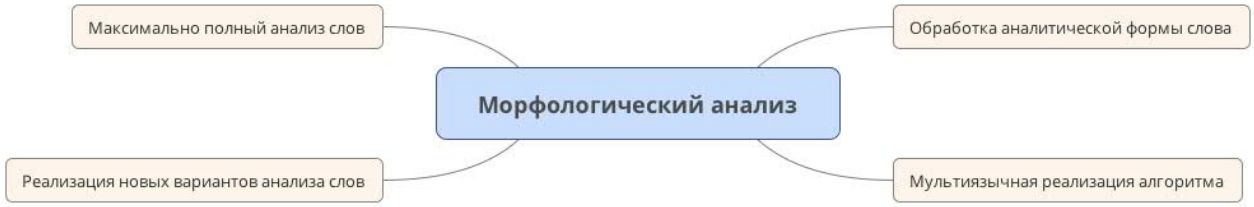


Рис. 2. Перспективные направления дальнейших исследований

Первоначальный алгоритм применим для флективных языков, таких как: немецкий, латинский, русский. В ходе дальнейших исследований рекомендуется реализовать возможность определения части речи и добавить обработку аналитических форм слов.

Заключение

В работе рассмотрен принцип работы алгоритма Сегаловича и даны рекомендации для дальнейших исследований в данной области.

Дальнейшие исследования в данной области будут посвящены классификации гибридных тестовых функций, а также сравнению эффективности предложенного метода декомпозиции с традиционным.

Литература

1. Сегалович И., Маслов М. Русский морфологический анализ и синтез с генерацией моделей словоизменения для неописанных в словаре слов // Тр. Междунар. сем. по компьютерной лингвистике и её приложениям Диалог-98. М., 1998. Т.2. С. 547-552.
2. Соловьев В.А. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ДИПЛОМНЫХ РАБОТАХ И МАГИСТЕРСКИХ ДИССЕРТАЦИЯХ // Управление качеством инженерного образования. Возможности ВУЗов и потребности промышленности Тезисы докладов второй международной научно-практической конференции. 2016. С. 183-184.
3. Власов А.И., Журавлева Л.В., Резчикова Е.В., Макушина Н.В., Шахнов В.А., Чебова А.И. ОНТОЛОГИЯ НАНОИНЖЕНЕРИИ // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 12-1 (19). С. 50-67.
4. Резчикова Е.В., Власов А.И. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПТ - КАРТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ТРИЗ // ТРИЗ. Практика применения методических инструментов Сборник докладов. под ред. Яковенко С., Митрофанов В., Кудрявцев А. 2011. С. 140-145.
5. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ - Москва, Форум. 2008. 381 с.
6. Журавлева Л.В., Камышная Э.Н. КАРТИРОВАНИЕ ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ НЕОЛОГИЗМОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ // Евразийский союз ученых. 2014. № 6-3. С. 152-155.
7. Власов А.И., Журавлева Л.В., Тимофеев Г.Г. МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИОННОГО ВИЗУАЛЬНОГО СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ МИКРО-/НАНОСИСТЕМ // Научное обозрение. 2013. № 1. С. 107-111.
8. Журавлева Л.В. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА // Интеллектуальные системы 2012. С. 576-579.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА АНАЛОГИЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ХРАНЕНИЯ КАБЕЛЕЙ

Трифонов А.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Резчикова Е.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

USING ANALOGIES TOOL FOR GENERATING TECHNICAL SOLUTIONS CABLE STORAGE

Trifonov A.A.
Supervisor: Ph.D., Assoc.Prof. Rezchicova E.V.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются применения инструмента аналогии для нахождения решения проблемы хранения кабелей. Кратко представлены результаты применения аналогии и приведены возможные решения поставленной задачи. В заключении представлены рекомендации по применению аналогий для решения изобретательских задач и принятия решений.

Annotation
This article discusses the use of a tool for finding similar cable storage solutions. About the results of the use of analogy are possible to solve this problem. In conclusion, recommendations on the use of analogies to inventive problem solving and decision making.

Введение

Понятие "аналогия" происходит от греческого слова "analogia" оно означает соответствие (сходство) нетождественных объектов в присущих им отдельных сторонах, качествах или отношениях. Аналогия как инструмент решения задач с давних пор используется в качестве научного метода и до сих пор не утратила своей прагматичности, позволяя получать адекватные результаты.

Аналогия как инструмент выполняет множество функций. Наиболее важные из них для применения к техническим проблемам следующие:

- эвристическая - такие аналогии позволяют открывать новые факты, явления, наводить на новые идеи;
- объясняющая - аналогии используется для интерпретации важных, но недостаточно изученных объектов и явлений;
- доказательная - строгая аналогия может выступать в качестве доказательства или использоваться в аргументации, приближающейся к доказательству;
- гносеологическая - аналогия выступает в качестве инструмента познания.

В рамках данной статьи будем использовать эвристическую функцию аналогии для решения поставленной задачи.

1 Постановка задачи и порядок действий

В рамках данной статьи основной решаемой проблемой является сложность хранения разнообразных электрических кабелей для электронной аппаратуры. Отсюда возникает следующая постановка задачи: «как организовать такую систему хранения кабелей, чтобы она обеспечивала как можно более удобный и быстрый доступ к необходимому кабелю и чтобы кабели занимали наименьшее место в помещении». Чтобы решить данную проблему с помощью аналогий необходимо понять что такое «аналогия» и как ее правильно использовать.

С теоретической точки зрения, аналогия как метод относится к виду традуктивных умозаключений (traductio - перенесение признаков с изученного сравниваемого объекта на другой - исследуемый).

При использовании такого инструмента, как аналогии, необходимо придерживаться некоторого порядка действий:

1) Определить, относятся ли избранные для аналогии примеры к одному и тому же классу.

2) Установить, в чем же состоят существенные (важнейшие) признаки примеров, между которыми будет проводиться аналогии и найти этих признаков как можно больше.

3) Выявить, имеется ли значительное сходство в этих признаках у примеров явлений, которые представляются аналогичными.

4) Выявить связи сходных признаков с переносимыми. Связь признака, относительно которого делается вывод, с обнаруженными в соотносимых объектах общими признаками должна быть возможно более тесной.

5) Не стремиться формировать аналогии, которые вели бы к заключению о сходстве соотносимых объектов во всех признаках.

6) Не использовать аналогии имеющие сходство с исследуемым объектом по второстепенным (несущественным) признакам, она может оказаться неточной или даже ложной.

2 Первое решение и первая аналогия

Первая аналогия, которая может решить поставленную задачу это нитки и катушка, такие как показаны на рисунке 1.

Рис. 1. Аналогия катушки и ниток

Если разобрать данный пример то можно увидеть следующие аналогии: нитка это кабель, катушка это бобина (так же называемая катушка для кабеля). Оба эти примера имеют схожие свойства. Таким образом, можно сформировать первое возможное решение: использование катушек для хранения кабелей аналогично наматыванию нитки на катушку, как показано на рисунке 2.

Рис. 2. Катушка для кабелей

Достоинством такое решения является его простота реализации и небольшая стоимость, а также удобство и доступность к каждому кабелю.

При этом у такого решения есть несколько недостатков: если кабель достаточно толстый, то радиус скругления кабеля будет достаточно большим что даст большие габариты катушки, что для тесного помещения не самый лучший вариант. Так же для каждого кабеля понадобится своя бобина, что также не уменьшит габариты.

3 Второе решение и вторая аналогия

Для нахождения следующего решения обратимся к другой аналогии: чтобы сэкономить место при сушке лука его подвешивают к потолку как показано на рисунке 3. Эта аналогия поможет решить проблему минимизации габаритов, так как в большинстве случаев в помещениях стены и потолок используются неэффективно или вообще не используются, таким образом, данное решение имеет место быть, то есть можно хранить кабели в подвешенном состоянии.

Рис. 3. Лук в подвешенном состоянии

Достоинством данного метода является уменьшение занимаемого места кабелями по сравнению с предыдущим методом.

Недостатком в данном случае является то, что если кабель достаточно длинный, то он все равно будет занимать много места при этом эффективнее, чем предыдущий пример.

Используемая аналогия является достаточно эффективно, но в ней не учитывается, что кабели могут располагаться неудобно или достаточно близко друг к другу. Для решения этой проблемы обратимся к следующей аналогии.

4 Третье решение и третья аналогия

Так как предыдущие решение не обеспечивало «подвижность» работы с кабелями: их нельзя перемещать в плоскости (например, отделить одну группу кабелей от другой) то следует «улучшить аналогию». Обратимся к следующей аналогии: жалюзи с вертикальными пластинами могут сходиться и расходиться, что обеспечит необходимую подвижность при работе с подвешенными кабелями. Пример таких жалюзи показан на рисунке 4.

Рис. 4. Жалюзи как пример аналогии

На жалюзи каждая пластина оснащена своим бегунком, что позволяем им двигаться в горизонтальной плоскости. Если применить такой же подход к нашей задаче, то получится, что каждый подвешенный кабель сможет двигаться в плоскости и можно отодвигать другие кабели в разные стороны что повысит эффективность хранения проводов.

Для того чтобы иметь быстрый поиск нужного кабеля обратимся к аналогиям еще раз. В магазинах используют штрих-код для нахождения цены нужного товара, в нашем случае будем использовать бирку с QR-кодом в котором будет вся необходимая информация о кабеле. Пример такой реализации показан на рисунке 5.

Рис. 5. Кабель с биркой QR-кода

Еще аналогией для быстрого поиска кабелей может служить радуга: каждому бегунку присваивается свой цвет и на кабель крепится маркер того же цвета, теперь при работе с кабелями можно сразу определить куда возвращать кабель.

Заключение

Преимущество использования аналогий как инструмента решения задач состоит в том, что данный метод является универсальным средством принятия решений и умозаключений. Еще одним достоинством применения аналогий является ее распространенность в повседневной жизни. Большинство свойств предметов, которые мы видим можно использовать для решений, казалось бы, нерешаемых задач, другими словами множество технических задач можно решить, применив аналогии на вещи окружающие нас.

Литература

1. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. — М.: Московский рабочий. —1973.
2. Альтшуллер Г. С. Основы изобретательства — Воронеж: Центрально-Чернозёмное издательство. — 1964.
3. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л. , Зусман А. В. Поиск новых идей: от озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач). — Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1989.
4. Буш Г.Я. Аналогия и техническое творчество. – Рига: Авотс, 1981.
5. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ, 2008. – 384 с.

РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПО ЗАМЕНЕ NI-CD АККУМУЛЯТОРА ЭЛЕКРИЧЕСКОЙ ОТВЁРТКИ ПУТЁМ РЕВЕРС-ИНЖЕНИРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ

Умбатова М. Э.
Научный руководитель: Арабов Д. И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

THE SOLUTION OF THE PRACTICAL PROBLEM REPLACING NI-CD BATTERY IN SCREWDRIVER THROUGH REVERS-ENGINEERING TECHNOLOGY USING 3D-PRINTING

Umbatova M. E.
Supervisor: Arabov D. I.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассмотрено решение практической задачи по замене вышедшего из строя Ni-Cd аккумулятора и упрощение конструкции блока экспериментальным путем с использованием технологии 3D-печати. Особое внимание уделено итерационному процессу устранения ошибок, выявленных практическим путём.

Annotation
In this paper, we outline the solution of practical problem replacing the failed Ni-Cd battery and reversing detail experimentally using 3D-printing technology. We also discuss the iterative process to eliminate errors identified practical way.

Введение

В настоящее время, технологии 3D-печати охватывают всё большие масштабы использования. 3D печать или «аддитивное производство» - процесс создания цельных трёхмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями.

1 Постановка задачи

Имелась в быту удобная, компактная электрическая отвёртка (далее – устройство), работающая на Ni-Cd аккумуляторах. Ввиду химических свойств и так называемому «эффекту памяти» аккумуляторы выработали свой ресурс. И проблема была в том, что не было возможности заменить блок (детали отсутствовали на рынке зап. частей, а сам блок - неразборный). В связи с чем основной задачей было вернуть к жизни устройство, внеся некоторые коррективы в корпус для дальнейшего удобного использования и создание возможности замены аккумуляторов.

2 Снятие размеров, моделирование и первая печать

Прежде чем приступить к работе, необходимо было снять размеры образца. Обратная инженерия проводилась классическим путем снятия размеров с детали посредством штангенциркуля. Вооружившись основами инженерной графики, был сделан эскиз образца (Рис. 1). Поскольку сказано, что поставленная задача решается экспериментальным путём с итерационным использованием технологии 3D-печати, нужно было проверить, насколько точно были сняты размеры.

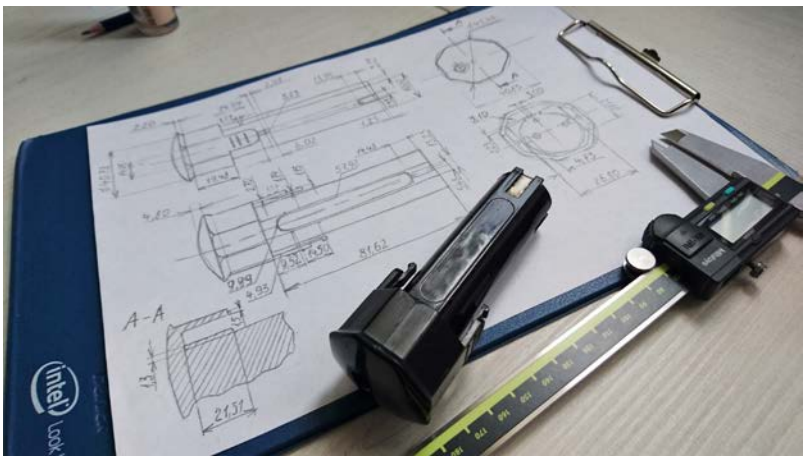


Рис. 1. Эскиз образца

Поэтому, дальнейшая задача состояла в том, чтобы на основе имеющихся размеров построить модель в среде САПР – Autodesk Fusion 360 (Рис. 2) и подготовить деталь на печать.

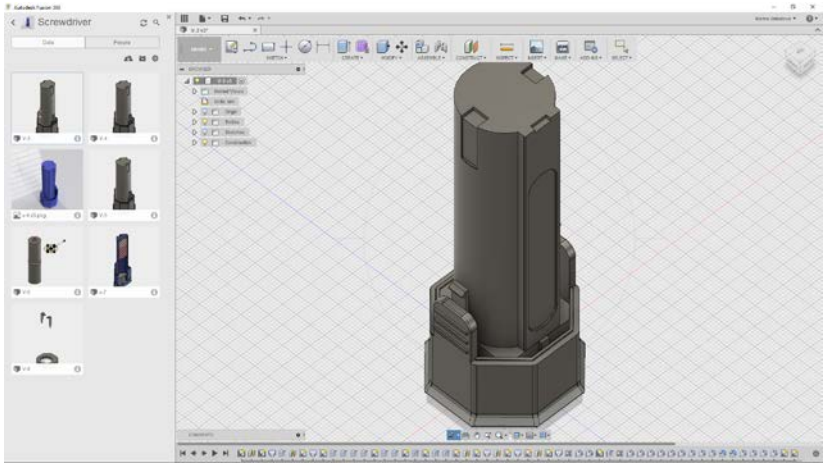


Рис. 2. Первая модель в среде разработки Autodesk Fusion 360

Печать монолитного образца, имеющего размеры 100x40x40 мм, при наименьшей толщине слоя – 0,6 мм заняла около 12 часов.

В качестве входного файла, принтер принимает данные трёхмерной модели в формате STL, и наносит последовательные слои жидкого термопластика, выстраивая трехмерную модель из серии поперечных сечений. Эти слои, соответствующие виртуальным поперечным сечениям в САПР-модели, соединяются или сплавляются вместе для создания объекта представленной формы.

3. Выявление ошибок, повторное моделирование и печать

После первой печати были обнаружены некоторые мелкие неточности и основная ошибка, совершённая при снятии размеров: не была учтена главная особенность детали – цилиндр стоял не ровно по центру, а был немного смещён к краю (Рис. 3) (такое допущение произошло из-за свойства человеческого восприятия идеализировать вещи).

К качеству печати претензий в ходе работы не возникло. Имеющейся 3D-принтер Stratasys задаёт общий допуск отклонения физической модели от геометрической на +/-0,1 мм.

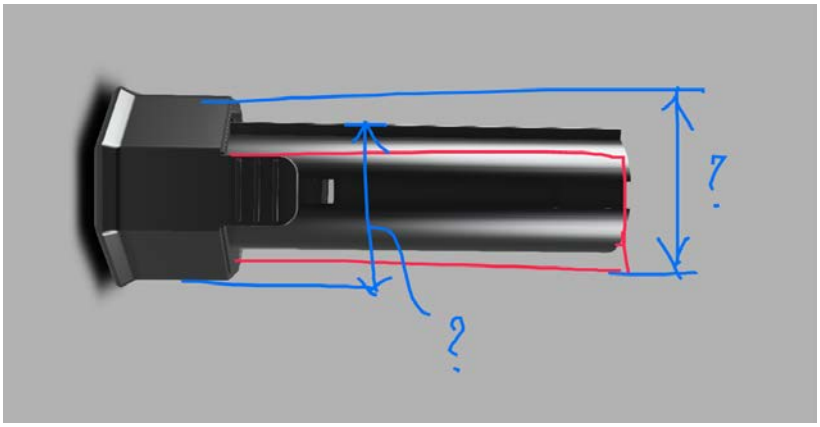


Рис. 3. Комментарий про несимметричность детали в среде A360

Ошибки и некоторые неточности были быстро и без труда устранены, благодаря удобству использования САПР и возможности работать совместно на удалённом доступе, посредством облачной технологии Autodesk A360.

4. Построение внутренней оболочки корпуса, упрощение и печать

Поскольку теперь уже все размеры сняты точно в пределах погрешности и образец подходит к устройству (Рис. 4), можно было переходить к следующему этапу.

Рис. 4. Демонстрация подходящей модели

Для выявления внутренней поверхности образца, было необходимо его разобрать. В ходе разборки также стало ясно, как аккумуляторы крепятся к блоку и как реализован модуль зарядки (Рис. 5).

Рис. 5. Корпус образца, неработающий аккумуляторный блок и распечатанная модель

Далее задача состояла в том, чтобы повторить внутреннюю конструкцию таким образом, чтобы легко было заменять аккумуляторы. С последующим упрощением устройства без нанесения вреда работоспособности. В ходе нескольких итерационных действий моделирование – печать, было принято решение, что блок можно разделить на 3 составляющие: капсуль, вмещающий в себя аккумуляторы, имеющий желобы для проводов (Рис. 6); соединительное звено между капсулем и отвёрткой, повторяющий упрощённую форму исходного образца (Рис. 7) и крышка (Рис. 8).

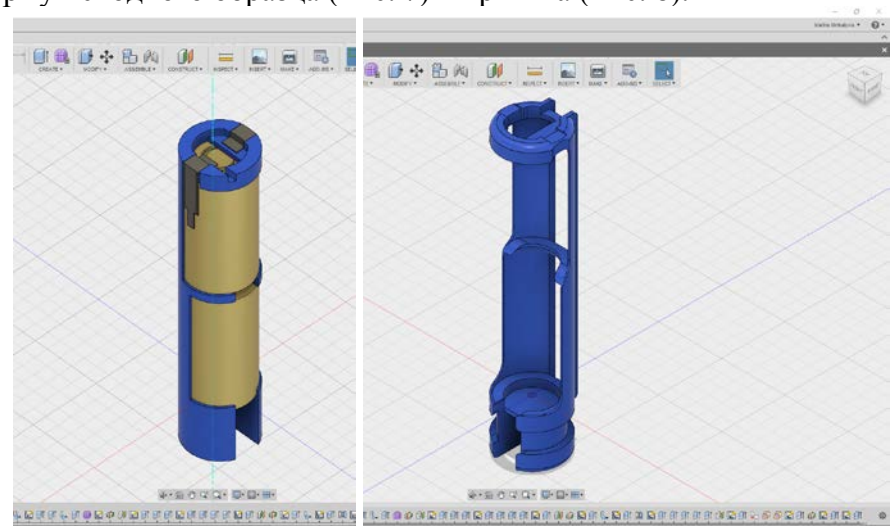


Рис. 6. Капсуль с батареями (слева), капсуль без батарей (справа)

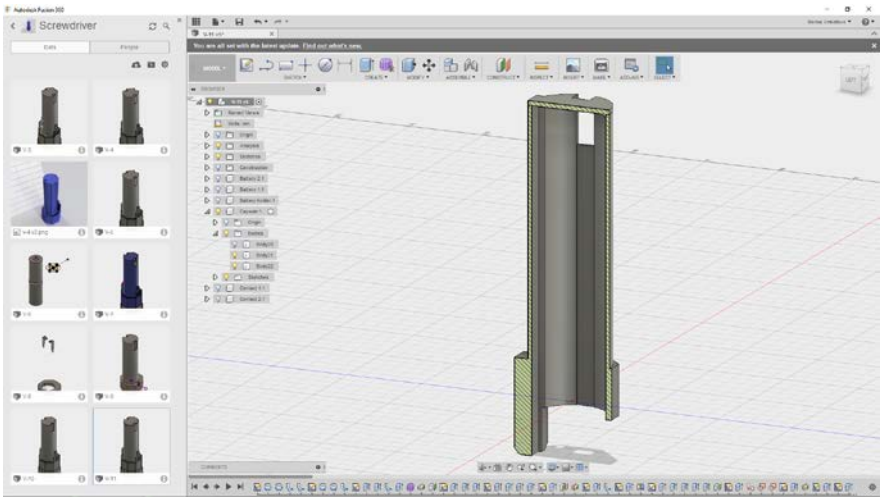


Рис. 7. Соединительное звено между капсулем и устройством в разрезе

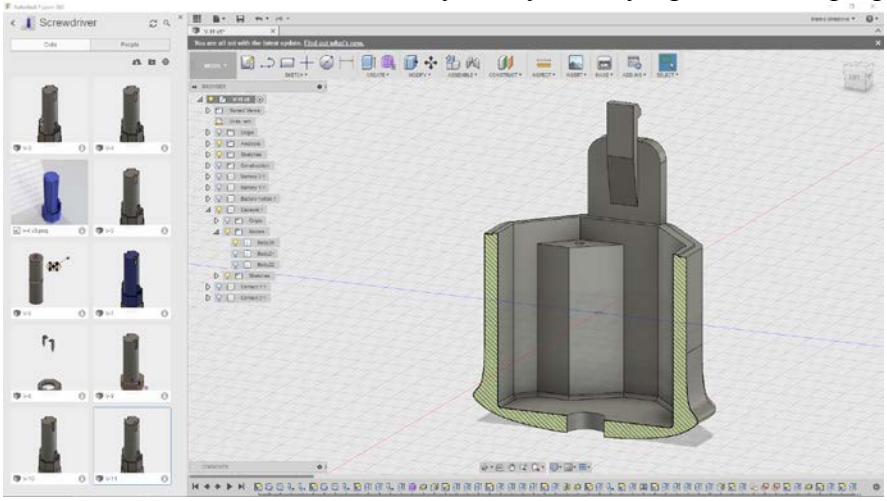


Рис. 8. Крышка аккумуляторного блока в разрезе

Важно заметить, что при печати также необходимо было учитывать анизотропию материала (между слоями прочность меньше, чем вдоль слоёв). Особенно это касается защёлок.

С учётом вышеуказанного фактора, детали были отправлены на печать. Спустя примерно 14 часов можно было собирать блок и проверять его на работоспособность.

Здесь стоит отметить, что в настоящее время доступен широкий выбор методов аддитивного производства. Основные различия заключаются в методе нанесения слоев и используемых расходных материалах. Некоторые методы основываются на плавке или размягчении материалов для создания слоев: сюда входит выборочное лазерное спекание (SLS), выборочная лазерная плавка (SLM), прямое лазерное спекание металлов (DMLS), печать методом послойного наплавления (FDM или FFF). Другим направлением стало производство твердых моделей за счет полимеризации жидких материалов, известное как стереолитография (SLA). В случае с ламинированием листовых материалов (LOM), тонкие слои материала подвергаются резке до необходимого контура, с последующим соединением в единое целое. В рамках поставленной задачи мы используем печать методом послойного наплавления FDM.

Таблица 1 - Основные методы аддитивного производства

Метод	**Технология**	**Используемые материалы**
Экструзионный	Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	Термопластики (полилактид (PLA), акрилонитрилбутадиенстирол (ABS) и др.)
Проволочный	Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF3)	Практически любые металлические сплавы
Порошковый	Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	Практически любые металлические сплавы
	Электронно-лучевая плавка (EBM)	Титановые сплавы
	Выборочная лазерная плавка (SLM)	Титановые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий
	Выборочное тепловое спекание (SHS)	Порошковые термопластики
	Выборочное лазерное спекание (SLS)	Термопластики, металлические порошки, керамические порошки
Струйный	Струйная трехмерная печать(3DP)	Гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинирование	Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	Стереолитография (SLA)	Фотополимеры
	Цифровая светодиодная проекция (DLP)	Фотополимеры

5. Пайка аккумуляторов и финальная сборка

Систему соединения аккумуляторов было решено оставить по типу заводской (Рис. 9). Единственное, что было изменено это упощено на одну деталь – белую пластмаску, т.к. новая модифицированная версия не нуждалась в ней.

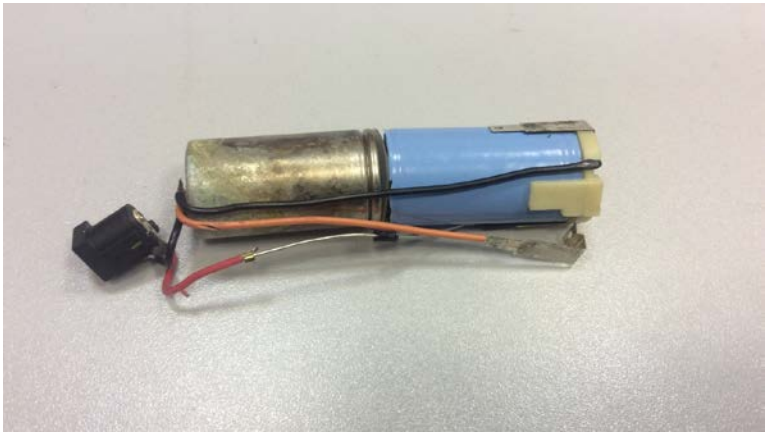


Рис. 9. Заводской тип соединения аккумуляторов

После пайки был проведёт тест на исправную работоспособность. Вольтметром было проверено напряжение между концами (Рис. 10), в доверительный интервал значение вошло, значит можно было собирать блок целиком и проверять устройство.

Рис. 10. Проверка работоспособности спаянных аккумуляторов

Финальная сборка также оказалась успешной, устройство заработало и было готово к практическому использованию. Задача выполнена.

Заключение

В статье было рассмотрено решение практической задачи по замене вышедшего из строя Ni-Cd аккумулятора электрической отвёртки с использованием итеративного процесса моделирования-печати на 3D-принтере. Также было уделено внимание некоторым теоретическим вопросам, касающихся технологии 3D печати.

Литература

1. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технология аддитивного производства, М.: Техносфера, 2006.
2. И. В. Шишковский. Основы аддитивных технологий высокого разрешения, из-во Питер, 2015.
3. Арабов Д.И., Власов А.И., Гриднев В.Н., Григорьев П.В. КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (FAB LAB) ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-3 (47). С. 23-34.

ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ НА СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫВОДАХ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ, РАБОТАЮЩЕЙ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

Ванройе Н.К.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Глушко А.А.
МГТУ им. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

THE INFLUENCE OF EDDY CURRENTS ON THE RATE OF CHANGE OF VOLTAGE ACROSS THE TERMINALS OF INDUCTANCE COILSOPERATING IN PULSED MODE

Vanroye N.K.
Supervisor: Ph.D., Assoc. Prof. Glushko A.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В данной статье предложена концепция модуля, применение которого возможно при исследовании влияния ЭДС взаимоиндукции вихревых токов Фуко, замедляющей время спада напряжения на выводах катушки индуктивности, работающей в импульсном режиме. Представлены физические основы возникновения вихревых токов в объеме проводника. Рассмотрен принцип работы устройства для обнаружения задержки спада ЭДС, проведено исследование измерительных сигналов.

Annotation
In this article the concept of the module, the use of which is possible in the study of the mutual influence of EMF eddy currents, delaying the recession voltage across the terminals of the coil operating in a pulsed mode. We present the physical bases of occurrence of eddy currents in the volume conductor. We consider the principle of operation of the device for detecting the delay EMF recession, a study measuring signals.

Введение

Взаимная индукция - это возникновение электродвижущей силы индукции в одном проводнике вследствие изменения силы тока в другом проводнике. В данном случае изменение силы тока в катушке индуктивности порождает переменное магнитное поле вокруг ее витков. Нахождение проводника вблизи переменного электромагнитного поля вызывает возникновение в его объеме вихревых токов, обусловленных изменением во времени потока действующего на него магнитного поля.

Устройства на основе высокочастотных генераторов тока и катушек индуктивности с различным количеством витков применяются в установках бесконтактного нагревания металлов (индукционный нагрев), металлоискателях, системах радиочастотной идентификации и т.д. Принцип действия этих устройств основан на частном случае явления электромагнитной индукции – взаимоиндукции [1, 2].

Целью работы является анализ функционирования устройства, позволяющего оценить влияние вихревых токов на скорость изменения напряжения на выводах катушки при ее работе в импульсном режиме.

1 Вихревые токи

При работе на высоких частотах на зажимы катушки индуктивности подается короткий импульс тока, при прерывании которого в катушке возникает ЭДС самоиндукции, что влечет за собой генерацию импульсов магнитного поля. При появлении проводника вблизи катушки наблюдается явление взаимоиндукции. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, при изменении магнитного потока, пронизывающего электрический контур, в нём возбуждается ток, называемый индукционным. Частным случаем выполнения этого закона является наведение вихревых

токов на поверхности проводника. Омическое сопротивление массивных проводников может быть мало, поэтому сила индукционного электрического тока, обусловленного токами Фуко, может достигать больших значений. Протекание вихревых токов большой силы вызывает нагревание металла. Данный эффект применяется в индукционных печах для плавления металлов.

При возникновении изменения потока магнитного поля на поверхности проводящих объектов наводятся вихревые токи. При выключении магнитного поля токи затухают в течение короткого промежутка времени и возбуждают затухающее электромагнитное поле. Поле, в свою очередь, наводит в исследуемой катушке затухающий ток, препятствующий изменению потока магнитного поля. Соответственно, в зависимости от проводящих свойств и размера объекта сигнал меняет свою форму и длительность.

На рис.1 представлено распределение силовых линий магнитного поля катушки индуктивности.

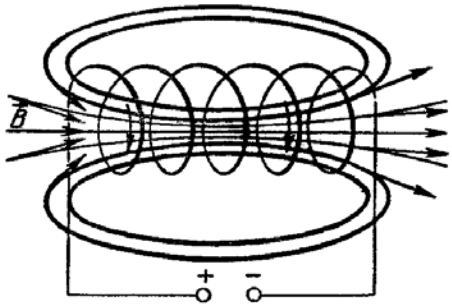


Рис. 1. Распределение силовых линий магнитного поля катушки индуктивности

Периодическое подключение катушки индуктивности к источнику питания вызывает протекание экспоненциально нарастающего тока силой до нескольких ампер и более. Напряженность магнитного поля H, создаваемого током I в круглой катушке из ω витков радиусом R на расстоянии z от центра катушки на ее оси, определяется выражением (1).

$$H = \frac{2 \cdot \omega \cdot I \cdot R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

Для расчета индукции катушки используем выражение (2).

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H = \frac{2 \cdot \omega \cdot I \cdot R^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

При резком прерывании тока через катушку возникает импульс напряжения самоиндукции величиной до сотен вольт.

2 Реализация модуля обнаружения влияния наводимых вихревых токов

На рис. 2 представлена структурная схема модуля обнаружения задержки спада ЭДС самоиндукции на выводах катушки индуктивности. Следует отметить, что питание катушки осуществляется импульсами с частотой следования 100-200 Гц напряжением до 200В. Таким образом, при подаче импульсного сигнала в катушке создается ЭДС самоиндукции, пропорционально которой меняется магнитный поток в контуре, ограниченном витками.

Рис. 2. Структурная схема модуля

Дифференциальный инвертирующий усилитель является повторителем опорного напряжения. Опорное напряжение определено номиналом резисторов делителя, что задаёт напряжение на входе и выходе усилителя. Интегрирующая цепь предназначена для сглаживания сигнала с усилителя. При значении напряжения сигнала после интегрирующей цепи ниже уровня опорного напряжения на выходе компаратора возникнет сигнал, обозначающий задержку.

На рис. 3 представлена электрическая принципиальная схема модуля обнаружения увеличения времени спада ЭДС самоиндукции на катушке индуктивности.

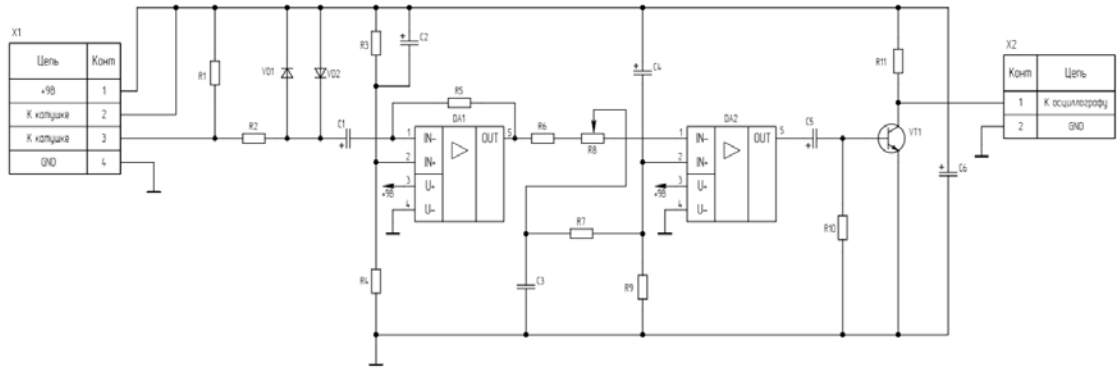


Рис. 3. Принципиальная схема модуля

Параллельно индуктивности включен резистор R1, предназначенный для гашения импульса напряжения самоиндукции. Диоды VD1 и VD2, включенные встречно-параллельно совместно с резистором R2, представляют собой диодную защиту от перенапряжения и ограничивают величину импульса, поступающего на вход схемы обнаружения задержки.

Импульс с катушки усиливается DA1. За время его действия конденсатор C3 заряжается до некого ещё большего значения напряжения, а напряжение на C4 практически не меняется, поскольку его ёмкость во много раз больше. Так как и в этом случае на конденсаторе C3 напряжение выше, чем на C4, на выходе компаратора «0».

С началом действия измерительного импульса начинается разряд конденсатора C3 через цепь настройки чувствительности R6 и R8. Напряжение на инвертирующем входе компаратора начинает уменьшаться, а на неинвертирующем уменьшение происходит незначительно по причине большой ёмкости C4.

Если измерительный импульс достаточно продолжителен, то в определенный момент времени напряжение на C3 упадёт настолько, что приведет к изменению полярности инвертирующего входа компаратора относительно неинвертирующего, и на

его выходе появится высокое напряжение. Ток высокого логического уровня откроет транзистор VT1, и в цепи коллектора будет обнаружено падение напряжения.

Таким образом, спроектироанный модуль ориентирован на обнаружение увеличения времени спада ЭДС самоиндукции, измерение длины его импульса и сигнализацию задержки спада ЭДС.

3 Исследование работы модуля

Детектирование влияния вихревых токов на скорость переключения производится за счет обнаружения удлинения заднего фронта импульса с катушки. Уровень сигнала, поступающего на инвертирующий вход компаратора, сравнивается с уровнем опорного напряжения, поданного на неинвертирующий вход.

Компаратором является дифференциальный усилитель с большим коэффициентом усиления, построенный на основе транзисторов или операционных усилителей. В зависимости от знака разности входных напряжений операционный усилитель оказывается в положительном или отрицательном насыщении [3].

На рис. 4 представлены осциллограммы сигналов на компараторе без металла вблизи катушки индуктивности. Напряжение на конденсаторе C3 за время его разрядки падает не ниже опорного, что говорит о малой длине заднего фронта сигнала. Влияние вихревых токов не обнаруживается.

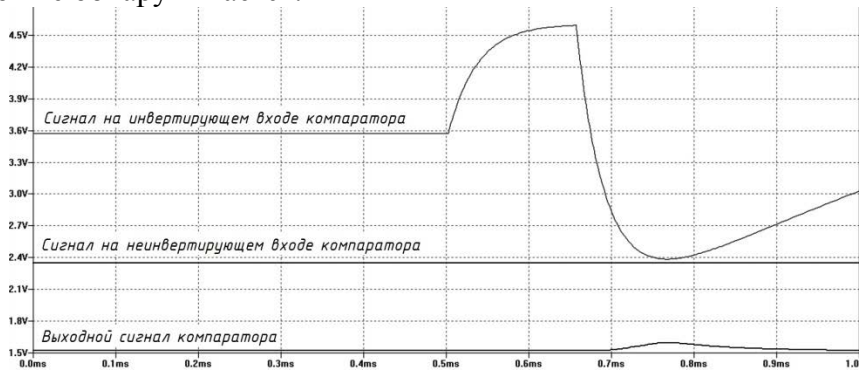


Рис. 4. Осциллограммы сигналов на входах и выходе компаратора при отсутствии металла вблизи катушки

На рис. 5 представлены осциллограммы сигналов на компараторе при наличии металла вблизи катушки индуктивности. Длительность заднего фронта импульса позволяет разрядиться конденсатору ниже порогового уровня. Значение напряжения на инвертирующем входе компаратора становится ниже опорного, и на выходе операционного усилителя будет положительное напряжение насыщения.

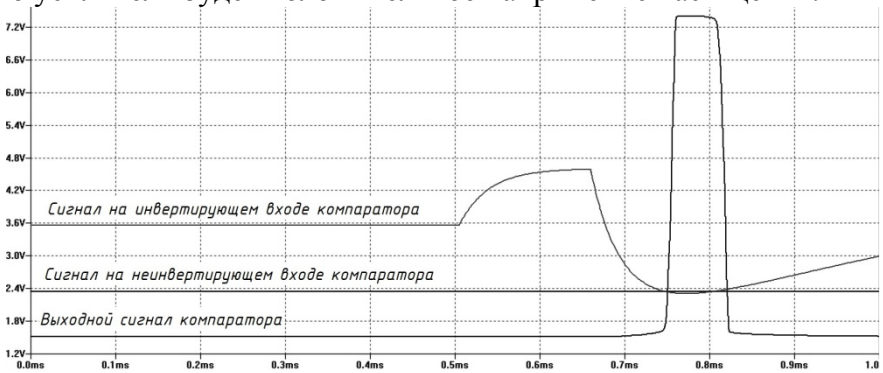


Рис. 5. Осциллограммы сигналов на входах и выходе компаратора при наличии металла вблизи катушки

Изменением сопротивления переменного резистора R8 устанавливается такое значение напряжения на конденсаторе C3, которое не успевает упасть ниже опорного напряжения за время прохождения измерительного импульса. При поднесении проводящей мишени к катушке это напряжение падает до более низкого значения, и на выходе компаратора формируется состояние логической единицы.

Рассмотренный метод детектирования удлинения заднего фронта импульса, построенный на сравнении уровня напряжения преобразованного сигнала после катушки с опорным значением, находит широкое применение в импульсных металлоискателях.

Заключение

В работе проанализированы физические основы явления взаимоиндукции магнитных полей катушки, работающей в импульсном режиме, и проводника с наведенными на его поверхности вихревыми токами.

Представлены результаты исследования спроектированного устройства в случаях наличия и отсутствия металла вблизи катушки. Эти результаты говорят о возможности применения устройства для обнаружения металлических предметов.

Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики, т. 3. Электричество // Учебное издание., М.: Наука, 1979. – 656 с.
2. Савельев И. В.: Курс общей физики, т. 2. Электричество // Учебное издание М.: Наука,., 1970. – 508 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, т.1 М.: Мир, 1993. – 413 с.

УМЕНЬШЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

Рогожин А.А., Васильев Д.Д.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Моисеев К.М.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра МТ11, Москва, Россия

REDUCTION OF NON-UNIFORMITY OF THIN-FILM COATING THICKNESSUSING A MASKDURING MAGNETRON SPUTTERING

Rogozhin A.A., Vasilev D.D.
Supervisor: PhD.,docent,Moiseev K.M.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В работерассматривается моделирование распределения толщины покрытия, формируемого методом магнетронного распыления на подложках размером 60х48 мм, расположенных на вращающемся подложкодержателе. Проведена оптимизация процесса с целью уменьшения неравномерности толщины покрытия за счет использования маски. В результате моделирования установлено, что использование маски позволяет уменьшить неравномерность толщины покрытия с 26% до 13%.

Abstract
This article describes the modeling distribution of the thickness coating formed by magnetron sputtering on substrates with a size 60x48 mm, arranged on a rotating substrate holder. Spend a process optimization in order to reduce the coating thickness non-uniformity by using a mask. As a result, the simulation found that the use of masks to reduce the non-uniformity of the coating thickness from 26% to 13%.

Введение

К конструкциямагнетронных распылительных систем предъявляется ряд требований, среди которых одним из основных являетсянеравномерность толщины формируемых покрытий [1]. Неравномерность толщины структур тонкопленочных электронных компонентов влияет на величину допуска их основных характеристик.Такжепо причине неравномерного распределения толщины покрытия возможен выход электронного компонента из строя: в тонкопленочном резисторе из-заразброса величины сопротивления по площади и как следствиелокального перегрева, в тонкопленочном конденсатореиз-заперераспределенияэлектрического заряда и в результате пробоя диэлектрика[2]. Формирование тонкопленочных покрытий с минимальным значением неравномерности толщины является актуальной задачей.

Для пластиндиаметром 100 мм при изготовлении сверхбольших интегральных схем предъявляются требования к неравномерности толщины покрытийне более 2% [3].Существуют два способа, которые позволяют оптимизировать процесс с целью уменьшения неравномерности толщины:

– обеспечение сложного движения подложки[4];

– использование корректирующей диафрагмы (маски), ограничивающей поток распыляемых частиц, при вращении подложки[5].

К преимуществам первого способа можно отнести гибкость технологического оснащения, так как закон движения подложки может быть откорректированотдельно для каждого процесса с целью получения требуемой величины равномерности. Недостатками способа являются сложность и большие затраты при техническом исполнении механизмов, позволяющих обеспечивать требуемый закон движения подложки.

К недостаткам второго способа относится отсутствие гибкости, так как маска рассчитана на использование в условиях определенного материала покрытия и

определенного взаимного расположения маски и подложки. Но простота и низкие затраты при исполнении маски и ее установке в рабочей камере являются главными преимуществами ее использования. При этом подложки, на которых осуществляется формирование покрытия, закрепляются на подложкодержателе, вращающемся вокруг своей оси в ходе процесса, с целью проведения групповой обработки нескольких заготовок в одном вакуумном цикле и получения одинакового по равномерности толщины покрытия на каждой подложке.

В данной работе рассматривается моделирование распределения толщины тонкопленочного покрытия, формируемого методом магнетронного распыления, и оптимизация процесса с целью уменьшения неравномерности толщины покрытия при вращении подложкодержателяза счет использования маски.

1 Моделирование распределения толщины при магнетронном распылении

Выражение, описывающее распределение толщины покрытия при магнетронном распылении [6]:

$$T = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_{R_2}^{R_1} \frac{\cos^n(\psi)\cdot\cos(\theta)}{C^2}\cdot g\cdot RdR\cdot d\varphi\cdot d\alpha\,,$$

де:

ψ – угол распыления;

θ – угол конденсации;

g – функция, описывающая распределение зоны распыления;

R – радиус-вектор точки распыления, изменяющийся от R_1до R_2, мм;

φ – угол, определяющий положения радиус-вектора точки распыления иизменяющийсяот 0 до 2π;

α – угол поворота подложкодержателя, изменяющийся от 0 до 2π;

C – расстояние между точкой распыления и точкой конденсации, мм;

n = 0,7 – показатель степени косинуса угла распыления.

В лаборатории кафедры МТ-11 «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана на установке МВТУ-11-1МС реализован метод магнетронного распыления. Мишень диаметром 50 мм устанавливается на магнетрон НМСА-52М производства АО «НИИТМ». Зона распыления мишени ограничена радиусами R_1 = 23 мм и R_2 = 5 мм.Подложка установлена на высоте H = 150 мм относительно мишени. Центр магнетрона и подложки расположены на расстоянииL = 100 мм относительно оси цилиндрической камеры установки. В данной модели рассматривается формирование покрытия на подложках размером 60х48 мм, так как они являются наиболее распространеннымив отечественной электронной промышленности [7].

Расчетная схема процесса формирования покрытия методом магнетронного распыления показана на рисунке 1.Моделирование распределения толщины покрытия проводится в среде Mathcad.Распределение толщины покрытия показано на рисунке 2. Неравномерностьтолщины покрытия не превышает 26%.

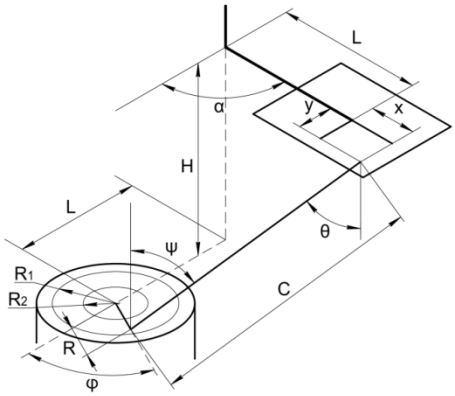
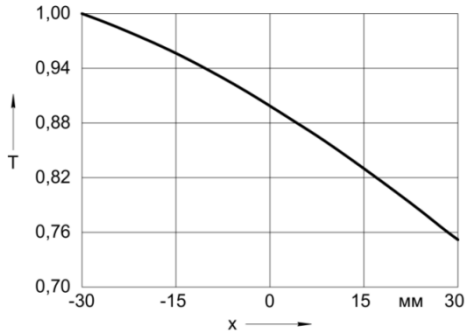
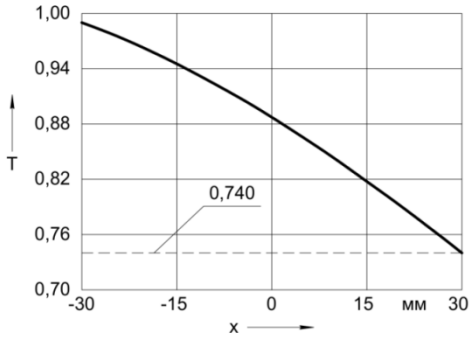


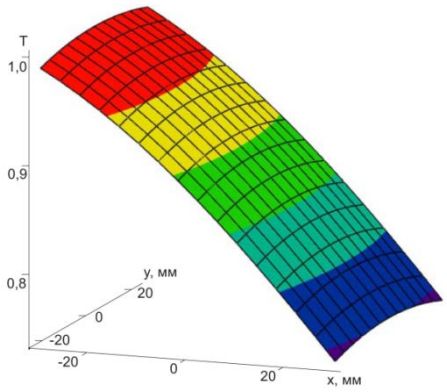
Рис. 1. Расчетная схема процесса магнетронного распыления



а)



б)

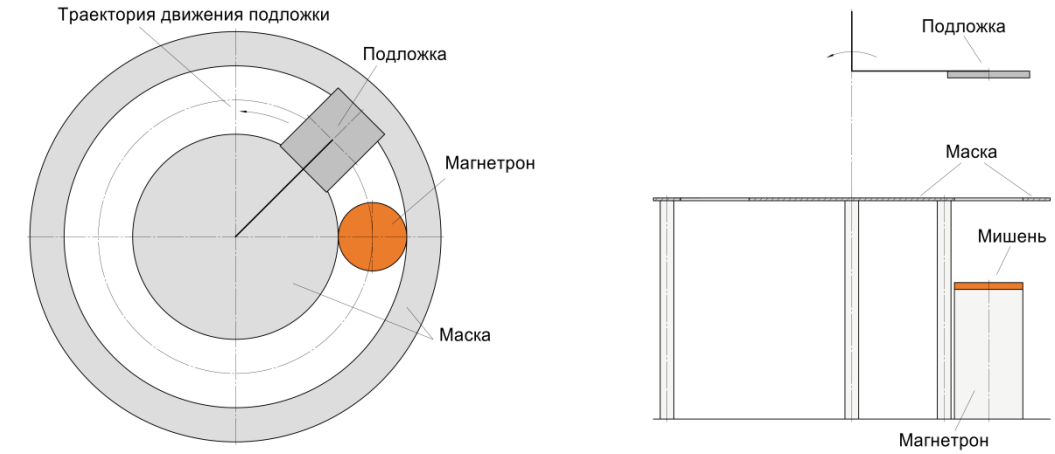


в)

Рис. 2. Диаграмма распределения толщины покрытия, формируемого методом магнетронногораспыления: а) при фиксированной координате $y = 0$, максимум толщины покрытия ($T = 1{,}000$) соответствует координате $x = -30$ мм; б) при фиксированной координате $y = 20$ мм, минимум толщины покрытия ($T = 0{,}740$) соответствует координате $x = 30$ мм; в) по всей поверхности подложки

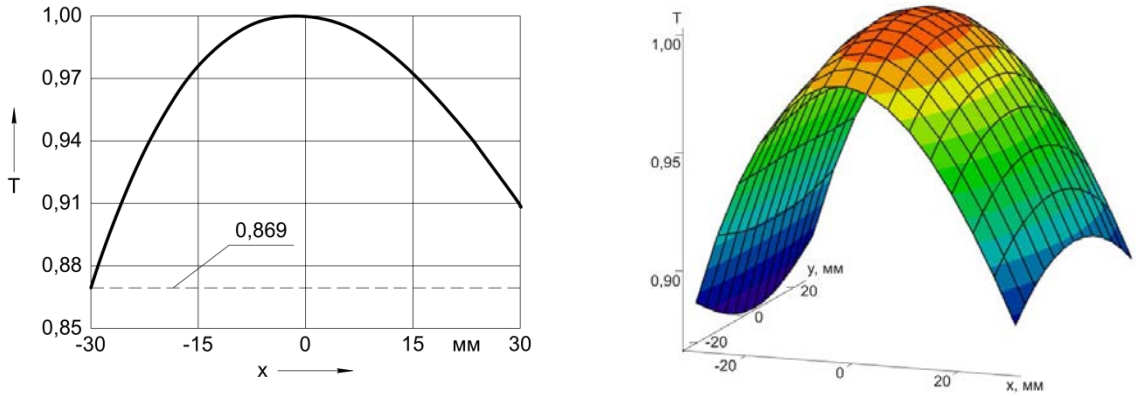
2 Уменьшение неравномерности при использовании маски

Для уменьшения неравномерности толщины покрытия маска устанавливается в рабочей камере между распыляемой мишенью и подложкой, на которой происходит формирование покрытия.Рассматриваемая маска состоит из двух частей: внутреннего диска и внешнего кольца. Разность значений внутреннего радиуса кольца и радиуса диска равна диаметру мишени магнетрона – 50 мм. Схема расположения маски в рабочей камере установки показана на рисунке 3. Маска установлена на высоте 60 мм относительно мишени. Распределение толщины покрытия с использованием маски при магнетронном распылении показано на рисунке 4. Неравномерность толщины покрытия составляет13,1%.



а) б)

Рис. 3. Схема расположения маски в рабочей камере: а) вид сверху; б) вид сбоку



а) б)

Рис. 4. Диаграмма распределения толщины покрытия, формируемого методом магнетронногораспыления, при использовании маски: а) при фиксированной координате $y = 0$, максимум толщины покрытия ($T = 1{,}000$) соответствует координате $x = -2$ мм, минимум ($T = 0{,}869$) – координате $x = -30$ мм; б) по всей поверхности подложки

Заключение

В результате моделирования установлено, что использование маски позволяет уменьшить неравномерность толщины покрытия: для подложек размером 60х48 мм, закрепленных на вращающемся подложкодержателе, неравномерность толщины покрытия, формируемого методом магнетронного распыления мишени диаметром 50 мм, составляет 26%; при использовании маски – 13%.

В дальнейшем планируется разработать конструкцию маски сложного профиля, обеспечивающую минимально возможную неравномерность толщины покрытия.

Литература

1. Анализ зависимости скорости и равномерности нанесения меди от величины тока и напряжения / В. С. Томаль [и др.] // Современные технологии и образование: проблемы, идеи, перспективы : материалы Международной научно-практической конференции (27–28 ноября 2014 года). В 2 ч. Ч. 2 / ред. колл.: Б. М. Хрусталев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 56 - 59.
2. Дмитриев, В.Д. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]: электрон.учеб. пособие / В. Д. Дмитриев, М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2012.
3. Технологии, оборудование и системы управления в электронном машиностроении. Т III-8 / Ю. В. Панфилов, Л. К. Ковалев, В. А. Блохин и др.; под общ.ред. Ю. В. Панфилова. – М.: Машиностроение, 2000. - 744с.
4. Васильев, Д. Д. Расчет сложного движения для повышения равномерности тонкопленочного покрытия / Д. Д. Васильев, К. М. Моисеев // Седьмая Российская студенческая научно-техническая конференция «Вакуумная техника и технология»: материалы конференции (20 – 23 апреля 2015 г.); М-во образ. ИнаукиРоссии, Казан. Нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – С. 105 – 106.
5. AdmonU. etal. Designofmaskstoobtaincoatinguniformityonplanarsubstratesbymagnetronsputtering. – IsraelAtomicEnergy Commission, 1991. – №. NRCN--557.
6. A.A. Soloviev, N.S. Sochugov, K.V. Oskomov, N.F. Kovsharov, Film thickness distribution in magnetron sputtering system with the round cathode, in: Proc. Of 8th CMM, Tomsk, Russia, 2006, pp. 491–493.
7. Вакс, Е. Д. Практика прецизионной лазерной обработки / Е. Д. Вакс, М. Н. Миленький, Л. Г. Сапрыкин. - М.: Техносфера, 2013. - 708 с.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНАРНОСТИ СЛОЕВ В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ МЕТОДАМИ ТРИЗ

Василова Е.В., Евдокимов Г.М., Бачурин А.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Резчикова Е.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE PLANARITY OF LAYERS IN A SOLID-STATE MICROCIRCUIT USING THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING

Vasilova E.V., Evdokimov G.M., Bachurin A.S.
Supervisor: Ph.D. Rezchikova E.V.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье рассматриваются методы решения задачи планарности слоев в твердотельной микросхеме. Подробно исследована проблема о планарности слоев в твердотельной микросхеме и способы подходов к решению поставленной задачи с применением методологии ТРИЗ. Представлены возможные решения и их описания. В заключении представлены рекомендациии по применению данной методологии к микроэлектронной промышленности.

Annotation
The methods of solving the problem of the number and planarity of layers in a solid-state microcircuit are considered in the article. The problem of the planarity of the layers in a solid-state microcircuit and the methods of approaches to solving this problem using the TRIZ methodology are studied in detail. Possible solutions and their descriptions are presented. In conclusion, recommendations on the application of this methodology to the microelectronic industry are presented.

Введение

Развитие науки и техники происходит все более бурными темпами, что заставляет разработчиков сокращать временные интервалы синтеза и внедрения технических решений в практику. В процессе решения техникой задачи возникает ситуация, при которой улучшение какой-либо характеристики приводит к ухудшению других. Данную проблему в терминологии ТРИЗ [1] называют операционным противоречием (ОП), которое описывает ситуацию, при которой улучшение одного параметра вызывает возникновение положительного эффекта (ПЭ), что приводит к улучшению свойства объекта задачи. Но дейстсвия, вызывающие положительный эффект приводят к появлению нежелательных эффектов (НЭ), которые приводят к ухудшению другого свойства объекта задачи [2].

В области микроэлектроники и наноинженерии наращивание технических и технологических параметров происходит согласно Закону Мура. Твердотельная многослойная интегральная микросхема - это законченный функциональный узел, элементы которого конструктивно не разделены, отличаются местным качеством и изготавливаются в едином технологическом процессе, в объеме и на поверхности полупроводникового материала. Процесс создания интегральной микросхемы сводится к формированию в приповерхностном слое полупроводниковой пластины элементов и последующему объединению в функциональную схему пленочными проводниками по поверхности пластины [3, 4].

В связи с бурным развитием планарной технологии в производстве твердотельных микросхем, с целью минимизировать площадь кристалла, используют приповерхностный слой для реализации активных компонентов, коммутация которых в дальнейшем происходит при помощи нескольких слоев металлизации. В связи с этим возникла проблема формирования плоских вышележащих полупроводниковых, диэлектрических и

проводящих слоев, так как наличие рельефа в нижних слоях приводит к искажениям поверхности последующего топологического слоя.

В данной статье рассматривается применение методов ТРИЗ для решения данной задачи.

1 Построение операционного противоречия

Данный метод позволяет систематизировать и наглядно представить взаимосвязь различных эффектов при реализации одного из действий над решаемой в системе проблемой [5-7]. Эффективность построения цепочки причинно-следственных связей позволяет отвлечься от совокупности факторов и рассмотреть варианты решения частной задачи, в процессе получается спектр возможных решений.

Рассмотрим операционное противоречие применительно к задаче количества и планарности топологических слоев в твердотельных микросхемах.

Изменяя количество слоев в твердотельных микросхемах, мы получаем различные эффекты. Например, при увеличении количества слоев мы получем функциональную сложность микросхемы за счет большого количества активных элементов (ПЭ), но при этом происходит отклонение электрических характеристик микросхемы (НЭ). При уменьшении количества слоев микросхемы можно наблюдать обратную картину: отклонения электрических характеристик уменьшаются, но при этом происходит потеря функциональной сложности микросхемы. Данное операционное противоречие в виде схемы представлено на рисунке 1.

Рис. 1. Схема операционного противоречия

На основании вышесказанного можно сделать вывод: что слоев в микросхеме одновременно должно быть и много, и мало. Данный вывод в терминологии ТРИЗ называется предметным противоречием, которое представляет собой два суждения, которые являются несовместимыми. Предметное противоречие необходимо для того, чтобы раскрыть суть конфликта, дает важное для решения задачи понимание того, для

чего именно нужно добиться удовлетворения двух данных требований. В предметном противоречии требования, которые предъявляются к субъекту задачи, являются следствием целей, которые ставит перед собой разработчик (инженер).

2 Построение предметного противоречия

В рамках задачи количества и планарности слоев в твердотельных микросхемах количество слоев должно быть большим для увеличения функциональной сложности микросхемы и при этом количество слоев должно быть малым для обеспечения уменьшения расхождения электрических характеристик микросхем [5-7]. Схема предметного противоречия представлена на рисунке 2.

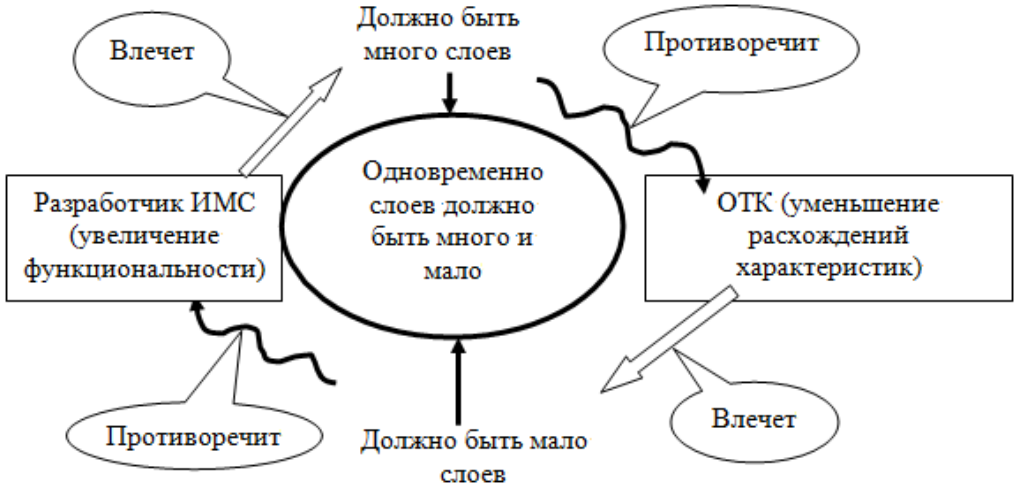


Рис. 2. Схема предметного противоречия

3 Построение цепочки причинно-следственных связей

На основании предметного и операционного противоречий можно составить цепочку причинно-следственных связей, которая является одним из методов решения задач, предложенным мастером ТРИЗ А.В. Подкатилиным.

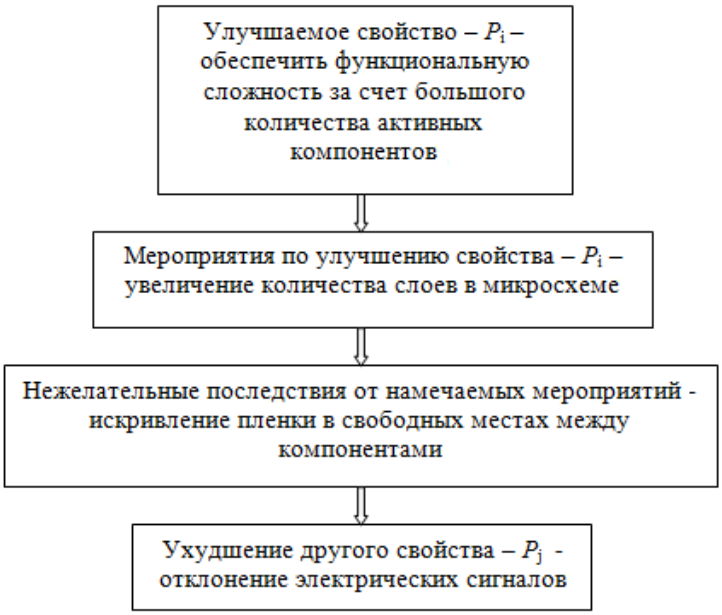


Рис. 3. Цепочка причинно-следственной связи

Причинно-следственная цепочка дает наглядное представление о том, как изменение параметра для улучшения свойства объекта задачи приводит к ухудшению

другого свойства. Схема цепочки причинно-следственной связи представлена на рисунке 3.

Данная схема наглядно демонстрирует, что для того, чтобы реализовать функциональную сложность микросхемы за счет большого количества активных компонентов необходимо увеличить количество слоев в микросхеме. Но в результате улучшения данного свойства происходит «провисание» пленки (эпитаксиальный кремний) в свободных местах между компонентами. Данные искривления при большом количестве слоев будут накапливаться и неизбежно приводить к отклонению электрических параметров микросхем и, как следствие, к браку.

4 Возможные решения

В результате составления операционного противоречия, предметного противоречия и цепочки причинно-следственных связей получаем необходимый уровень систематизации данных о проблемах, возникающих в рамках конкретной задачи. Операционное противоречие закладывает вектор решения проблемы, что показывает область, в которой могут находиться ресурсы для решения. Предметное противоречие дает возможность представить примерные приемы поиска решения проблем. В совокупности информация, полученная при составлении противоречий, дает возможность использовать приемы устранения технических противоречий, предложенные Г.С. Альдшуллером. Данные приемы удобны тем, что могут быть разбиты на классы. Именно эта систематизация приемов позволяет применять их для любого типа задач.

Для решения задачи количества и планарности слоев микросхемы можно выделить следующие решения:

- принцип частичного или избыточного действия: решение проблемы деформации слоя диэлектрика путем замены пленочного диэлектрика на жидкий с такими свойствами, которые позволяют ему заполнить пустоты между элементами; нанесение диэлектрического материала толстым слоем и удалить излишки, тем самым ликвидировав деффекты. Данная идея реализована в микроэлектронике и осуществляется методом химико-динамической полировки избыточного полупроводникового слоя.

- принцип заранее подложенной подушки: изначально сформировать слой диэлектрика, в котором протравить окна для формирования функциональных элементов.

- принцип местного качества: упрочнить места провисания диэлектрика графеновыми нанонитями.

- принцип динамичности: применить ультразвуковое или магнитное поле для выравнивания провисающих участков диэлектрика.

- принцип применения инертной среды: при помощи вакуума вытянуть провисающую часть диэлектрика, тем самым выровнить его.

- принцип изменения физико-химических параметров объекта: применить такой жидкий диэлекрик, который сможет заполнить пустоты между функциональными элементами, не вызывая при этом образования неровностей.

В настоящее время отработан метод выравнивания за счет размещения между компонентами планаризирующих элементов, роль которых – поддерживать вышележащий коммутационный слой. Это соответствует применению принципа посредника.

Предлагаемый подход показал высокую эффективность при организации профессиональной инженерной подготовки с использвоанием активных методов обучения [8]. Для отражения сути предлагаемых решений и визуализации альтернативных точек зрения для дальнейшего анализа целесообразно использовать инструменты когнитивной графики, особенности применения которой в конструкторско-технологическом проектировании были подробно рассмотрено в работах [5, 6, 9-11]. Предлагаемые инструменты являются эффективными для формализации многофакторного и сложно структурируемого лекционного материала в области конструкторско-технологических дициплин и хорошо зарекомендовали себя особенно при подготовке иностранных студентов [12, 13].

Заключение

Так на что же способен ТРИЗ? Во-первых, это четкое и ясное формулирование проблемы, которую необходимо решать, необходимо привести проблему к наиболее упрощенной форме в виде противоречия или нескольких противоречий. Во-вторых, необходимо определить элементы проблемы, взаимодействующие между собой, которые необходимы и достаточны для решения данной проблемы, устранения противоречий. В-третьих, ИКР – идеальный конечный результат. Мысленное идеальное моделирование необходимых функций, требующихся от будущих решений.

Процесс создания новых технологий основан на поиске инновационных идей и решений. Умение пользоваться приемами разрешения технических противоречий, которые предложил Г.С. Альтшеллер, позволяет в разы сократить время, которое необходимо на решение той или иной задачи.

Литература

1. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения — М: Московский рабочий, 1973. — 320 с.
2. Уразаев В. ТРИЗ в электронике. — М.: Техносфера, 2006.
3. Варламов П.И., Елсуков К.А., Макарчук В.В. Технологические процессы в наноинженерии - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2011. Сер. Библиотека "Наноинженерия". Том 2. 175 с.
4. Власов А.И., Журавлева Л.В., Резчикова Е.В., Макушина Н.В., Шахнов В.А., А.И.Чебова Онтология наноинженерии // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 12-1 (19). С. 50-67.
5. Шахнов В., Резчикова Е. ТРИЗ в техническом университете - Saarbrucken, LAP LAMBERT. 2015. 68 с.
6. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач - Москва, Издательство "Форум". 2015. 384 с. (3-е издание, исправленное и дополненное).
7. Резчикова Е.В. Инструменты освоения ТРИЗ для ВУЗА // В сборнике VI международной конференции "Инструменты создания инноваций для развития предпринимательства". 2014. С. 220-227.
8. Резчикова Е.В. Как и кого готовить для профессий, которых пока нет // В сборнике V международной конференции "ТРИЗ. Практика применения методических инструментов в бизнесе". 2013. С. 265-269.
9. Резчикова Е.В., Власов А.И. Перспективы применения концепт - карт для построения базы знаний ТРИЗ // В сборнике докладов. под ред. Яковенко С., Митрофанов В., Кудрявцев А. "ТРИЗ. Практика применения методических инструментов" - М.: 2011. С. 140-145.
10. Адамова А.А. Применение инструментов когнитивной графики в преподавании конструкторско-технологических дисциплин // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2016. № 3 (163). С. 79-85.
11. Шахнов В.А., Журавлева Л.В., Власов А.И. Визуальные методы в условиях синхронных технологий передачи знаний // Тезисы докладов второй международной научно-практической конференции "Управление качеством инженерного образования. Возможности ВУЗов и потребности промышленности" - Москва. 2016. С. 153-154.
12. Журавлева Л.В., Камышная Э.Н. Картирование толкового словаря неологизмов в области информационных технологий // Евразийский союз ученых. 2014. № 6-3. С. 152-155.
13. Журавлева Л.В. Формализация лекционного материала // В сборнике "Интеллектуальные системы" - Вологда. 2012. С. 576-579.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСКРАСКИ ГРАФОВ В ЗАДАЧАХ ГРАНУЛЯЦИИ ИНФОРМАЦИИ

Верстов В.А., Барановская П.Б., Соколов П.А.,
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Л.А. Зинченко, к.т.н. Глушко А.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

GRAPH COLORING ALGORITHMS IN GRANULAR COMPUTING

Verstov V. A., Baranovskaya P.B., Sokolov P.A.
Supervisor: Dr., Prof., Zinchenko L.A., Dr. Glushko A. A.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация
В статье обсуждаются возможности применения алгоритмов раскраски графа для решения задачи грануляции информации. Подробно рассматриваются алгоритмы последовательной раскраски графа и алгоритм неявного перебора раскраски графа. Приводятсярезультаты экспериментальных исследованийвозможностей грануляции информации. Взаключенииприводитсясравнениерассмотренныхметодов.

Annotation
The paper presents an application of graph coloring algorithms for granular graphs computing. Wediscussthe sequential graph coloring algorithm and the exactgraph coloring algorithm in details. Then we present our experimental results. Finally, we compare the two approaches.

Введение

Одна из основных проблем современности – необходимость обработки больших объемов информации. В этих условиях актуальной становится задача о грануляции информации, т.е. задача улучшения понимания и наглядного представления неупорядоченных и неформализованных данных путём группировки информации по некоторому общему свойству или признаку. Зачастую грануляция применяется, когда о данных ничего не известно, либо объем информации огромен. Для решения этой задачи обычно используют математический аппарат теории графов. В [5] были предложены подходы к грануляции информации, содержащейся в заданном графе, по типу объектов, используемых в графе:

- грануляция на основе информации о вершинах;
- грануляция на основе информации о ребрах;
- комбинированная грануляция (на основе анализа связей между множеством вершин и множеством ребер).

Например, при использовании алгоритма грануляции информации на основе вершин, гранула включает все вершины с одинаковыми степенями [5].

При использовании алгоритма грануляции на основе ребер в гранулу включаются ребра с одинаковыми весами [5].

Комбинированные методы требуют использования более сложных методов грануляции информации.

Алгоритмы раскраски графов широко используются при решении различных практических задач. В настоящей работе предлагается их использование в комбинированных методах грануляции информации.

1. Алгоритмыраскраски графа

Известно большое количество алгоритмов раскраски графа [1-4]. Практическую ценность представляют следующие алгоритмы:

– алгоритм неявного перебора при раскраске графа;

– алгоритм раскраскиграфа с обменом цветами;

– жадные алгоритмы раскраски графа, включая алгоритм последовательной раскраски графа.

Для сравнения в данной статье были выбраны алгоритм последовательной раскраски графа с упорядочиванием его вершин в порядке убывания и алгоритм неявного перебора при раскраске графа.

Алгоритм неявного перебора при раскраске графа является типичным представителем алгоритмов древовидного поиска, зачастую дающих неоптимальное решение по общему количеству задействованных цветов. Алгоритм является не полиномиальным. Структурная схема алгоритма неявного перебора при раскраске графа приведена на рис. 1.

Алгоритм последовательной раскраски графа с упорядочиванием его вершин в порядке убывания является жадным алгоритмом. Временная сложность алгоритма не превышает $O(n^2)$.

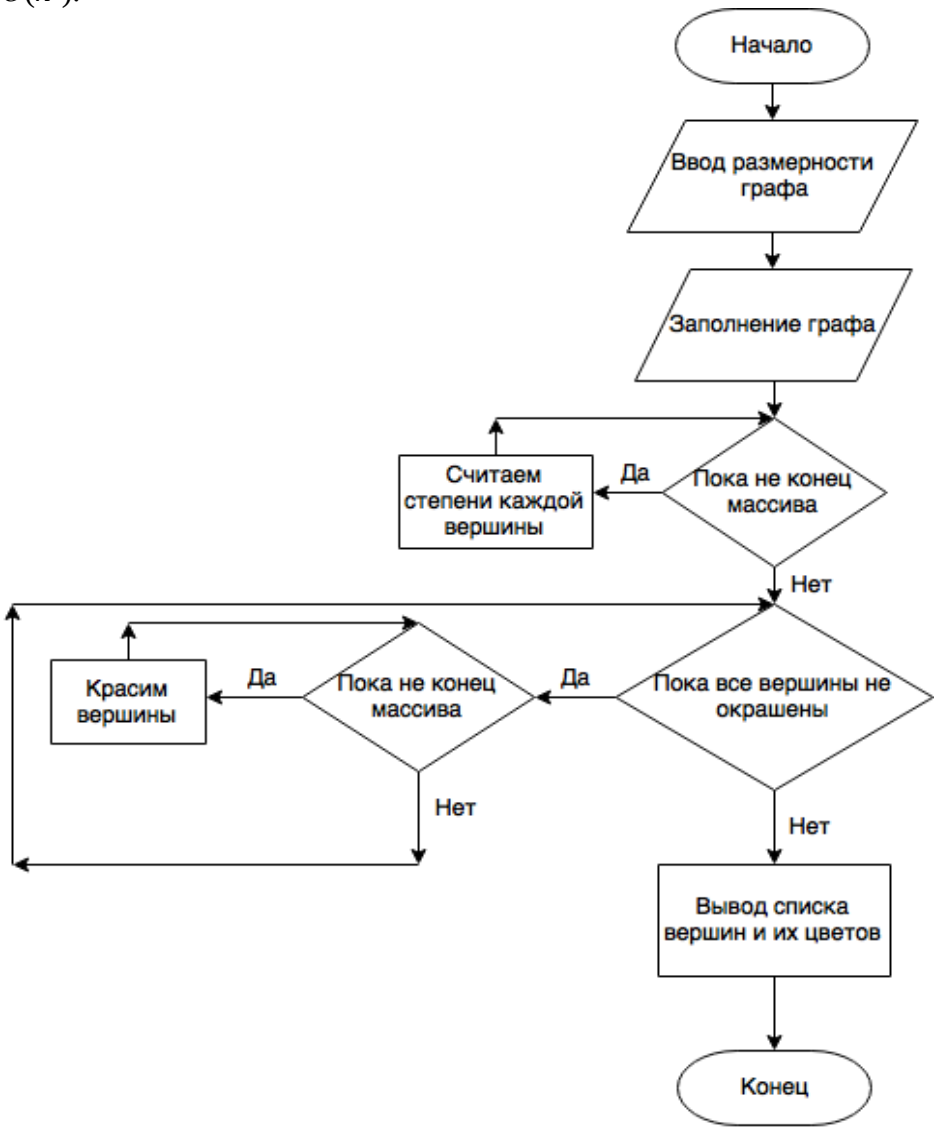


Рис. 1. Структурная схема алгоритма неявного перебора при раскраске графа

Структурная схема алгоритма последовательной раскраски графа приведена на рис.2.

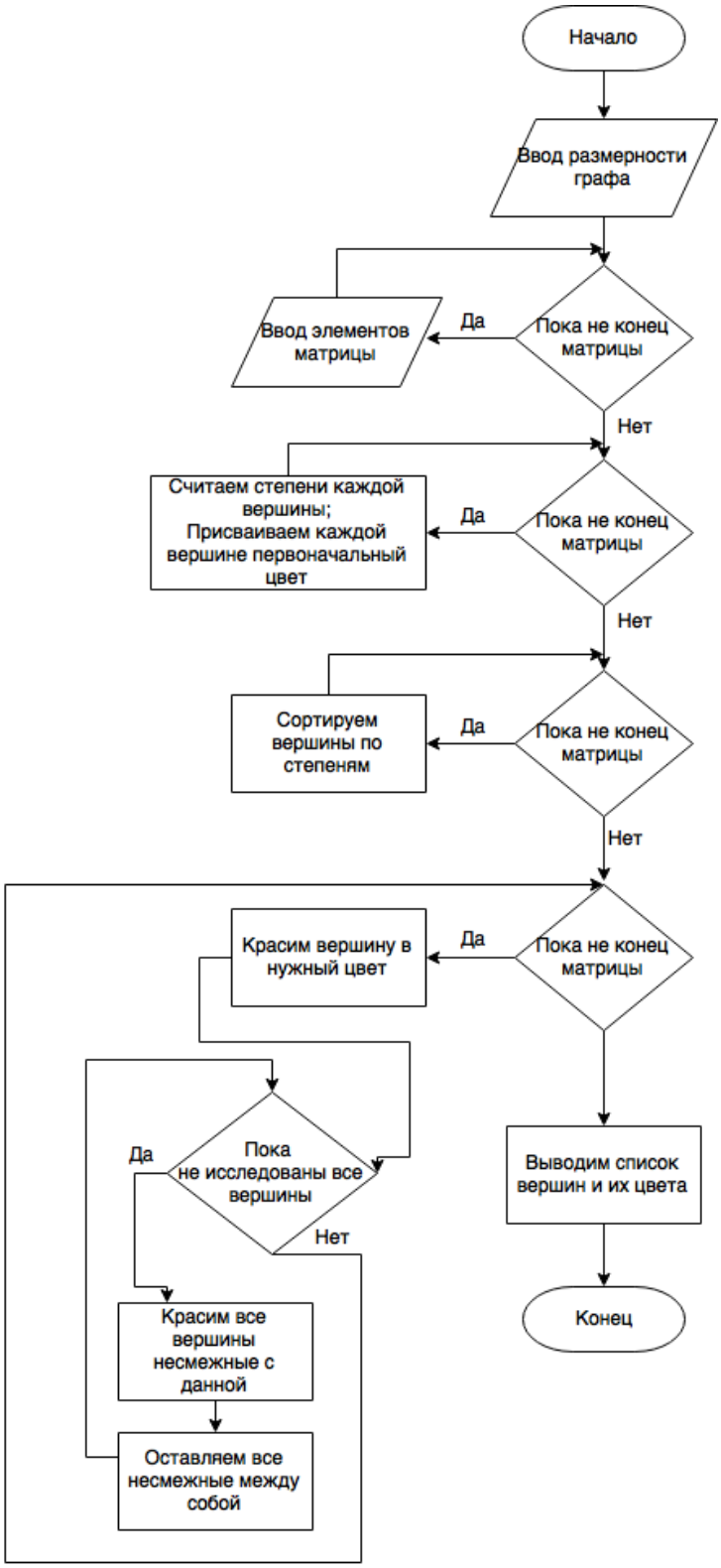


Рис. 2. Структурная схема алгоритма последовательной раскраски графа с упорядочиванием его вершин в порядке убывания

2. Реализация алгоритмов и экспериментальные исследования

Описанные выше алгоритмы раскраски графов (рис. 1, 2) были реализованы на языке С.

Для проведения экспериментальных исследований был выбран граф с 15 вершинами и 30 ребрами (рис. 3).

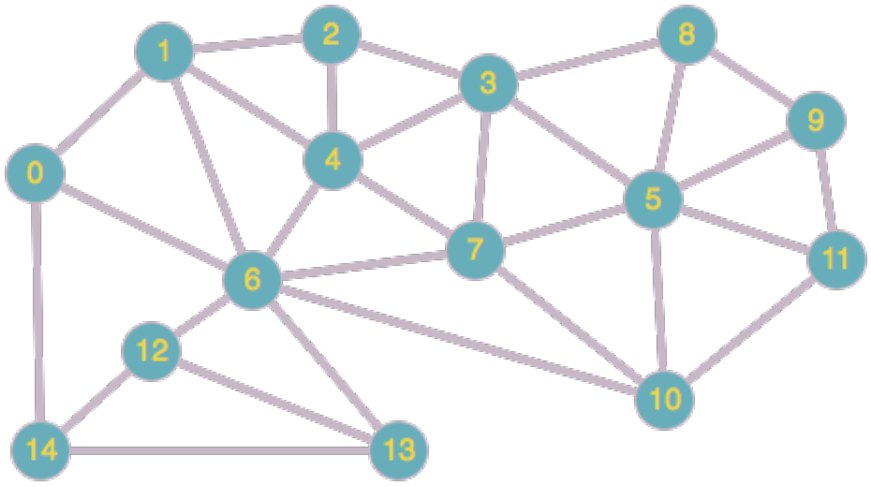


Рис. 3. Тестовый пример

При использовании алгоритма грануляции на основе вершин [5] исходный граф разбивается на следующие гранулы:

- гранула 1 включает вершины x_0, x_2, x_8, x_9, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14};
- гранула 2 включает вершины x_1,x_{10};
- гранула 3 включает вершиныx_3, x_4,x_7;
- гранула 4 включает вершины x_5;
- гранула 5 включает вершины x_6.

Отметим, что задача грануляции и задача раскраски графа тесно связаны между собой. При грануляции происходит укрупнение графа на основе поиска связанных вершин. При раскраске же, напротив, происходит разбиение графа на такие части, которые не содержат смежных вершин. Если же исходный граф дополнить до полного связанного графа, а затем к дополнению графа применить раскраску, то эта раскраска и должна дать нам грануляцию исходного графа.

Ниже предлагается использование алгоритмов раскраски графа для решения задачи грануляции. При этом, критерием грануляции (признаком, по которому происходит укрупнение графа) является не наличие, а отсутствие связи между вершинами графа.

Результат работы программы, реализующей алгоритм неявного перебора, показан на рис. 4. Раскраска выполнена в 5 цветов, следовательно, граф может быть декомпозирован на 5гранул.

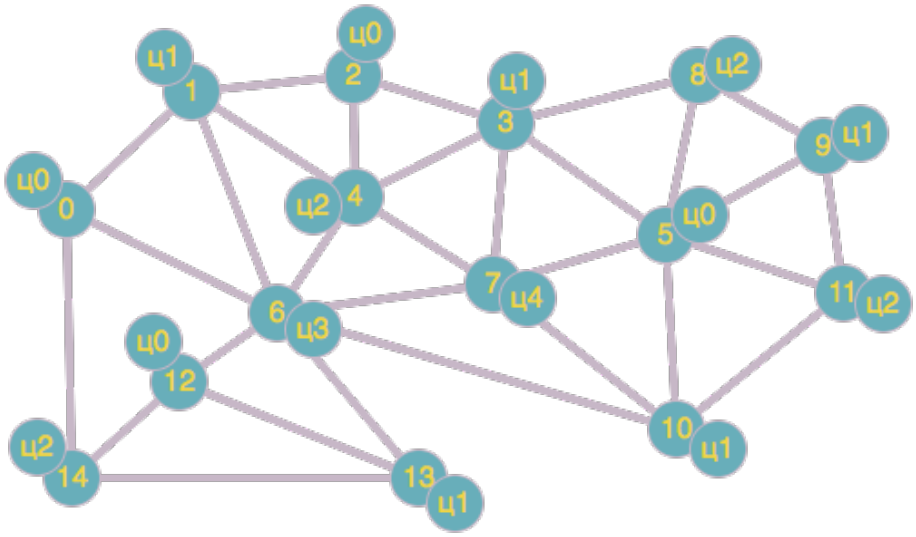


Рис. 4. Результат раскраски графа алгоритмом неявного перебора

Первая гранула включает вершины x_0, x_2, x_5,x_{12}; гранула 2 включает вершины x_1, x_3, x_9, x_{10},x_{32}. Третья гранула включает вершиныx_4, x_8, x_{11},x_{14}. В четвертую гранулу входит только одна вершина – x_6. Последняя, пятая гранула также включает только одну вершину -x_7. Анализ гранул показывает, что каждая гранула включает вершины с разными степенями вершин.

Результат программы, реализующей алгоритм последовательной раскраски графа с упорядочиванием степеней в порядке убывания степеней, показан на рис. 5. Раскраска выполнена в 4 цвета, следовательно, граф может быть декомпозирован на 4 гранулы.

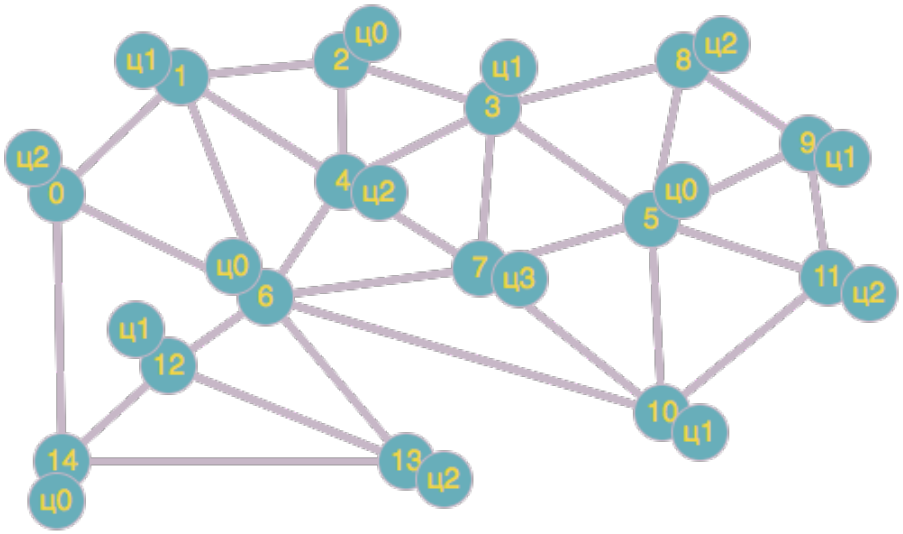


Рис. 5. Результат раскраски графа алгоритмом последовательной раскраски графа

Первая гранула включает вершины x_2, x_5, x_6, x_{14}; гранула 2 включает вершины x_1, x_3,x_9, x_{10}, x_{12}. В третью гранулу входят вершиныx_0, x_4,x_8, x_{11}, x_{13}. Гранула 4 включает вершинуx_7.

Подобный метод раскраски графа может быть применим при трансформации топологии СБИС. При такой трансформации каждый элемент топологии разбивается на прямоугольники, которые впоследствии разбиваются в местах конфликтов и группируются с другими прямоугольниками. Результатом данной группировки будут являться гранулы, состоящие из прямоугольников, не имеющих конфликтов между собой,

каждая из которых будет краситься в свой цвет. С другой стороны, в процессе грануляции в каждую гранулу входят вершины с одинаковыми степенями и, не имеющие смежных рёбер. Таким образом, если представить, что каждая вершина графа – это прямоугольный, элемент топологии (являющийся составной частью более крупного элемента топологии), то можно заметить, что подобный алгоритм грануляции и раскраски графа может быть, в частности, применен для трансформации топологии СБИС.

Заключение

Методы грануляции информации [5] позволяют выявлять скрытые зависимости в данных о различных объектах. В статье рассмотрены методы грануляции информации, базирующиеся на использовании информации о степенях вершин, о весах ребер и более сложные подходы, использующие алгоритмы раскраски графов.

Предложена идея использования раскраски графа при решении задачи о грануляции информации. Обоснована связь задачи грануляции информации и задачи раскраски графа.

Показано, что в отличии от алгоритмов грануляции по вершинам, использование алгоритмов раскраски графа может приводить к различным гранулам в зависимости от особенностей графа и выбранного алгоритма раскраски графа.

Предложенные подходы к грануляции информации могут быть применены, например, в задачах трансформации топологии СБИС [6].

Литература

1. Оре О. Теория графов. — М.: Наука, 1968. — 336 с.
2. Уилсон Р. Введение в теорию графов. — М.: Мир, 1977. — 208 с.
3. Brooks R. L. On colouring the nodes of a network. Proc. Cambridge Philosophical Soc., 37. 1941, p. 194.
4. Nordhous E. A., Gaddum J. W. On complementary graphs. American Mathematical Monthly, 63. 1956, p. 175.
5. Chen, G., Zhong, N.: Three granular structure models in graphs. In: Li, T., Nguyen, H.S., Wang, G., G-B, J., Janicki, R., Hassanien, A.E., Yu, H. (eds.) RSKT 2012. LNCS (LNAI), vol. 7414, 2012, pp. 351–358.
6. Верстов В.А., Зинченко Л.А., Макарчук В.В., Шахнов В.А.Когнитивная визуализация противоречий в задачах трансформации топологического слоя СБИС для технологии двойного шаблона. Проблемы разработки перспективных МЭС. 2016. С. 158-164.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ
(грант 15-29-01115 офи-м)

ПОИСК КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ ГРАФЕ

Бачурин А.С., Гусев М.В., Дмитриев В.Е.
Научный руководитель: д.т.н., профессор, Зинченко Л.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

SEARCHING THE SHORTEST PATHS IN A DYNAMIC GRAPH

Bachurin A.S., Gusev M.V., Dmitriev V.E.
Supervisor: Dr., Prof., Zinchenko L.A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация
Мы живем в современном мире, где каждый из нас хотя бы раз пользовался картами для поиска того или иного места. Спутниковая навигация давно заменила (если не вытеснила полностью) привычные всем бумажные карты и атласы. Использование карт на смартфонах, планшетах или других устройствах стало намного привычнее: будь то автомобилист, прокладывающий маршрут от дома до работы в объезд дорожных заторов, лайнер, пересекающий океан или, гуляющий по городу, пешеход. Существует множество решений и алгоритмов, способных найти кратчайший путь или наиболее быстрый способ добраться до места назначения (актуально для водителей любых транспортных средств, при условии, что движение по кратчайшему пути не осложнено заторами). Популярность использования различных навигаторов не вызывает вопросов, поэтому для написания статьи мы выбрали данную тему. Итак, целью нашей работы является изучение алгоритмов и методов нахождения кратчайших путей, их реализация на языке С, сравнение и выбор наилучшего. Для сравнения были выбраны и разработаны коды для трех алгоритмов: A*, Contractions Hierarchies и Dijkstra's. После завершения программной части были проведены экспериментальные исследования. Исследовались такие параметры как быстродействие, стабильность работы и эффективность каждого из алгоритмов. Показано, что наибольшим быстродействием обладает алгоритм Contractions Hierarchies и наименьшим – Dijkstra’s.

Annotation
We live in a world where each of us at least once use the map to search for a particular location. Satellite navigation replaced all the usual paper maps and atlases. Using maps on smartphones, pads or other devices become much more familiar: whether a motorist, paving the route from home to work in a detour of traffic congestion, the liner crossing the ocean, or a pedestrian walking around the city. There are many solutions and algorithms that can find the shortest route or the fastest way to reach your destination (important for drivers of any vehicles, provided that the move by the shortest route is not complicated by congestion). The popularity of using different navigators is obvious, that is why we chose this topic for research. Thus, the aim of our work is the algorithms researching and methods for finding the shortest paths, their implementation in C, comparison and selection of the best. For comparison were chosen and developed codes for the three algorithms: A *, Contractions Hierarchies and Dijkstra's. Upon completion of the program of the pilot studies were conducted. We investigated parameters such as speed, stability and efficiency of each algorithm. It is shown that the algorithm has the highest speed and lowest Contractions Hierarchies - Dijkstra's.

Введение

Данная статья посвящена изучению и сравнению алгоритмов по поиску кратчайших путей. Все алгоритмы, которые будут рассматриваться далее и лежащие в основе исследования были реализованы на языке программирования С.

В настоящее время навигаторами пользуется почти каждый из нас, без них не обходится современная авиация, морская навигация, автомобильное движение или простая прогулка. При построении маршрутов ПО навигаторов использует различные алгоритмы поиска кратчайшего пути или наиболее быстрого и, в то же время, рационального. Каждый из алгоритмов обладает своими преимуществами и недостатками (далее мы о них будем говорить более подробно), выбор того или иного зависит от задач, которые необходимо решить.

Итак, необходимо реализовать и сравнить работоспособность алгоритмов A*, Contractions Hierarchies и Dijkstra's.

Целью является получение работоспособных алгоритмов, способных выполнять поставленные им задачи.

В ходе изучения данного вопроса был проведены анализы существующих алгоритмов, принципов их работы, выбор наиболее подходящих и их реализация на языке программирования C. После тщательного изучения поставленных задач был проведен ряд экспериментальных исследований (исследовались качественные характеристики, надежность, скорость работы, эффективность и простота реализации) и получены результаты.

1 Алгоритм Dijkstra's

В 1959 году нидерландским ученым Эдсгером Вибе Дейкстра был изобретен алгоритм, позволяющий находить кратчайшие пути между любыми вершинами графа, названный в его честь. Алгоритм позволяет работать только со связанными графами без ребер с отрицательным весом, что подходит для применения его как основного алгоритма в навигаторах.

Этот алгоритм использует только вес ребер и в качестве веса может быть использовано как расстояние от одной вершины до другой, так и время прохождения этого расстояния, зависящее от скорости движения на данном участке. В процессе работы алгоритм присваивает каждой вершине некое числовое значение, которое соответствует кратчайшему расстоянию до этой точки от начальной (вес вершины). При каждом цикле алгоритма выбирается точка с наименьшим весом и определяется вес всех вершин, которые контактируют с выбранной. Алгоритм продолжает свою работу до тех пор, пока конечная точка не окажется выбранной для исследования как наименьшая по весу в данный момент [1].

2 Алгоритм A*

Алгоритм является расширением алгоритма Дейкстра. Впервые был описан в 1968 году Питером Хартом, Нильсо Нильсоном и Бертрамом Рафаэлем. Рассматриваемый алгоритм использует координатную плоскость, на которой расположен граф, выбранный для исследования. В качестве веса используется расстояние между вершинами.

В процессе работы алгоритм присваивает каждой вершине числовое значение, которое соответствует наиболее короткому расстоянию до данной точки от начальной (вес вершины) плюс расстояние от данной точки до конечной, вычисленное как кратчайшее расстояние между ними на координатной плоскости (по теореме Пифагора). При каждом цикле алгоритма выбирается точка с наименьшим весом и определяется вес всех вершин, которые находятся в контакте с выбранной вершиной. Алгоритм продолжает свою работу д тех пор, пока конечная точка не окажется выбранной для исследования как наименьшая по весу в данный момент [2].

3 Алгоритм Contractions Hierarchie

Алгоритм был описан в 2008 году Робертном Гейсбергером, Питером Сандерсом, Домиником Шультцом и Даниэлем Деллингом. Алгоритм использует технику планирования маршрута, основанную на концепции сокращения узлов.

Рассматриваемый алгоритм может работать как со временем, так и с расстоянием. При каждом цикле данного алгоритма, он сокращает количество ребер в графе, складывая ребра и удаляя вершину между ними. Таким образом, алгоритм проходит по всем вершинам графа, пытаясь найти кратчайший путь. Если конечная вершина будет найдена до того как алгоритм просмотрит все точки, то он продолжит исследовать все точки на поиск кратчайшего пути. Результатом работы данного алгоритма является граф с двумя вершинами [3].

4 Результаты проведенных исследований

Для сравнения работоспособности алгоритмов были составлены задания для проверки. Мы использовали графы с количеством вершин 15, 50 и 100 (рисунок 1).

Далее приведена таблица с полученными результатами и график для наглядности.

Таблица 1 – результаты измерения скорости работы алгоритмов в зависимости от величины графа

Количество вершин графа	20	50	200
Алгоритм	t, ms	t, ms	t, ms
D	19	29	51
A*	13	19,3	28
CH	11,1	38	67

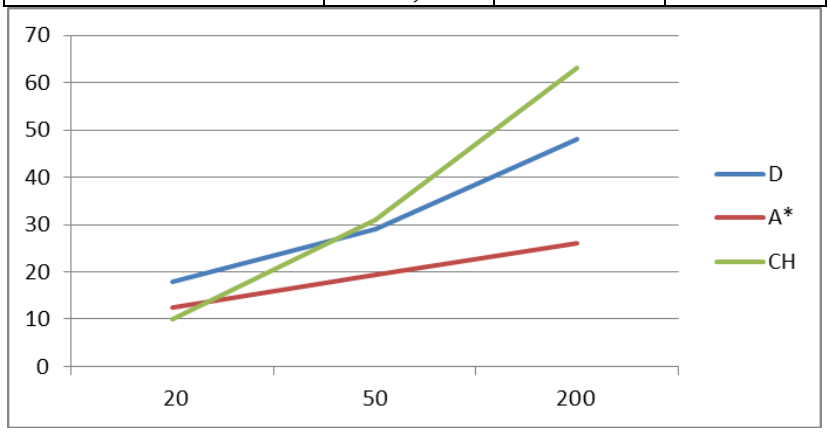


Рис. 1. Графики зависимости данных алгаритмов от размера графа

Заключение

После проведенных экспериментальных исследований были получены следующие результаты: алгоритм Дейкстры не обладает быстродействием, но в то же время размерность графа не сильно влияет на его скорость; имеет высокую стабильность; способность работы с координатами и временем; способность выводить список кратчайших путей зависит от общего количества путей решения. Фактически алгоритм Дейкстры является единственным приемлемым методом, который можно применять в городах, что подтверждается использованием его в Яндекс картах. A* обладает высокой скоростью работы (если сравнивать с быстродействием алгоритма Дейкстры, то можно увидеть, что в среднем алгоритм A* в 2 раза быстрее Дейкстры). Если говорить об эффективности, то на графах среднего и больших размеров (размерность графа не ограничена) A* не испытывает трудностей и не теряет своего быстродействия. Но так же на фоне всех плюсов необходимо выделить и минусы. Основным недостатком является привязка к координатам и невозможность работы относительно времени. На основе вышесказанного становится понятно, что применение алгоритма A* в городе становится невозможным («покажите мне город, в котором скорость езды на всех улицах одинакова»©). После выполнения алгоритма Contractions сразу можно выделить некоторые плюсы: данный алгоритм не привязан к координатной сетке и способен работать со временем, что делает его более продуктивным относительно других аналогов. Но так как Contractions Hierarchies показывает наилучшую производительность только с маленькими графами (графы с небольшим количеством вершин), его основная область применения ограничивается в основном авиацией (ближней и дальней) или морской навигацией, пути которых лежат через небольшое количество промежуточных пунктов.

В заключении необходимо добавить, что в работе обоснован выбор того или иного алгоритма поиска кратчайших путей в динамическом графе для решения поставленных задач. Проведен анализ существующих алгоритмов. Показано, что каждый из рассмотренных алгоритмов обладает как преимуществами, так и недостатками.

Литература

1. Dijkstra E. W.: A note on two problems in connexion with graphs — Ned. Springer Science+Business Media, 1978.
2. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stain: Introduction to algorithms – Eng.: The Miy Press, 2009.
3. Robert Geisberger, Peter Sanders, Dominik Schultes, and Daniel Delling: Contraction Hierarchies: Faster and Simpler Hierarchical Routing in Road Networks. – Deu. Universität Kurlsruhe (TH), 2008.

ЭКСТРАКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ SPICE-МОДЕЛИ КНИ МОП-ТРАНЗИСТОРА ИЗ САПР ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ TCAD

Яшин Г.А., Чистяков М.Г., Новоселов А.С.
Научные руководители: к.т.н., доцент Макарчук В.В.
Российская федерация, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ-4
к.т.н. Глушко А.А.
Российская федерация, Москва, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН

PARAMETERS EXTRACTION OF THE MOSFET SPICE MODEL ON SOI TECHNOLOGY USING A DEVICE-TECHNOLOGICAL SIMULATION IN TCAD ENVIRONMENT

Yashin G.A., Chystiakov M. G., Novoselov A. S.
The supervisors of studies: the senior lecturer, Ph.D. Makarchuk V.V.
Moscow, Russia, Bauman MSTU
Ph.D. Glushko A.A.
Russia, Moscow, SRISA RAS

Анноация
Разработана методика экстракции параметров SPICE-модели BSIMSOI3.2 КНИ МОП-транзистора А-типа по данным прямых измерений и данных, полученных в результате приборно-технологического моделирования в среде TCAD. Изложены теоретические основы построения модели КНИ МОП-транзистора на примере конструктива МОП-транзистора А-типа. Приведена последовательность шагов по экстракции параметров его SPICE-модели и набор типоразмеров транзисторов для нее. Проведено тестирование полученной модели и рассмотрены полученные результаты.

Annotation
The work is devoted to the method of parameters extraction of SPICE model BSIMSOI3.2 of MOSFET for the A-type transistor on SOI technology from experimental data, and the data obtained in the result of device-technological simulation in TCAD environment. There is theoretical information about the model, form factor A transistor, the sequence of extraction parameters set sizes of transistors for it. The resulting model was tested and the results were shown.

При проектировании СБИС обязательном этапом процесса разработки является моделирование и верификация работы ее электрической схемы на транзисторном уровне в специальных пакетах схемотехнического моделирования, таких, как например "*Virtuoso Cadence"*, при помощи SPICE-симулятора MMSIM (Spectra). Компьютерная программа SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)* – это симулятор, который позволяет моделировать работу электрической схемы на уровне отдельных транзисторов, количество которых может достигать десятков тысяч.

При схемотехническом моделировании каждый тип КНИ (кремний-на-изоляторе) МОП-транзистора имеет свою модель, которая представляет собой комплекс математических выражений и констант, значения которых определяют поведение МОП-транзистора при подаче на его выводы внешних сигналов, каковыми могут быть постоянные напряжения или импульсные сигналы различной формы.

К настоящему времени для МОП-транзисторов уже разработаны и существуют несколько основных моделей, ставших индустриальным стандартом во всем мире. Одной из самых распространённых моделей МОП-транзисторов являются модели BSIM, разработанные в Калифорнийском университете Беркли. Данные модели адекватно отражают работу самых распространённых типов МОП-транзисторов, таких как планарные МОП-транзисторы, КНИ МОП-транзисторы, Fin-fet-транзисторы и многозатворные МОП-транзисторы.

В настоящей работе рассмотрена разработанная нами модель BSIMSOI3.2 МОП-транзистора, применяемая при схемотехническом моделировании работы функциональных узлов СБИС, создаваемых по технологий КНИ с минимальной проектной нормой порядка 0,18 мкм.

Для того, чтобы получить SPICE-модели определенного набора МОП-транзисторов с разным отношением ширины канала W к его длине L, необходимо иметь их вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики, которые описывают их работу во всех основных режимах, для нескольких отношений W/L. Эти кривые получают по результатам измерений характеристик МОП-транзисторов на фабрике, производящей СБИС по определенной технологии, и уже на их основе строят модель транзистора. Для получения подобных характеристик используют как специальные структуры (например, для получения вольт-фарадных характеристик), так и наборы МОП-транзисторов с разным отношением W/L. После измерения характеристик указанных структур проводят процедуру экстракции параметров модели транзисторов и их оптимизацию с целью обеспечения как можно более точного совпадения данных моделирования с данными прямых измерений.

Очень часто возникает ситуация, при которой оказывается невозможным получить весь необходимый набор измерений, например, вследствие отсутствия измерительных приборов, обеспечивающих достаточную точность измерений, или из-за недостатка специальных тестовых структур на кристалле. Сказанное в первую очередь относится к вольт-фарадным характеристикам субмикронных МОП-транзисторов, поскольку величина их емкостей очень мала, и при отсутствии протяженных транзисторов с большой шириной W, процесс их получения представляет большие трудности из-за наличия больших по величине паразитных емкостей измерительного оборудования. В таком случае для получения вольт-фарадных характеристик МОП-транзистора можно воспользоваться его компьютерной моделью, разработанной с применением пакета приборно-технологического моделирования TCAD.

Целью данной работы являлась разработка методики построения модели BSIMSOI3.2 МОП-транзистора А-типа с минимальной проектной нормой 0,35 мкм с использованием пакета приборно-технологического моделирования TCAD Sentaurus и оптимизационного пакета IC-CAP для последующего схемотехнического моделирования в пакете Virtuoso Cadence и SPICE симуляторе MMSIM.

Транзистор А-типа

N-канальный транзистор А-типа, приборно-технологическая модель которого изображена на рисунках 1 и 2, представляет собой КНИ МОП-транзистор, имеющий подключение его кармана к истоку при помощи слоя силицида титана $TiSi_2$ через специальные легированные области. В результате в такой конструкции возможность подачи на карман потенциала, отличного от потенциала истока, исключена, что позволяет избежать эффектов плавающей подложки. Однако отсутствие отдельного контакта к карману МОП-транзистора в этом случае не позволяет получить полный набор кривых для экстракции параметров модели.

Модель BSIMSOI3.2

Модель BSIMSOI3.3 является SPICE-моделью МОП-транзисторов, изготовленных по технологии КНИ с проектными нормами не ниже 0,18 мкм. Она основана на модели BSIM3.2 МОП-транзисторов, сформированных в объемном кремнии, с добавлением эффектов, присущих транзисторам на основе КНИ технологии.

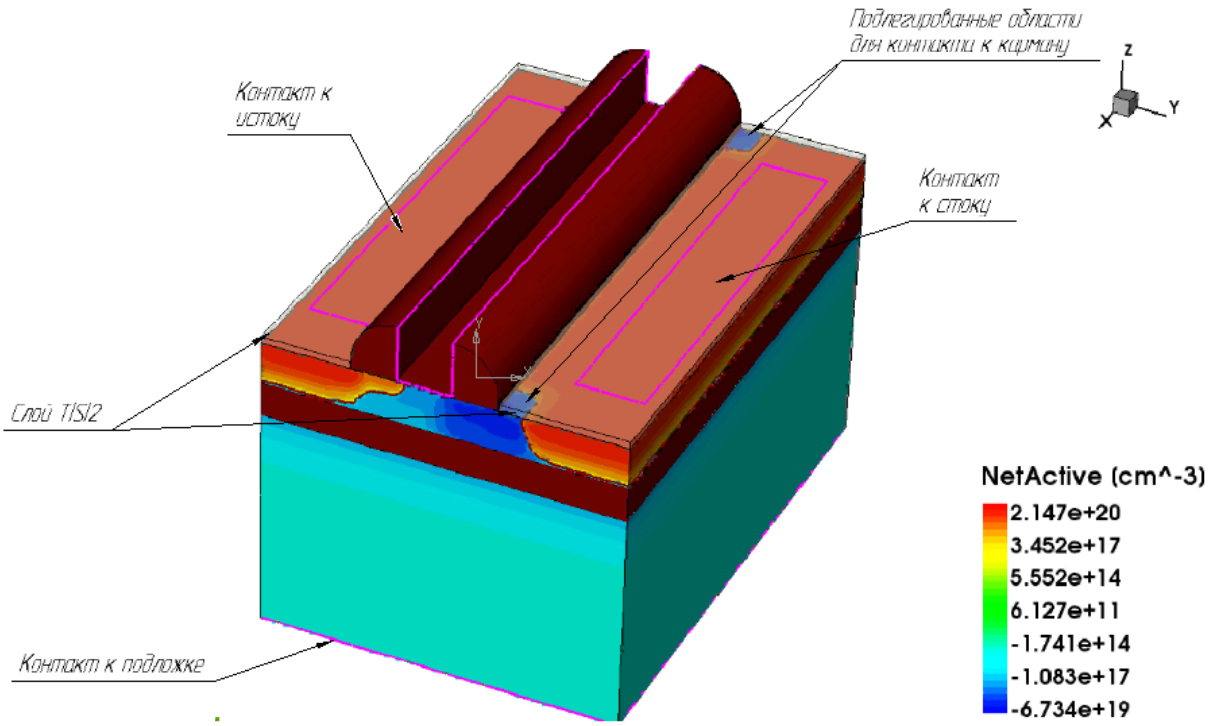


Рис. 1. Трехмерная структура *n*-канального МОП-транзистора А-типа (интенсивность оттенков серого в области отсеченного кремния соответствует степени легирования)

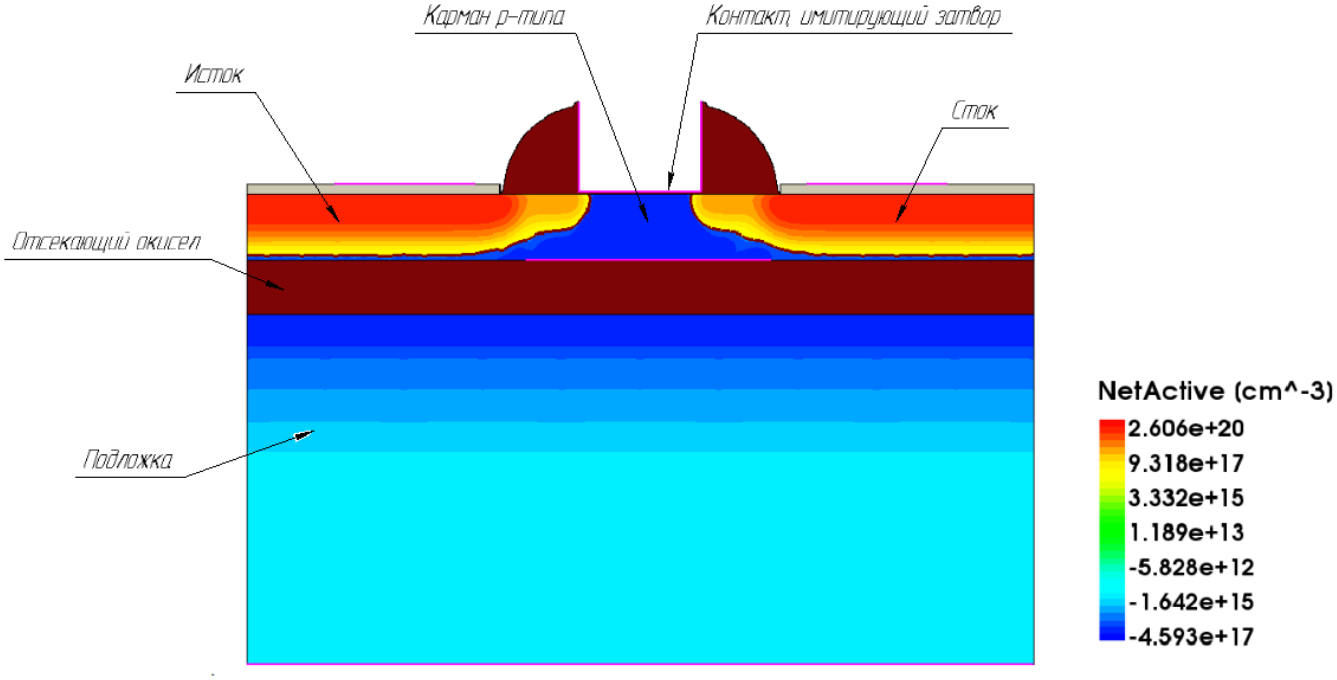


Рис. 2. Поперечный разрез вертикального профиля МОП-транзистора А-типа

В основе математического описания данной модели МОП-транзистора лежат выражения для расчета его порогового напряжения с учетом эффектов короткого и узкого канала, а также единое выражение для тока стока при работе во всех возможных режимах его функционирования, что означает отсутствие разрывов вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик при переходе, например, из линейной области в область насыщения. Кроме того, модель основана на единых выражениях для зарядов затвора,

кармана, стока и истока для всех режимов его работы. А поскольку рассматриваемая модель позволяет моделировать характеристики КНИ МОП-транзисторов, то она дает возможность оценивать токи, которые определяют его потенциал, учитывает эффекты от наличия паразитного биполярного транзистора и эффект саморазогрева структуры. Наконец, во всех выражениях для токов в ней учтена зависимость параметров от температуры, что позволяет моделировать работу транзистора во всем температурном диапазоне [1].

Получение вольт-фарадных характеристик

Для получения вольт-фарадных характеристик была использована модель КНИ МОП-транзистора А-типа, представленного на рисунке 1. Для экстракции ее динамических параметров необходим набор характеристик на протяженном (большое значение W) транзисторе с несколькими длинами канала. Для экстракции параметров SPICE-модели были использованы результаты измерений вольт-фарадной характеристики транзисторов с шириной W=50 и длинами канала L=0.35, 0.7, 1, 10 мкм. С этой целью в модуле САПР TCAD *Sentaurus Device* был проведен малосигнальный анализ структуры для контактов затвор, сток, исток и карман и получены матрицы емкостей, из которых затем были извлечены все необходимые параметры, указанные далее в таблице 2. В качестве примера, на рисунке 3 изображены вольт-фарадные характеристики для *n*-канального КНИ МОП-транзистора с L=0.35, W=10.

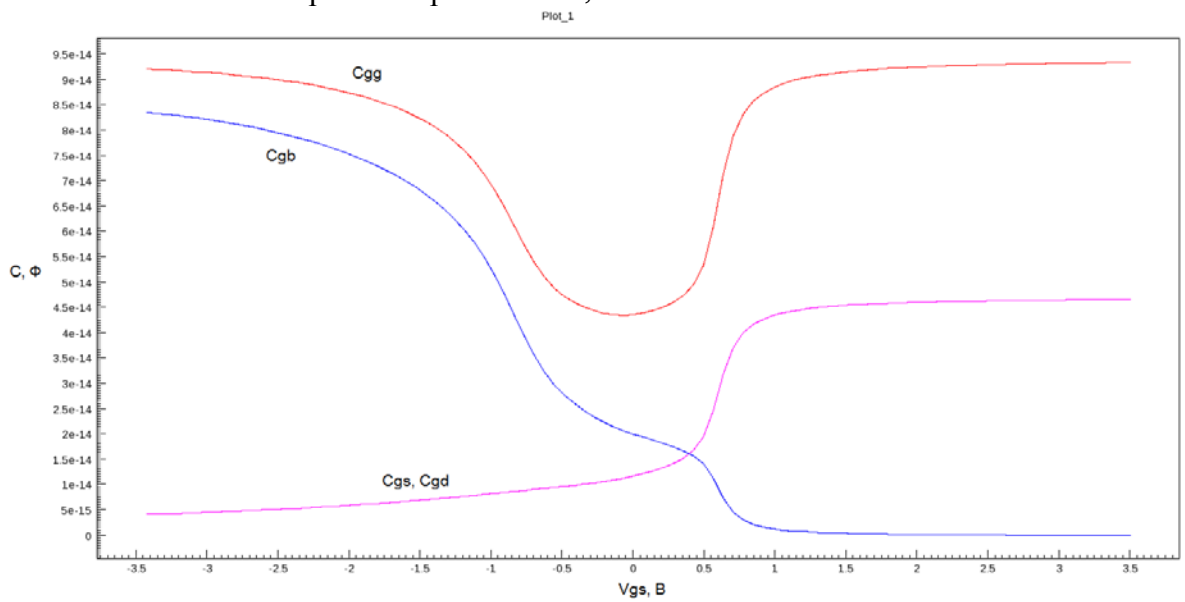


Рис. 3. Вольт-фарадные характеристики *n*-канального МОП-транзистора

Экстракция параметров BSIMSOI3.2

Экстракция параметров для SPICE-модели проводилась по принципу глобальной и локальной оптимизации. Для корректной экстракции параметров модели транзистора А-типа был необходим набор его основных характеристик, приведенный в таблице 1, а также набор транзисторов с разной длинной L и шириной W. Основной принцип экстракции состоял в выделении участков характеристик, на котором экстрагируемые параметры оказывали наибольше влияние на функционирование транзистора. Затем была проведена процедура локальной оптимизации этих параметров на участках для транзисторов с определенными геометрическими параметрами. Например, параметры, которые отвечали за эффект короткого канала, были экстрагированы на наборе характеристик для транзисторов с разной длиной канала и максимальной его шириной.

После получения параметров методом поиска локального экстремума, необходимо было повысить точность полученных значений с помощью глобальной оптимизации на больших наборах кривых и типоразмерах транзисторов [2].

Для экстракции параметров, которые характеризуют статический режим работы транзистора были использованы его вольт-амперные характеристики, а для описания динамического режима применены вольт-фарадные характеристики. Получение температурных зависимостей параметров модели проводилось и использованием наборы кривых, измеренных при различных температурах. Для экстракции основных параметров, характеризующих пороговое напряжение (Vth0, K1, K2) и подвижность (U0, Ua, Ub) в наборе транзисторов обязательно должен был присутствовать транзистор с большой длиной и шириной канала (W=10, L=10)

Вольт-амперные характеристики МОП-транзисторов, указанные в таблице 1, были измерены на тестовом кристалле с помощью установки B1500 фирмы «Agilent». Так как у транзистора А-типа отсутствует отдельный контакт к карману, то в модели потенциал кармана принимается равным потенциалу истока (который принимается равным 0В).

Ввиду отсутствия у транзистора данного типа контакта к подложке экстрагировать основные параметры модели, отвечающие за эффекты ударной ионизации, и соответственно, ток кармана (alpha0, beta0, beta1, beta2, vdsatii) и эффект смещения кармана (K1, K2, Uc, etab, Uc1), не представлялось возможным. Поэтому для их получения использовалась специальная структура с отдельным контактом к подложке и геометрические размеры L=10 мкм, W=10 мкм, а также набор кривых из таблицы 1.

Перед основной процедурой экстракции параметров из приборно-технологической модели и описания исходной КНИ-подложки были получены следующие технологические параметры: толщины подзатворного окисла (Tox), отсеченного кремния (Tsi) и отсекающего окисла (Tbox), а также глубина залегания *p*-*n*-перехода в области стока/истока (Xj) и уровни легирования канала (Nch) и подложки (Nsub).

Таблица 1 – Характеристики КНИ МОП-транзистора и основная последовательность процесса экстракции и оптимизации DC-параметров (для *p*-канального транзистора напряжения с обратным знаком).

№	Характеристика	Экстрагируемые группы параметров
1	Ids_Vgs @Vds=0.1В	Параметры, отвечающие за пороговое напряжение (Vth0, K3, W0, dvto, dvt1, dvt2), включая эффекты короткого и длинного канала, коэффициенты подвижности (U0, Ua, Ub), эффективная длина и ширина канала (Lint, Wint), последовательное сопротивление (rdsw) и параметры, отвечающие за подпороговый участок кривой (voff, nfactor, cit).
2	Ids_Vgs @Vds=3.3В	Параметры, отвечающие за DIBL эффект в подпороговой области (etab, dsub).
3	Ids_Vds @Vgs=0, 0.52,…,3.64В	Значения скорости насыщения электронов/дырок (vsat), эффект заряда подложки (a0, ags, b0, b1), эффект сокращения длины канала (pclm), DIBL эффект (pdiblc1, pdiblc2, pdiblc3, drout), pvag и delta, параметры, отвечающие за эффект саморазогрева (rsh).
4	Ids_Vgs @Vds=0.1В с температурами 60С и 125 С	Параметры, отвечающие за температурную зависимость подвижности (Ua1, Ub1), пороговое напряжение (Kt1, Kt1l).

Так как данный тип транзистора не имеет плавающего кармана, то параметры, отвечающие за эффект плавающей подложки, выбираются постоянными величинами, равными значениям по умолчанию. Толщина окисла в данной технологии равна 7 нм,

поэтому модель туннельного тока отключена по причине чрезвычайно малого туннельного тока затвора.

На рисунках 4 и 5 показана сетка типоразмеров транзисторов, используемых для экстракции. Крестиком отмечены транзисторы, для которых дополнительно использовался набор кривых на разных температурах (60°C и 125°C). Для *n*-канальных и *p*-канальных набор немного отличается, в силу того, что для p-канальных транзисторов требуется в два раза большая ширина транзистора.

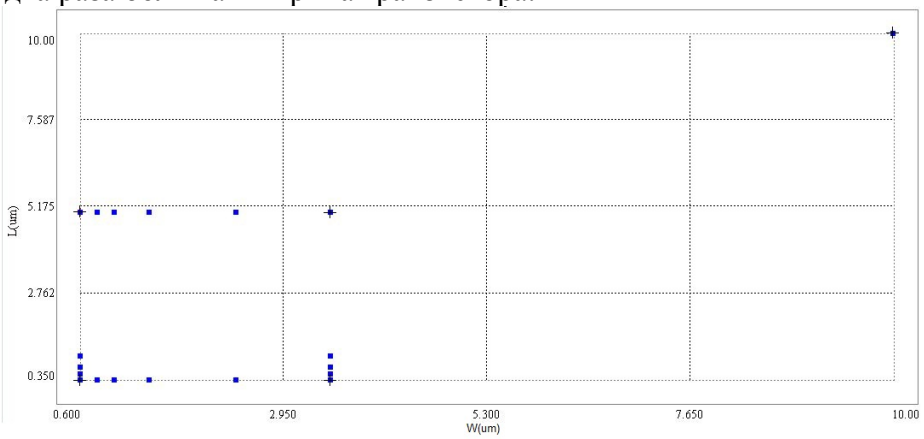


Рис. 4. Набор типоразмеров для экстракции параметров, характеризующих статические характеристики *n*-канальных КНИ МОП-транзисторов

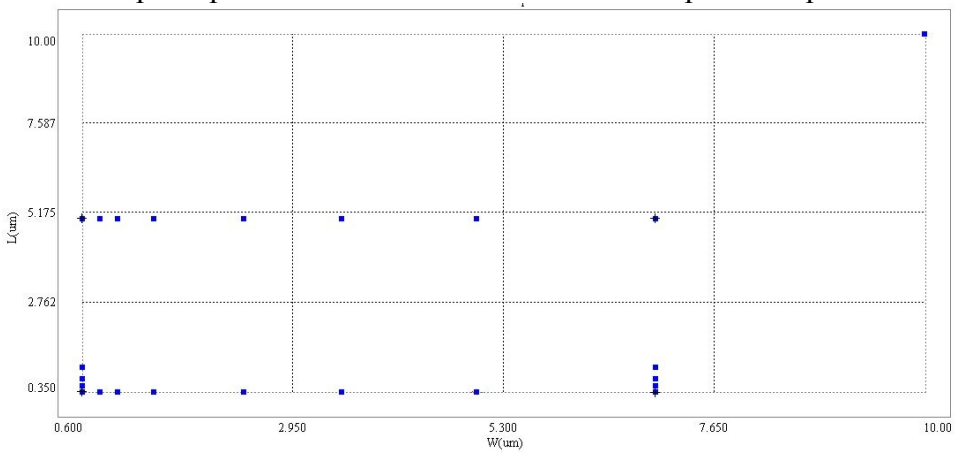


Рис. 5. Набор типоразмеров для экстракции параметров, характеризующих статические характеристики *p*-канальных МОП-транзисторов

После экстракции параметров модели, характеризующих статические характеристики, и дополнительной глобальной оптимизации для повышения точности модели на различных размерах транзисторов, необходимо по аналогичному принципу экстрагировать набор параметров малосигнальных моделей транзисторов. Данный набор включает в себя параметры различных паразитных емкостей транзистора (емкости перекрытия областей стока/истока, емкость перекрытия LDD-областей, емкость между затвором и областями стока/истока). Необходимые кривые для экстракции, соответствующие параметры и последовательность экстракции указаны в таблице 2. Эти характеристики были получены в ходе малосигнального анализа приборно-технологической модели транзистора А-типа.

Таблица 2 – Характеристики транзистора и основная последовательность экстракции и оптимизации параметров малосигнальной модели (для *p*-канального транзистора напряжения с противоположным знаком).

№	Характеристика	Экстрагируемые группы параметров
1	Cgg_Vgs@Vds=0B	Проверка параметра Tox
2	Cgs_Vgs@Vds=0B Cgd_Vgs@Vds=0B	Емкость области перекрытия стока/истока (Cgso, Cgdo), Емкость области перекрытия LDD (Cgsl, Cgdl), емкость затвор-сток/исток (Cf), эффективная длина канала (Dlc), Ckappa
3	Cgs_Vds@Vgs=1.7, 2.7B Cgd_Vds@Vgs=1.7, 2.7B	Cle, Clc
4	Cj_Vps@Vs=0B	Параметры диффузионных емкостей боковых p-n-переходов карман-сток/исток (Cjswg, Mjswg, Pbswg)

Результаты тестирования полученных моделей n- и p- канальных транзисторов А-типа

Оценка точности полученных статических и динамических параметров SPICE-модели КНИ МОП-транзисторов А-типа проводилось для случая различной температуры окружающей среды. Для проведения тестов на статические характеристики использовались схемы транзисторных источников опорного напряжения (bandgap), а на динамические - схемы задержи. В таблице 3 приведены результаты тестирования моделей – относительная погрешность моделируемых значений (значение напряжений источников опорного напряжения и значения времени задержки сигнала) в сравнении с измеренными значениями на кристалле.

Таблица 3 – Результаты тестирования моделей транзисторов А-типа.

№	Схема	Относительная погрешность	
		25°C	85°C
1	Источник опорного напряжения Vвых=1В	0.5%	0.8%
2	Источник опорного напряжения Vвых=3В	1.0%	1.7%
3	Схема задержки NOT	1.2%	1.0%
4	Схема задержки NAND	1.9%	2.1%

Из таблицы 3 видно, что для тестируемых схем, относительные погрешности находятся в пределах 2%, что позволяет говорить о том, что точность модели меньше разброса параметров тестируемых схем вследствие отклонений технологических режимов при изготовлении пластин.

Заключение

В результате проведенного приборно-технологического моделирования в САПР TCAD получены вольт-фарадные характеристики субмикронных МОП транзисторов А-типа с обоими видами проводимости канала, которые вместе с экспериментальными вольт-амперными характеристиками были использованы для создания SPICE-моделей КНИ МОП-транзисторов на основе модели BSIMSOI3.2.

Полученные SPICE-модели были проверены на тестовых схемах в SPICE-симуляторе MMSIM. Результаты тестирования подтвердили корректность предложенной методики экстракции параметров SPICE-модели.

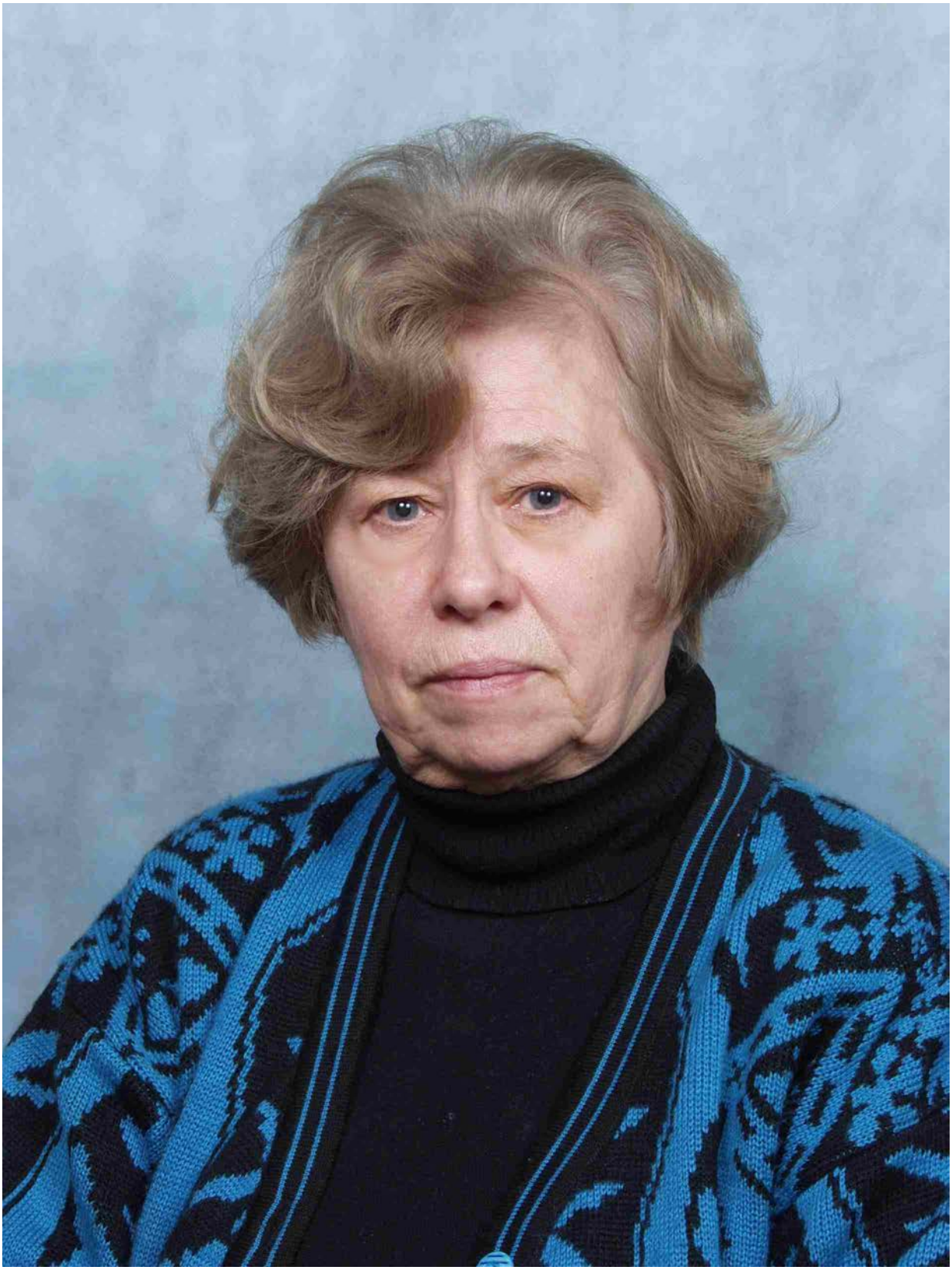
Литература

1. Yuhua Cheng, Chenming Hu: MOSFET MODELING & BSIM3 USER'S GUIDE– NY.: Kluwer Academic Publishers. 2002 – 478 c.
2. Yannis Tsividis: Operation & Modeling of the MOS Transistor – Third Edition– NY.: Oxford University Press. 2011 – 750 c.
3. Synopsys: Sentaurus™ Device User Guide -Version K-2015.06, June 2015. – 1494 c.

Работа выполнена при частичной финансовой
поддержке РФФИ (грант 15-07-03116)

Поздравляем

с 80 летним юбилеем!



Камышная Эмилия Николаевна
(родилась 14.01.1937, г. Москва)

Камышная Эмилия Николаевна родилась 14.01.1937 в г. Москве в семье инженеров и врачей. Отец Эмилии Николаевны - Николай Иванович Камышный (1909 – 1995 гг.), профессор, доктор технических наук крупный специалист по вопросам автоматизации производства, создатель теории и первых отечественных конструкций вибробункеров, первый заведующий кафедрой «Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение» (МТ11) МГТУ им.Н.Э.Баумана.

В 1955 году Эмилия Николаевна окончила среднюю общеобразовательную школу №610 г. Москвы на Сретенке и музыкальную школу свердловского района у кинотеатра Центральный по классу скрипки (руководитель класса Семён Ильич Безродный), участвовала в оркестре и хоре школы (хормейстер Александр Борисович Хазанов).

В 1955 Эмилия Николаевна году поступила в МВТУ им.Н.Э.Баумана на кафедру П1 (ИУ1). Во время обучения в училище вела активную общественную работу, выступала 1-ой скрипкой в первом составе Неаполитанского ансамбля (основан Н. Д. Мисоиловым в 1957 г.).

В 1961 г. Эмилия Николаевна окончила кафедру П1 (ИУ1) МВТУ им.Н.Э.Баумана по специальности инженер-электромеханик по автоматическим, телемеханическим и электрическим приборам и устройствам защитив диплом на тему "Системы наведения и коррекции высокоточного летательного аппарата" (руководитель диплома Коньков В. Г.).

С 1961 по 1966 работала на заводе N706 (п/я 2429) Минсудпрома в качестве инженера.

С 1966 по 1968 гг. работала старшим инженером на авиационном заводе "Квадрат" (п/я 2497).

В МВТУ им.Н.Э.Баумана Эмилия Николаевна работает с 1968 года на кафедре П6 (ИУ6) в должности математика-программиста, ст. инженера вычислительной лаборатории. Занималась разработкой прикладного программного обеспечения для первых ЭВМ "Урал -1", "Минск-2" (ЭМН 222) под руководством В.М.Черненького.

С первых дней работы активно участвовала в жизни профкома Училища. В 80-х годах входила в состав профбюро кафедры, являлась членом Координационного совета по новому набору среди среднеспециальных учреждений образования.

С декабря 1970 по 1973 гг. обучалась в аспирантуре МВТУ им.Н.Э.Баумана, после окончания аспирантуры оставлена на кафедре П6 в должности младшего научного сотрудника.

В 1978 защитила диссертацию кандидата технических наук по теме "Разработка и исследование метода проектирования типовых элементов конструкции ЭВМ", руководитель проф., д-р техн. наук В.Н.Голубкин. Во время обучения в аспирантуре активно вела педагогическую работу, проводила практическими занятиями по курсам В. И. Суровцева, А.Я.Савельева, А.С. Ваулина.

За 50 лет трудовой деятельности прошла пусть от инженера, ассистента до доцента, ведущего преподавателя в области автоматизированного проектирования ЭА кафедры "Проектирование и производство электронной аппаратуры" (П8, ИУ4) МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Начиная с 80-х годов на конструкторских и технологических кафедрах факультета "Приборостроение" все больше внимание уделяется средствам автоматизации проектирования. В 1978 году кафедру П8 (ИУ4) возглавил профессор, д-р техн. наук Борис Иванович Белов. Именно в этот период основное внимание при подготовке специалистов в области вычислительной техники концентрируется на сквозном (комплексном) схемотехническом, конструкторском и технологическом проектировании электронной аппаратуры при активном использовании средств автоматизации. Под руководством проф. Б.И. Белова были проведены работы по совершенствованию схемотехнического проектирования элементов и устройств, результаты которых обобщены в книгах: Б.И. Белов "Расчет электронных схем на ЭЦВМ" (1971) и Б.В.

Анисимов, Б.И. Белов, И.П.Норенков "Машинный расчет элементов ЭВМ" (1976). Развитие средств автоматизации проектирования потребовало новых учебных курсов, новых решений. В 1981 году Эмилию Николаевну Камышную приглашают работать на кафедру П8 (ИУ4) в должности ассистента, читать профильные курсы кафедры в области автоматизации проектирования. Многие из пакетов прикладных программ, разработанные при участии Э.Н.Камышной, включены во Всесоюзный фонд алгоритмов и программ.

В конце XX века Эмилия Николаевна являлась ответственным исполнителем ряда НИР и ОКР в области автоматизации проектирования плоских жгутов (автоматизация размещения и компоновки электромонтажа авиационной техники), результаты которых были внедрены на предприятиях авиационной промышленности (г. Москва, г.Казань).

Эмилия Николаевна автор ряда уникальных авторских компьютеризированных методик по передачи знаний, форм активного обучения. С 1980 года являлась лектором Университета технического прогресса.

В 1985 году Эмилия Николаевна заканчивает Всесоюзный Университет Марксизма Ленинизма и защищает диплом по политэкономии. Под ее руководством в 90-х годах был сформирован новый облик политического семинара, который пользовался в то время большой популярностью. В его практику вошли материалы связанные с новыми экономическими реалиями и "новым мышлением". Это было время, когда за газетами выстраивались огромные очереди, когда слово "перестройка" была на устах каждого. Казалось, что еще не много и все временные трудности будут преодолены.

В 1989 году выходит учебник Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры, подготовленный Эмилией Николаевной совместно с Е.М.Парфеновым и В.П.Усачовым. В этом издании нашли отражения результаты многолетних исследований авторов при проектировании различных конструкций радиоэлектронной аппаратуры. Приведены методики конструкторских расчетов, учитывающие системный подход к ее проектированию, а также рабочие программы автоматизированного конструирования. На многие годы это издания стало настольной книгой инженеров-конструкторов радиоэлектронной аппаратуры.

В 1990 годах Эмилия Николаевна работает над внедрением средств вычислительной техники в учебный процесс, курсовое и дипломное проектирование, ей разработаны ряд авторских методик по проведению проектных расчетов на основе ЭВМ типа ЕС-1055, СМ ЭВМ, ECTEL, Мозовия с учетом требований балансировки нагрузки.

27 сентября 1990 года Э.М.Камышной присвоено звание доцента по кафедре "Конструирование и производство электронно-вычислительной аппаратуры" (Решение ГК СССР по народному образованию №1354/д).

В период 80-х - 90-х годов Эмилия Николаевна выполняла обязанности Ученого секретаря НТС кафедры "Проектирование и технология производства ЭА" (П8, ИУ4), руководителя секции по вычислительной техники и автоматизации.

При непосредственном участии Эмилии Николаевны на кафедре сформировалось научное направление, связанное с автоматизацией проектных процедур электронной аппаратуры, реализацией системного подхода к проектированию и применением методов искусственного интеллекта для решения проектных задач. Основные задачи этого направления отражены в восьми томах учебного пособия "Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС и ЭВС" (1998 - 2003 гг.). Всего Э. Н. Камышная является автором более 50 научных и учебно-методических работ.

14 января 2002 года за многолетнюю плодотворную работу Э.М.Камышная была отмечена благодарностью Ректора МГТУ им.Н.Э.Баумана (Приказ №02-03-а/5).

11 апреля 2007 года за многолетнюю плодотворную работу по развитию и совершенствованию учебного процесса, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов награждена Почетной грамотой Министерства образования и науки РФ (Приказ №495/к-н).

За многолетнюю и успешную работу в области подготовки кадров Эмилия Николаевна Камышная награждена медалью "Ветеран Труда" (1991 г.), неоднократно отмечалась благодарностями общества "Знание".

Весь коллектив кафедры ИУ4 (П8) поздравляет Эмилию Николаевну с юбилеем, желает невероятных сил и энергии, креативного мышления и уникальных способностей, неотразимой красоты и доброты души, большого человеческого счастья!

Литература

1. Научные школы Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана. История развития / Под ред.И.Б.Федорова , К.С.Колесникова. – 2-е изд. Доп. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 464 с.: ил.
2. Выдающиеся выпускники МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1868-1930 / Г.П.Павлихин, Г.А.Базанчук. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2010. – 445 с.: ил.

Список основных публикаций

1. Камышная Э.Н., Парфенов Е.М., Усачов В.П. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. Учебное пособие для вузов - Москва, Изд-во Радио и Связь. 1989. 272 с.
2. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2014. 165 с.
3. Григорьев В.П., Камышная Э.Н., Нестеров Ю.И., Никитин С.А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1998. 48 с.
4. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана.
2011. 44 с.
5. Камышная Э.Н., Парфенов Е.М., Шерстнев В.В. и др. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭА И ЭВА - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. В 8-ми томах (1998 - 2003 гг.).
6. Белов Б.И., Камышная Э.Н., Маркелов В.В. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 1993. № 3. С. 59-65.
7. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Власов А.И. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 1 (5). С. 35-42.
8. Голубкин В.Н., Камышная Э.Н., Анисимов Б.В., Овчинников В.А. АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ТЭК С УЧЕТОМ ПОВТОРЯЕМОСТИ // Электронная техника. Серия 7: Технология, организация производства и оборудование. 1977. № 4. С. 74-76.
9. Голубкин В.Н., Овчинников В.А., Камышная Э.Н. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ СОСТАВА ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ (ТЭК) РАЗЛИЧНОГО РАНГА // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 1973. № 12. С. 55-59.

Иванов Юрий Викторович
(родился 04.04.1937, г. Куйбышев (Самара))

Иванов Юрий Викторович родился 04.04.1937 г. в Куйбышеве (Самара). Там же в 1954 году окончил среднюю школу №58. В 1959 г. закончил механический ф-т Куйбышевского индустриального института по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". С 1961 по 1964 г. проходил обучение на вечернем факультете "Автоматика и измерительная техника" Куйбышевского (ныне Самарского) политехнического института по специальности "Автоматика и телемеханика".

После окончания института Юрий Викторович Иванов с 1959 по 1962 гг. работал на заводе Металлоконструкций в должностях: производственный мастер по ремонту оборудования, и.о. Главного механика завода; инженер конструктор 1-ой категории - руководитель группы автоматизации и механизации. С 1962 по 1965 гг. работал инженером - конструктором по проектированию нестандартного технологического оборудования в филиале НИАТ.

В МВТУ им. Н.Э. Баумана Ю.В. Иванов с 1965 г. (1965 г - аспирант каф. АМ-1; с 1968 г. - ассистент, с 1972 г – ст. преподаватель каф. П-8, с 1976 – доцент, с 2004 – проф. каф. ИУ-4). Его общий инженерный стаж работы – более 50 лет, в МГТУ научно-педагогический – 45 лет. Активно занимался спортом: большой теннис, хоккей с мячом.

В 1970 г. Ю.В. Иванов защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему "Исследование электрогидравлического следящего привода подачи стола фрезерного станка" (Диплом № 051045 от 19.01.1970 г.).

С 1975 по 1977 гг. проходил обучение в институте Марксизма-Ленинизма на экономическом факультете (Дипл. № 637).

В 1978 г. Юрию Викторовичу было присвоено ученое звание доцента по кафедре Конструирование и производство ЭВА (Диплом №019507 от 26.04.1978 г.).

С 1983 по 1988 на добровольных началах был деканом ф-та САПР и ГПС Московского народного университета технического прогресса. Активно участвовал в работе общества "Знание".

25 марта 1997 Ю.В. Иванов отмечен благодарностью ректора МГТУ им. Н.Э. Баумана за долголетнюю и добросовестную работу в университете (Приказ №97-03/584).

Юрий Викторович Награжден медалью "В память 850-летия Москвы" (№0425622, Указ Президента РФ от 26 февраля 1997 г.). 22 марта 1999 года он был награжден медалью "Ветеран труда" (№431183).

2 апреля 2002 года Ю.В.Иванов отмечен благодарностью ректора МГТУ им. Н.Э. Баумана за многолетнюю плодотворную работу (Приказ №02-03-а/96).

В июне 2003 г. Ю.В.Иванов защищает докторскую диссертацию на тему "Методы и средства проектирования технологических структур гибких автоматизированных сборочных комплексов многономенклатурного производства электронной аппаратуры" (Решение ВАК от 16 января 2004 года). В 2004 году он избран по конкурсу на должность профессора кафедры ИУ-4.

Иванов Ю.В. является крупным специалистом в области автоматизированного производства ЭВА, РЭА, приборо- и машиностроения. Им опубликовано более 150 научных работ. Среди них учебники, учебные пособия, статьи, справочники, монографии. Научно-педагогическая деятельность проф. Иванова Ю.В. направлена на повышение эффективности сборки электронной аппаратуры (ЭА), разработку теоретических основ технологии автоматизированного производства ЭВС, РЭС, подготовку специалистов в этом направлении. Им разработана и внедрена система учебных занятий (подготовлено и прочитано более 10 наименований новых дисциплин, поставлено более 10 -лабораторных работ, более 35 - семинарских занятий).

Юрий Викторович является автором ряда учебников по автоматизации производства ЭА: учебник «Основы автоматики и автоматизация производственных процессов» (соавтор А.Н. Малов) и 25 учебных пособий. Среди них: «Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов» (соавтор

Н.А. Лакота); «Автоматизация проектирования специального технологического оснащения гибкого автоматизированного сборочного комплекса производства ЭА»; «Автоматизированная разработка управляющих технологических программ монтажа и пайки интегральных микросхем с планарными выводами на автомате с ЧПУ с оптимизацией очередности»; «Проектирование операций сборки, выполняемых на оборудовании с ЧПУ»; «Автоматизация проектирования оптимальных операций сборки ЭА на автоматах гибких автоматизированных комплексов»; «Проектирование роботизированных комплексов сборки ЭА»; «Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки ЭА в гибких автоматизированных комплексах»; «Курсовая работа по автоматизированному производству ЭА»; «Адаптация ЭА к условиям сборки в гибких автоматизированных комплексах»; «Проектирование координатных систем с быстродействующими следящими приводами для автоматизации сборки ЭА» и др.

Юрий Викторович активно занимался научными исследованиями, являлся исполнителем 6-ти ОКР, 4-х НИР и 5-ти госбюджетных тем, результатом которых явилось создание специального оборудования, средств его автоматизации, механизированных участков и гибких автоматизированных сборочных комплексов (ГАСК).

В 2005 г. он был награжден юбилейным знаком «175 лет МГТУ им. Н.Э. Баумана». В 2005 победил в конкурсе «Лучший преподаватель МГТУ им. Н.Э. Баумана 2005/2006 учебного года».

В 2011 году Ю.В.Иванов награжден медалью "50 лет Космонавтики".

В 2014 г. Юрию Викторовичу решением Президиума Российской Академии Естествознания (РАЕН) присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и образования" (Протокол №485). В 2015 году Ю.В. Иванов награжден за новаторскую работу в области высшего образования золотой медалью РАЕН. В этом же году ему присвоено почетное звание Академика РАЕН (Диплом №8089). В 2016 году Юрию Викторовичу было присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и техники РАЕН".

С 2010 г. Ю.В. Иванов работает над изданием 5-ти томной монографии «Теория и практика автоматизации производства ЭА» общим объемом 150 п. листов: том 1 «Основы автоматизации производства ЭА», том 2 «Промышленные роботы и технологические автоматы роботизированных комплексов сборки ЭА», том 3 «Компьютерная подготовка сборки ЭА в роботизированных комплексах», том 4 «Компьютерное проектирование технологических структур роботизированных комплексов сборки ЭА», том 5 «Компьютерное прогнозирование характеристик роботизированных комплексов сборки ЭА».

Весь коллектив кафедры ИУ4 поздравляет Юрия Викторовича с Юбилеем и желает всегда оставаться таким же жизнерадостным, открытым и творческим человеком. Пусть Ваша обаятельная улыбка и профессионализм всегда будут визитной карточкой нашего коллектива!

Литература

1. Научные школы Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. История развития / Под ред. И.Б. Федорова, К.С. Колесникова. – 2-е изд. Доп. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 464 с.: ил.
2. Выдающиеся выпускники МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1868-1930 / Г.П. Павлихин, Г.А. Базанчук. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 445 с.: ил.
3. Основатели научных школ Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана Краткие очерки / Под ред. Е.Г. Юдина , К.Е. Демихова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 632 с.: ил.
4. Н.Т. Медведь «Бауманцы» - М.: Рекламно-полиграфический центр, 1998. - 76 с.

Список основных публикаций

1. Малов А.Н., Иванов Ю.В. ОСНОВЫ АВТОМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ - Москва, Изд-во Машиностроение. 1974. 368 с. [тираж 37 000].
2. Агеев А.Д., Билибин К.И., Иванов Ю.В. и др. СПРАВОЧНИК ТЕХНОЛОГА-ПРИБОРОСТРОИТЕЛЯ. Справочник. В 2-х томах - Москва, Изд-во Машиностроение. 1980. (2-ое издание, переработанное и дополненное) [тираж 40 000].
3. Иванов Ю.В., Лакота Н.А. ГИБКАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЭА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И РОБОТОВ. Учебное пособие для вузов - Москва, Издательство "Радио и связь". 1987. 464 с. [тираж 15 000].
4. Иванов Ю.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Изд-во "БИНОМ. Лаборатория знаний". 2015. 336 с. [тираж 500].
5. Иванов Ю.В. КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СБОРКИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В РОБОТОТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ - Москва, Изд-во "БИНОМ. Лаборатория знаний". 2015. 715 с. [тираж 500].

Мысловский Эдуар Викентьевич
(родился 29.05.1937, г. Москва)

Эду́ард Вике́нтьевич Мысло́вский (род. 29 мая 1937, Москва) — заслуженный мастер спорта СССР (1982), заслуженный тренер СССР по альпинизму (1-й разряд по спортивному скалолазанию и звание судьи республиканской категории, 1-й разряд по лыжным гонкам, кандидат в мастера спорта по туризму). Президент Евро-Азиатской ассоциации альпинизма и скалолазания, действительный член Русского географического общества, кандидат технических наук, профессор кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» в МГТУ им. Н. Э. Баумана, автор более 50 статей и монографии по специальности "Конструирование и производство электронной аппаратуры".

Эдуард Викентьевич Мысловский окончил Московский техникум железнодорожного транспорта им. А. А. Андреева по специальности «Системы радиосвязи». Первым серьезным увлечением Эдуарда Викентьевича было радиоконструирование, он с детства посещал радиокружок, занимался радиолюбительством. Вторым серьезным увлечением Эдуарда Викентьевича стал альпинизм. Впервые выехал в горы в 1954 с альпинистской секцией Московского техникума железнодорожного транспорта им. А.А. Андреева – это был альплагерь «Локомотив» в Адылсу. Активно занимался горным туризмом, в 1955 награжден Грамотой Центрального спортивного клуба ДСО «Локомотив» за 2 место на зимнем слёте туристов.

После окончания техникума проходил военную службу в Военно-морском флоте, старшина первой статьи. 18 февраля 1958 года Мысловский Э.В. награжден Почётной грамотой ЦК ВЛКСМ за отличные показатели в боевой и политической подготовке.

В 1960 году поступил, а в 1966 году окончил МВТУ им. Н. Э. Баумана по специальности «Радиотехника» (П9, РЛ1), далее аспирантура, работа на кафедре П8 (ИУ4).

В 1961 году окончил Всесоюзную школу инструкторов в Джантугане, был неоднократным чемпионом СССР в составе команды «Буревестник», являлся постоянным тренером секции альпинизма МВТУ им. Н.Э.Баумана. Работал в альплагерях: «Алибек», «Баксан», «Джантуган», «Шхельда», «Ала-Арча». 22 октября 1961 года награжден грамотой Московского городского совета СДСО «Буревестник» за 3 место в альпинистском двоеборье.

В 1966 году стал альпинистом-высотником, удостоен звания "Мастер спорта" по альпинизму.

На Кавказе прошел технически трудные маршруты на вершины: Дыхтау, Шхельда, п. Щуровского, Ушба. Наиболее впечатляющими стали его высотные восхождения в экспедициях «Буревестника».

В 1963 году награжден Дипломом первой степени Московского городского совета Союза спортивных обществ и организаций РСФСР, занявшего 1 место в первенстве г. Москвы по альпинизму в классе траверсов.

1966 – первопрохождение по юго-западному контрфорсу на пик Е. Корженевской (7105 м) (рук. Л. Добровольский), 2-е место в чемпионате СССР в высотно-техническом классе. Награжден медалью «За лучшее восхождение», II место.

1967 – п. Ленина через скалы Липкина по «метелке» (рук. В. Иванов).

1967 - п.Парашютистов, награжден Дипломом 3 степени от Центрального совета студенческого ДСО «Буревестник».

1968 - награжден Грамотой Центрального Совета Союза спортивных обществ и организации СССР за успешное зимнее восхождение на Эльбрус.

В 1968 году п. Коммунизма по ЮЗ ст., 6 к/тр., рук., за восхождение по юго-западной стене пика Коммунизма (7495 м) Эдуард Мысловский был награждён медалью «За выдающееся спортивное достижение» и досрочно удостоен звания «Мастер спорта международного класса».

20 января 1969 года награжден Дипломом 1 степени Центрального совета ДСО Профсоюзов «Таджикистан» жетоном «Пик Коммунизма» № 128.

1970 – траверс массива Кокшаал-Тау: п. Неру, 6742 м, - Победа - перевал Чонтерен, 6 к/тр. (рук. В. Иванов), чемпион СССР 1970 года в классе траверсов – траверс вершин Важи Пшавелы (6918 м), Победы (7439 м), Советской Армении (7039 м), Восточной Победы (7050 м) – в составе команды ЦС «Буревестник», состоявшей из альпинистов спортклуба МВТУ им. Н.Э.Баумана. Награжден медалью «За лучшее восхождение» II ступени в классе траверсов.

В 1971 году окончил МГУ им. М. В. Ломоносова по специальности «Физика».

В октябре1973 года награжден Грамотой Комитета по физической культуре и спорту при Совете Министров СССР за личный вклад в дело развития альпинизма.

В 1974 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.13.07 на тему «Исследование резонансных свойств узлов и элементов систем управления при механических воздействиях» (руководитель профессор А.Н.Чеканов, каф. П8 (ИУ4) МГТУ им.Н.Э.Баумана).

1974 – сборная команда МВТУ под руководством Эдуарда Мысловского впервые прошла холодную северную стену пика Хан-Тенгри и стала чемпионом СССР. Хан-Тенгри по Ц С ст., 6 к/тр., 1-е место в высотном классе, за это восхождение награжден почетным знаком «За спортивную доблесть», занесен в книгу героев спорта ЦК комсомола. Награжден медалью чемпиона СССР и рекордсмена СССР в классе высотных восхождений.

9 мая 1975 года награжден Грамотой командующего войсками Краснознамённого туркестанского военного округа за восхождение на пик Победы, высшую точку Тянь-Шаня (7 439 м).

1977 – Мак-Кинли по пути Кассина (в двойке с В. Ивановым), Пти-Дрю по Бонатти (с В. Ивановым).

1979 год награжден Грамотой Комитета по физической культуре и спорту при Совете Министров СССР за успешное восхождение на безымянную вершину на Памире в ознаменование советско-чехословацкой дружбы.

1980 – п. Ахмади Дониша с С по ст., 6 к/тр., пп (рук. Хомутов).

В 1980 году выходит монография Э.В.Мысловского "Промышленные роботы в производстве радиоэлектронной аппаратуры", ему присваивается звание профессора.

До 1982 года совершил 11 восхождений на семитысячники СССР, из них 5 раз был руководителем имел пять маршрутов 6-й к/тр., шесть первопрохождений.

Весной 1982 года Эдуард Мысловский принял участие в первой советской гималайской экспедиции, поднявшейся на Эверест. 4 мая он первым из Российских альпинистов вместе с Владимиром Балыбердиным поднялся на самую высокую точку планеты (8848 м). Восхождение экспедиции совершалось по ЮЗ ребра Эвереста – технически самого трудного из маршрутов, пройденных к тому времени в Гималаях. На штурм они вышли из лагеря V после обработки участка между лагерями IV и V и устройства лагеря V. Восхождение было осложнено усталостью, кислородным голоданием, суровой погодой. В тяжелейших условиях, с обмороженными пальцами Э.В.Мысловский проявил упорство и мужество в достижении цели, которые можно назвать воистину героическими. За это восхождение получил звание Заслуженного мастера спорта. Награжден орденом «Ленина». (По всем писаным законам войти в состав этой сборной он не имел права, т.к. был утверждён возрастной ценз для всех участников: не более 42-х лет! Если бы не Е. Тамм – своею властью и вопреки всем).

13 июля 1982 года награжден Почётной грамотой Президиума Географического общества Союза ССР за большие заслуги перед Обществом.

1983 – восхождение на п. Победы через Зап. вершину с ледн. Звездочка. 5 августа 1983 года Эдуард Викентьевич награжден Почётной грамотой ЦК ВЛКСМ за активную работу по пропаганде молодёжного туризма среди армейской молодёжи.

В 1984 год окончил курс по горнолыжному спорту в классе G училища в Пловдиве (Болгария).

В 1987 году награжден Почётной грамотой Государственного комитета СССР по физической культуре и спорту.

С 1988 был избран председателем президиума федерации альпинизма СССР (1988-1991). Судья республиканской категории, инструктор-методист 1 категории. Действительный член Географического общества России и Академии проблем сохранения жизни.

В 1989 году Эдуард Викетьевич руководил Второй советской гималайской экспедицией на Канченджангу. Сам Э. В. Мысловский поднялся до высоты 8300 м. За успешное проведение экспедиции был награждён орденом Трудового Красного Знамени и удостоен звания Заслуженного тренера СССР.

В послужном списке Э. В. Мысловского вершины Эверест (8848 м.) и Канченджангу (8300 м.) — Непал, Мак-Кинли (6198 м.), Аляска США, на все вершины выше 7000 м на Памире и Тянь-Шане (дважды «Снежный барс» - присуждалось альпинистам, совершившим восхождения на все семитысячники СССР: пики Коммунизма (7495 м), Победы (7439 м), Ленина (7134 м), Е.Корженевской (7105 м)). Восходитель на многие труднейшие вершины Кавказа, Памира, Тянь-Шаня, Альп, Пиринеев, Японских Альп и др. Кавалер Ордена Серебряный эдельвес.

С 1990 по 1996 Эдуард Викентьевич возглавлял кафедру «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» в Московской государственной академии приборостроения и информатики (МГАПИ).

В 1993 год награжден Дипломом от Федерации космонавтики СССР.

В 1996 — 2013 годах работал профессором кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» (ИУ4, П8) в МГТУ им.Н.Э.Баумана. Его исследования в области контроля и диагностики сложных систем, разработке микроконтроллеров и микропроцессорных робототизированных комплексов нашли отражение в учебнике "Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры", который выдержал несколько переизданий.

В 1997 году награжден Грамотой Президиума Московского городского правления Научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени Попова А.С. за развитие и пропаганду систем и средств отечественной радиосвязи.

В 2002 году награжден юбилейной медалью «Золотой эдельвейс» в честь 20-летия первой советской экспедиции на Эверест в 1982 году.

В 2005 году командой бауманцев была впервые покорена одна из вершин Тянь-Шаня высотой 5175, получившая название - Пик 175-летия МГТУ им. Н.Э.Баумана (Сарыджазский хребет Центрального Тянь-Шаня, 5175 м.).

В 2005 году награжден Дипломом II степени за второе место в III чемпионате России по альпинизму среди ветеранов.

В Августе 2010 года Эдуард Викентьевич Мысловский – участник (инструктор) восхождения на высшую точку Горного Алтая – пик Белуха (4506 м), посвящённого 180-летию МВТУ им. Н.Э.Баумана и памяти Н.М. Бондарчука, ректора Алтайского агроуниверситета, мастера спорта по альпинизму.

Эдуард Викентьевич - офицер-спасатель РФ, почётный спасатель России. Он всегда уделяет большое внимание вопросам популяризации спорта и сохранения природы, является членом Попечительского совета Современного музея спорта, учредителем Треста по охране природы Гималаев.

Эдуард Викентьевич Мысловский награждён орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, «Эдельвейс» I и II степеней; серебряной медалью Правительства Непала, медалями «1000-летие Казани», «За выдающееся спортивное достижение»; знаком ЦК ВЛКСМ «Спортивная доблесть», многочисленными отечественными и зарубежными наградами по альпинизму.

Литература

1. Научные школы Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана. История развития / Под ред.И.Б.Федорова , К.С.Колесникова. – 2-е изд. Доп. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 464 с.: ил.
2. Выдающиеся выпускники МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1868-1930 / Г.П.Павлихин, Г.А.Базанчук. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2010. – 445 с.: ил.
3. Основатели научных школ Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана Краткие очерки / Под ред.Е.Г.Юдина , К.Е.Демихова. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 632 с.: ил.
4. Н.Т.Медведь Бауманцы - М.: Рекламно-полиграфический центр, 1998. - 76 с.
5. Анатолий Овчинников. Альпинисты МВТУ имени Н. Э. Баумана. — Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1998. — 624 с.
6. Л. М. Замятнин Эверест, юго-западная стена. — Л.: Лениздат, 1984

Список основных публикаций

1. Мысловский Э.В., Лукин К.Б. СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СБОРКИ РЭА - Москва, Издательство "Всесоюзный заочный машиностроительный институт". 1982. 55 с.
2. Мысловский Э.В. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ - Москва, Научно-техническое издательство "Радио и связь". 1988. 224 с.
3. Мысловский Э.В., Парфенов Е.М. ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2000. 75 с.
4. Билибин К.И., Власов А.И., Журавлева Л.В., Мысловский Э.В., Парфенов О.Д., Пирогова Е.В., Шахнов В.А., Шерстнев В.В. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. Учебник для вузов - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2002. Сер. Информатика в техническом университете. 528 с. [тираж 2000 экз.]
5. Мысловский Э. В., Власов А. И., Кузнецов А. С. ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ С ФИКСИРОВАННОЙ ТОЧКОЙ СЕМЕЙСТВА ADSP21XX. Учебное пособие. — Москва. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2003. Часть 2. 75 с.
6. Мысловский Э. В., Власов А. И., Меньшов К. А. ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ С ПЛАВАЮЩЕЙ ТОЧКОЙ СЕМЕЙСТВА ADSP2106X. Учебное пособие — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2003. Часть 3. 75 с.