Министерство образования и науки РФ
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)

IX НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Сборник материалов конференции

13 – 15 мая 2021

Том II

Санкт-Петербург
2021

УДК 001.2

IX НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Том 2. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. 290 с.

Организаторы:
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ПАО «Светлана», Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Компания ООО «ОПТОСЕНС», АО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «ВЕКТОР», ООО «Ультразвуковая техника - ИНЛАБ», ООО «ЭС ЭМ СИ Пневматик», дочерние общества и организации ПАО «Газпром»

Тематика конференции включает следующие направления

- Радиотехнические и телекоммуникационные системы
- Цифровая и телекоммуникационная электроника
- Электропривод, автоматика и энергосбережение
- Информатика и управление в технических системах и ВТ
- Системный анализ и информационная безопасность
- Прикладная математика и программная инженерия
- Алгоритмическая математика
- Механотроника и робототехника
- Электроника, нанотехнологии и наноматериалы
- Приборостроение
- Биомедицинская инженерия
- Лингвистика и межкультурная коммуникация
- Управление качеством
- Инноватика

Сборник материалов содержит доклады, представленные на IX Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 13 – 15 мая 2021 года в Санкт-Петербурге. Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники. Все доклады проходят рецензирование.

Научно-практическая конференция проведена при финансовой поддержке СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

ОГЛАВЛЕНИЕ

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИКА 9

Исследование свойств блуждания по крюкам трехмерных диаграмм Юнга 9

Белов И.О.

Исследование асимптотических свойств случайных путей Шютценберже 12

Кузьмин А.Д.

Алгоритмы реализации конструктов предметно-ориентированного языка генераторов учебных заданий 15

Лавренов А.В.

Исследование структуры длин циклов в преобразовании шютценберже над таблицами Юнга 18

Максимова А.

Модели тонких оценок сложности 20

Манченкова А.В.

Вычисление размерностей компонент тропических предмногообразий, описываемых рекуррентными соотношениями 24

Михайлов Ф.

Локализация сигнала в задаче интерпретации результатов множества статистических тестов 26

Процветкина А.

Повышение точности численного интегрирования гравитационной системы n тел с помощью сдвоенных чисел двойной точности 30

Субботин М.О., Кодуков А.В.

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВТ 35

Управление в агротехнических объектах 35

Амельченко Е.О.

Разработка мобильного приложения «ETU_ECO_Recycler» 38

Беляков С.В., Порохненко К.А. Аминова Л.С.

Описание систем бизнес-аналитики и их функционала и подбор наиболее подходящих систем для конкретных отраслей 41

Емельянов И.Д., Николаева К.С., Горбачёва А.С.

Разработка виртуального собеседника для запоминания иностранных слов с учетом индивидуального словарного запаса обучающегося 45

Епанечкина А.В., Широков В.В.

Исследование алгоритмов управления электромеханическим захватным устройством 47

Живицкий А.Ю., Борисов О.И., Борисов И.И.

Усовершенствованный комплекс для испытаний систем управления роботизированным надводным плавательным аппаратом 51

Живицкий А.Ю., Борисов О.И.

Условия внедрения цифровых технологий в бизнес-процессы предприятия 55

Лончина А.Е.

Исследование нейросетевых методов диагностирования офтальмологических заболеваний 59

Лузум М.Е.

Анализ подходов к оценке полезности действий в виртуальном футболе 63

Никулин Н.О.

Информационная система для автоматизации работы приемной комиссии вуза 66

Посвященный Д.Е.

Применение технологии блокчейн для задач металлургических и машиностроительных предприятий 69

Снегирева Д.А.

Разработка модуля идентификации водителя транспортного средства на основе данных OBD-II 72

Уваров К.А., Пономарев А.В.

Сравнительный анализ интерактивных онлайн-досок (online whiteboards) для сопровождения образовательного процесса в дистанционном формате 75

Черных А. А.

Нейронная сеть для предсказания теплопроводности стали 79

Шанин Ю.В., Бондарь А.С., Ф. В. Чмиленко, Ци Чжан

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ 84

Разработка метода для первичной оценки художественных произведений 84

Аплачкина Е.А., Шевская Н.В.

Средства анализа интонационных рисунков речи 88

Белоусов Е. О.

Алгоритм оценки позиционирования мобильных объектов 93

Бимбетов Ф., Татарникова Т.М.

Реализация алгоритма распознавания выражения лица на мобильных устройствах 96

Дементьев М.Е., Борисенко К.А.

Построение модели прогнозирования рекомендательной системы 100

Дерябина П.С., Шевская Н.В.

Разработка инструмента поиска плагиата в GIt-репозиториях 104

Есиков О.И.

Применение ITEM RESPONSE THEORY для построения индивидуальных образовательных траекторий 108

Калганов Р.Г, Тодиков С.И, Мазуркевич Д.В.

Алгоритм машинного обучения для классификации Спама на основе рекуррентной нейронной сети 112

Левкович Д.В.

Практическое применение транспортной задачи в сетевой форме 116

Немцов М.Л.

разработка Программной модели лидара 120

Павлов А.П.

Разработка процедуры бэггинга для определения аномалий в данных 124

Ханова Ю.А.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 128

BOOKING-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АРЕНДЫ АВТОМОБИЛЕЙ 128

Бобарыкин Ф.П.

Проектирование пользовательского мобильного интерфейса для бильярдного спорта 130

Есипова С.О., Назаренко Н.А.

Актуальность исследования трехстороннего динамического информационного конфликта 133

Мамончикова А.С.

Анализ использования мессенджеров учащимися 134

Строева Е.А.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ЦИФРОВАЯ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 139

Перспективы развития OTT-телевидения 139

Бойсунов Б.П. , Короткова Л.А.

Модуль управления ЦАП для малошумящего усилителя и аттенюаторов на плис 142

Ганьжин В. С., Андреева О. М.

Корреляционные Алгоритмы пеленгования с помощью кольцевой фазированной антенной решетки 145

Грибов Г.С.

Модернизация офисной телефонной системы средствами SIP VOIP шлюза 149

Дюжев А.А.

Многоканальный цифровой измеритель температуры 152

Евтюшкин В. К., Сперанский В. А.

Влияние шума на распознавание случайных сигналов при использовании в качестве признаков выборочных характеристических функций 154

Зологин А.А.

Широкополосный ленточный вибратор с плоским рефлектором 158

Иванов А.М.

Программный модуль синтеза фазоманипулированных сигналов с низким уровнем боковых лепестков 161

Качалова Т.А.

Статистический анализ параметров объектов, выделяемых при многопороговой обработке случайных полей с дальней корреляцией 164

Козлов А.С, Пыко С.А., Богачев М.И.

Проблемы и пути их решения при разработке широкополосного пикового детектора стенда для испытания трансформаторов 168

Кривец П.А.

Характеристики излучения антенны с теплозащитой и слоем плазмы 172

Мажник И.В.

К вопросу об обнаружении воздушных судов малой авиации 176

Поваренкин Н.В., Ермаков А.К., Слободнюк А.С.

Алгоритм компенсации погрешности курса судовых радарных ледовых изображений 179

Маймескул К.В., Ряскина С.Ю., Ситников И.Ю.

Анализ эффективности алгоритмов конвергенции услуг в системах служебной радиосвязи 183

Селиванов А.С., Шакалов И.А., Черников Д.Ю.

Алгоритм получения изображения широкого динамического диапазона 187

Стрижевич М.В

Разработка программных средств мониторинга электромагнитных явлений в атмосфере 190

Топчий О. А. 190

Особенности реализации и использования виртуальных ресурсов на основе серверов HUAWEI FUSIONSERVER 1288H V5 192

Цыпцова А.В.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА 195

Возможность использования подпрограммы FACTORY I/O в SIMATIC S7 для визуализации систем автоматизации технологических процессов 195

Дружинин В.М., Ачкасов М.А., Прозоров А.А.

Исследование влияния различных конструкций биотопливного элемента на основе цианобактерий на эффективность фотогенерации электроэнергии 199

Гатауллин А. О.,Пудова А. В., Смирнова В. О.

Автоматизация системы управления станочным комплексом 204

Горкавенко С.О., Королев В.В.

Разработка и исследование системы управления вентильно-индукторным двигателем 208

Гунин Д.В., Королев В.В., Гапченко Ю.А.

Исследование электропроводной системы с перспективным двигателем 212

Евтифеев Г.С., Балашов В.О.

Система удаленного управления транспортным средством 215

Мачеев Е. М.

Синтез следящей системы с люфтом и упругими деформациями в механической передаче 218

Нгуен З. Х., Второв В. Б.

Система автоматического управления электроприводом насосов подпитки котельной теплоснабжения 222

Новиков М.А., Морозова Е.В.

Исследование контура скорости астатической первого порядка САР электропривода Постоянного Тока при постоянном моменте сопротивления 225

Прохоренко Н.Я.

Разработка и исследование системы электроснабже-ния копировально-фрезерного станка 228

Синельников А.О., Балашов В.О., Королев В.В

Реализация цифрового регулятора коэффициента мощности ветроколеса 231

Чепига А.А., Корытченкова Е.Е.

Автоматизация вакуумного стенда для тестирования альтиметров 235

Червоная В., Лилло А.В.

Разработка системы управления положением предметов в пространстве с помощью потока воздуха 239

Шевченко А. , Лилло А.В.

ИННОВАТИКА 243

Сущность понятия «цифровая экономика» 243

Баннова К.

Совершенствование системы оценки эффективности деятельности государственных служащих 247

Коган Д. А., Жернаков А. Б.

обзор возможностей платформы роботизации бп uipath на примере организации научных мероприяий 250

Кузьмина М.Ю., Косухина М.А.

метрики оценки качества рекламы с учетом позиционирования артиста 254

Кукарцев М.И., Итс Т.А.

Математическое моделирование формирования команды проекта 257

Федорова Е.Л., Чугайнов Ф.А. , Мандрик А.В.

Анализ процесса закупочной деятельности для обеспечения государственных нужд 260

Семененко Е.Д., Жернаков А.Б.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 262

Оценка качества экспериментальных образцов глинозема с применением физических методов анализа 262

Куминова Я.В., Филичкина В.А.

Профессиональные инструменты для использования в проектах школьных команд 264

Латынина К.С., Цветкова Н. А.

Конфликты при взаимодействии систем менеджмента качества и бережливого производства в рамках интегрированной системы менеджмента 270

Марченко С.В.

Регулирование затрат на управление качеством 274

Медведева М.В., Семенов В.П.

Влияние риск- менеджмента на развитие компании на примере ПАО “Газпром” 276

Прейс В.Е

Внедрение системы дистанционного обучения правилам GMP сотрудников фармацевтической компании 279

Прядко Д. В.

Управление качеством в сфере обслуживания ресторанов 283

Соцков Р.А., Прейс В.Е.

Перспективы развития бережливого производства в Росии 286

Щербакова Д.В.

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЛУЖДАНИЯ ПО КРЮКАМ ТРЕХМЕРНЫХ ДИАГРАММ ЮНГА

Белов И.О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Работа посвящена исследованию обобщения алгоритма генерации двухмерных таблиц Юнга (hookwalk), который был предложен в статье [Greene et al., 1979], на трехмерный случай. Известно, что в двухмерном случае hookwalk генерирует таблицы заданной формы с равной вероятностью. С помощью численных экспериментов в настоящей работе было показано, что трехмерный аналог hookwalk не дает равномерного распределения вероятностей получения различных трехмерных таблиц Юнга одной формы.

Ключевые слова: hookwalk, диаграммы Юнга, таблицы Юнга, случайные процессы, плоские разбиения

На двухмерном графе Юнга существует центральный процесс Планшереля, которому соответствует медленный рост диаграмм Юнга вдоль координатных осей. Поиск аналогичного процесса на трехмерном графе Юнга является открытой научной проблемой [1]. Одним из возможных подходов для изучения этого неизвестного процесса является оценка его копереходных вероятностей. Эта задача может быть решена с помощью генератора случайных равномерно распределенных трехмерных таблиц Юнга заданной формы. Такой генератор, основанный на рандомизированном преобразовании Шютценберже, был построен в работе [2]. В настоящей работе исследуется возможность применения для этой цели трехмерного обобщения классического алгоритма блуждания по крюкам диаграмм Юнга [3].

В статье [3] наряду с вероятностным доказательством формулы крюков, позволяющей вычислить количество 2D таблиц Юнга заданной формы, был описан алгоритм hookwalk, порождающий таблицы одной формы с равной вероятностью. Аналогичного алгоритма для 3D диаграмм Юнга на данный момент не известно.

Были поставлены следующие цели:

- обобщить алгоритм hookwalk на случай трехмерных таблиц Юнга;
- реализовать генератор 3D таблиц Юнга согласно исследуемому алгоритму на языке C++;
- подсчитать количество генераций различных таблиц Юнга для диаграмм заданных форм;
- проанализировать распределения полученных таблиц для каждой из исследуемых диаграмм с целью проверки их на равномерность.

Двухмерный процесс hookwalk состоит из следующих шагов:

1. В таблице размера n случайным образом выбирается клетка (i, j) с вероятностью $1/n$.
2. Следующая клетка (i', j') выбирается среди клеток крюка h_{ij} текущей клетки с вероятностью $1/(h_{ij} - 1)$.
3. Повторяем шаг 2, пока не дойдем до угловой клетки с координатами (α, β)

Вероятность попадания в угловую клетку α прямо пропорциональна отношению количества таблиц, которые могут быть получены после операции удаления α, к общему количеству таблиц заданной формы. Можно сформулировать иначе: вероятность удаления клетки $p(\alpha, \beta)$ прямо пропорциональна размерности диаграммы Юнга, получающейся после удаления этой клетки.

Данный случайный процесс прохода по крюкам дает эффективный алгоритм генерации случайных таблиц Юнга заданной формы:

1. Выбираем случайную клетку диаграммы Юнга размера n.
2. Пока длина крюка текущей клетки > 1:
   Выбираем случайную клетку на этом крюке (исключая текущую клетку), переходим к этой клетке.
3. Полученную клетку удаляем из диаграммы, а в таблице нумеруем как n-x, где x – количество пройденных итераций.
4. Повторяем шаги 1-3, пока n > 0.

Примечательно, что все таблицы заданной формы при повторении шагов 1-4 будут генерироваться с равной вероятностью. На рис. 1 представлены 7 шагов работы алгоритма. Серым выделены угловые клетки, в которых hookwalk завершает свою работу. В клетках записаны вероятности попадания из них в соответствующие угловые клетки. Черным цветом выделена получившаяся таблица. Легко видеть, что сумма вероятностей в соответствующих клетках всех диаграмм одной формы равна единице.

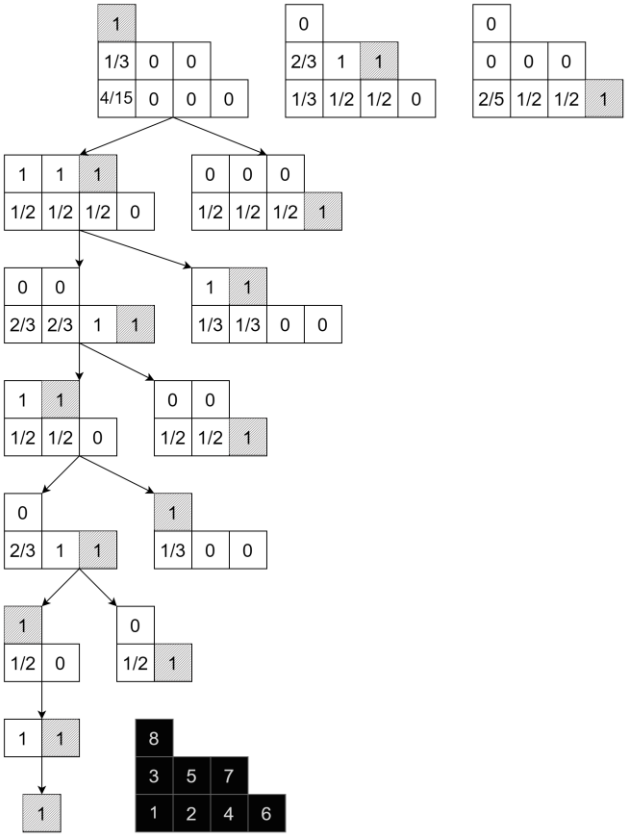


Рис. 1. Пример работы алгоритма hookwalk

Был сгенерирован набор из 500 случайных диаграмм Юнга с размерностями из диапазона [10, 4000] и набор из 60 диаграмм с размерностями из диапазона [40000, 100000]. Для

каждой диаграммы с помощью реализованного алгоритма 10^7 раз генерировались случайные таблицы, подсчитывалось количество генераций каждой таблицы. Полученное распределение частот было проанализировано на предмет близости к равномерному при помощи критерия согласия хи-квадрат.

В результате были построены графики распределения p-value, изображенные на рисунке 2. Звездочками выделены 2D диаграммы как частный случай трехмерных, черные круги соответствуют трехмерным диаграммам с размерностями < 20, белые – остальным трехмерным диаграммам.

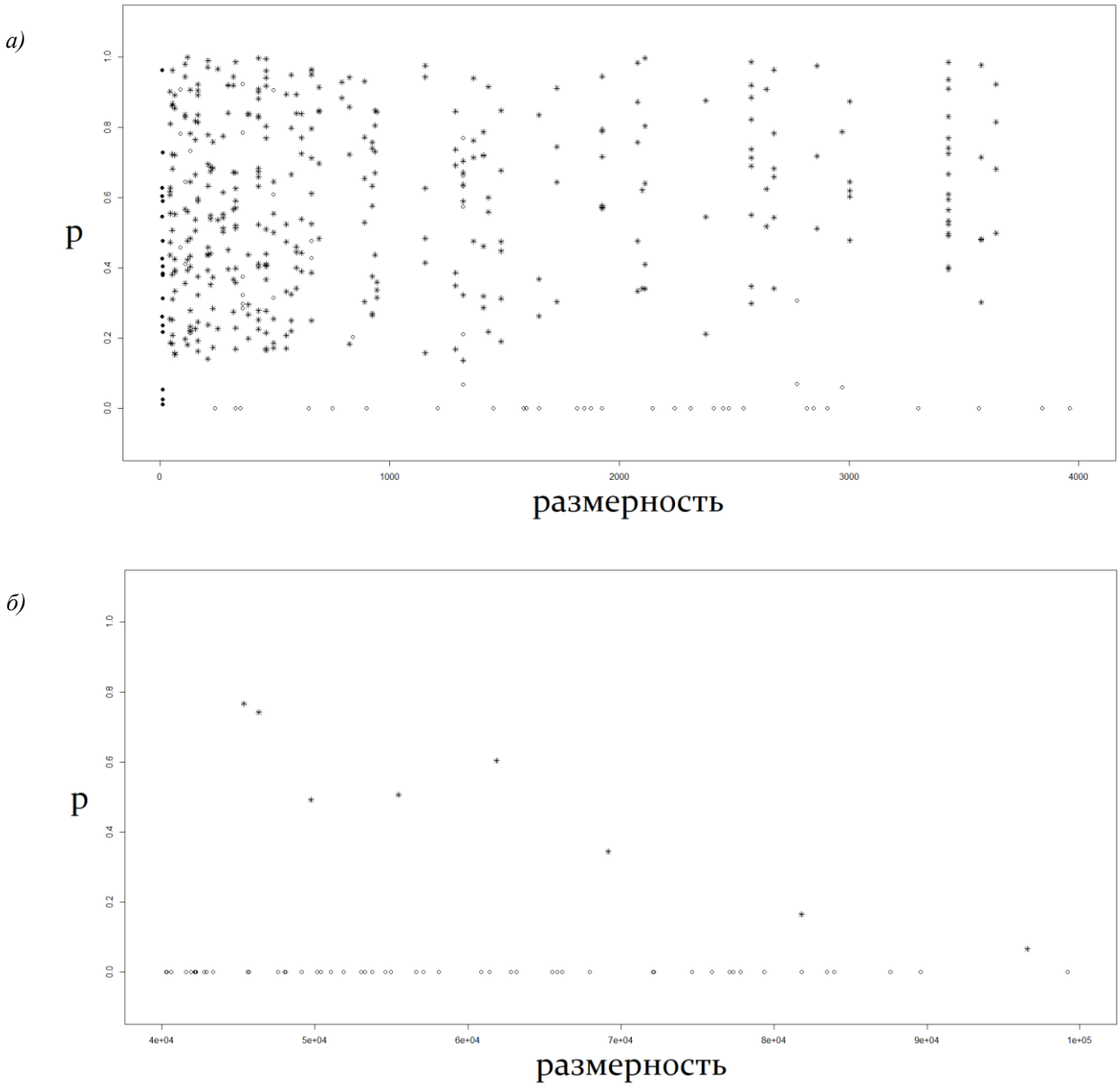


Рис. 2. График распределения p-value для диаграмм с размерностями а) [10; 4000], б) [$4 \cdot 10^4$; 10^5]

Начало графика выглядит достаточно хаотично из-за того, что 3D диаграммы с малой размерностью мало отличаются от двухмерных, поэтому распределение их таблиц может быть очень близко к равномерному.

Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. На невырожденных 3D диаграммах с размерностями >3000 алгоритм порождает неравномерное распределение таблиц Юнга (p-value < 0.05).
2. В некоторых случаях на диаграммах, близких к двухмерным, распределение может быть очень близко к равномерному.
3. На вырожденных (двухмерных) диаграммах алгоритм порождает равномерное распределение, из чего можно сделать вывод, что программная реализация сделана без ошибок.

К дальнейшим планам можно отнести исследование свойств трехмерного алгоритма hookwalk, а также его многомерных обобщений.

Список литературы

1. Duzhin, V., Vasilyev, N. «Modeling of an Asymptotically Central Markov Process on 3D Young Graph» 315-328
2. Duzhin, V., Vassiliev, N. – «Randomized Schützenberger's Jeu De Taquin and Approximate Calculation of the Co-transition Probabilities of a Central Markov Process on the 3D Young Graph» 363–374
3. Greene C., Nijenuhis A., Wilf H. S. – «A Probabilistic Proof of a Formula for the Number of Young Tableaux of a Given Shape»

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛУЧАЙНЫХ ПУТЕЙ ШЮТЦЕНБЕРЖЕ

Кузьмин А.Д.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

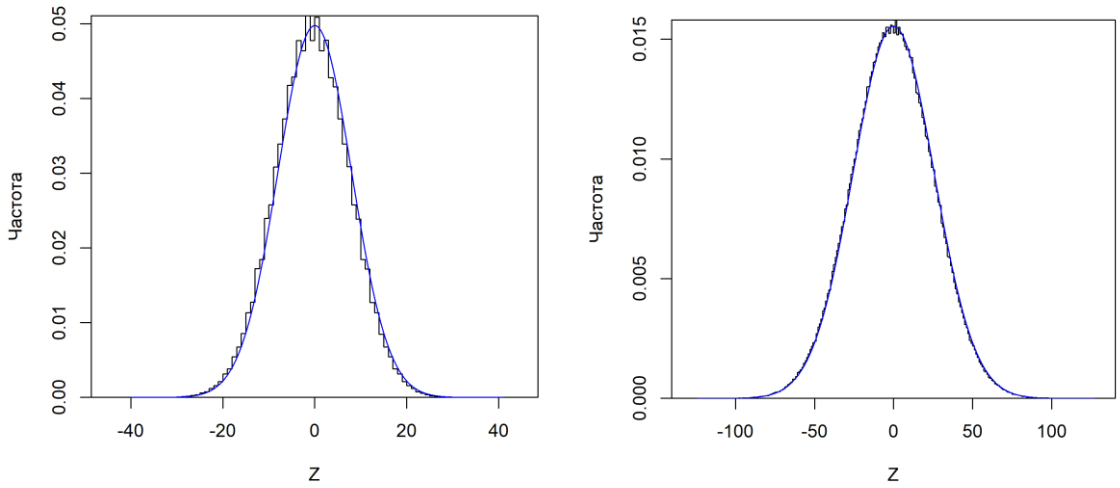
Аннотация. Алгоритм Робинсона-Шенстеда-Кнута (RSK) преобразует последовательность чисел в пару таблиц Юнга одинаковой формы. С помощью численных экспериментов проведено исследование зависимости значения первого элемента последовательности от координат конца нерва нумерующей таблицы *Q*. Установлено, что разность координат конца пути Шютценберже принимает вид Гауссова распределения. Определена зависимость между начальными моментами разности координат конца нерва таблицы *Q* четных порядков.

Ключевые слова: Таблица Юнга, алгоритм RSK, асимптотическая комбинаторика, преобразование Шютценберже

Преобразование Робинсона-Шенстеда-Кнута (RSK) представляет собой биекцию между набором перестановок и набором пар стандартных таблиц Юнга одинаковой формы: записывающей P и нумерующей *Q* [1]. Таблицы, получаемые при преобразовании равномерно распределённых случайных перестановок, имеют т.н. планшерелевское распределение [2]. Алгоритм RSK способен принимать на вход не только перестановки натуральных чисел, но и последовательности произвольных вещественных значений. В таком случае, в результате работы алгоритма образуются полустандартная таблица *P* и стандартная таблица *Q*. Известно, что существует зависимость угла наклона пути Шютценберже (нерва) в таблице Юнга *Q* от значения первого элемента последовательности [3-5].

Пусть Z_n = x - y – координата конца нерва таблицы размера n. В настоящей работе с помощью серии компьютерных экспериментов исследовалось распределение значений Z_n при $n \to \infty$. Формировались последовательности из *n* случайных равномерно

распределенных вещественных чисел в диапазоне [0,1], первый элемент полагался равным 0,5. К этим последовательностям применялось преобразование RSK. Затем для каждой полученной таблицы Q вычислялось значение Z_n. На рисунке 1 изображены гистограммы распределения угла наклона нерва для последовательностей различного размера.



(а) (б)

Рисунок 1.Распределение угла наклона Z: а) размер таблиц n =10^3 ; число опытов m =10^7 , б) размер таблиц n = 10^5 ; число опытов m =10^6

Как видно из рисунка, распределение угла наклона нерва Z близко к нормальному с математическим ожиданием $Z = 0$ при условии, что первое значение последовательности равно 0,5. Учитывая, что распределение Z_n симметрично, все нечетные начальные моменты стремятся к нулю, поэтому рассмотрим начальные моменты четных порядков. В таблице 1 представлены различные значения начального момента второго, четвертого, шестого порядков в зависимости от размеров последовательности.

Таблица 1

n	Значение $\mathbb{E}Z_n^2$	Значение $\mathbb{E}Z_n^4$	Значение $\mathbb{E}Z_n^6$	Число измерений
10	4,911	60,28	1.008,57	10^6
10^2	19,287	1.091,653	100.362	10^7
10^3	64,256	12.307,31	3.904.203	10^7
10^4	206,945	128.360,9	132.602.637	$3{,}5 \cdot 10^7$
10^5	658,560	1.299.680	4.274.642.191	10^6
10^6	2.115,457	13.613.204	153.609.332.675	$2{,}4 \cdot 10^4$

Проверим, есть ли взаимосвязь между значениями моментов различных порядков в таблице 1. Проанализировав полученные значения, можно сделать предположение, что значение $\mathbb{E}Z_n^4$ близко к квадрату $\mathbb{E}Z_n^2$, умноженному на 3. Подобный вывод также возможно сделать для $\mathbb{E}Z_n^6$, но в данном случае значение близко к кубу $\mathbb{E}Z_n^2$, умноженному на 15. В таблице 2 приведены начальные моменты 4-го и 6-го порядков, а также их сравнение с моментами 2-го порядка при различной длине последовательности.

Таблица 2

n	$\mathbb{E}Z_n^4$	$3(\mathbb{E}Z_n^2)^2$	$\frac{(\mathbb{E}Z_n^4)}{3(\mathbb{E}Z_n^2)^2}$	$\mathbb{E}Z_n^6$	$15(\mathbb{E}Z_n^2)^3$	$\frac{(\mathbb{E}Z_n^6)}{15(\mathbb{E}Z_n^2)^3}$
10	60,28	72,32	0,8336	1.008,57	1.776,64	0,5676
10^2	1.091,653	1.115,96	0,9782	100.362	107.618	0,9593
10^3	12.307,31	12.386,5	0,9936	3.904.203	3.989.534	0,9811
10^4	128.360,9	128.484,9	0,9990	132.602.637	132.940.122	0,9975
10^5	1.299.680	1.301.104	0,9989	4.274.642.191	4.284.274.660	0,9978
10^6	13.613.204	13.425.575	1,0140	153.609.332.675	142.005.075.000	1,0817

Соотношение величин в 4 и 7 столбцах, за исключением размера последовательности 10, достаточно близко к единице. Поэтому было сделано предположение, что между этими величинами существует связь следующего характера:

$$\mathbb{E}Z_n^4 \approx 1 \cdot 3(\mathbb{E}Z_n^2)^2 \approx 1 \cdot 3 \cdot 4 \cdot n = 12n;$$

$$\mathbb{E}Z_n^6 \approx 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot (\mathbb{E}Z_n^2)^3 \approx 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 8 \cdot n^{\frac{3}{2}} = 120n^{\frac{3}{2}};$$

$$\mathbb{E}Z_n^8 \approx 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot (\mathbb{E}Z_n^2)^4 \approx 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 16 \cdot n^2 = 1680n^2.$$

В общем виде связь между моментами выражается формулой

$$\mathbb{E}Z_n^k \approx 1 \cdot \ldots \cdot (k-1) \cdot (\mathbb{E}Z_n^2)^{\frac{k}{2}} \approx 1 \cdot \ldots \cdot (k-1) \cdot 2^{\frac{k}{2}} \cdot n^{\frac{k}{4}}$$

С помощью этой формулы можно эффективно вычислять оценки значений моментов четных степеней, вычислив лишь начальный момент $\mathbb{E}Z_n^2$.

Список литературы

1. Donald E. Knuth Permutations, matrices, and generalized Young tableaux. *Pacific J. Math.*, 1970, vol. 34, iss. 3, pp. 709–727.
2. Вершик А. М., Керов С. В. Асимптотика максимальной и типичной размерностей неприводимых представлений симметрической группы // Функциональный анализ и его приложения. 1985. Т. 19. № 1. С. 25–36.
3. S. V. Kerov and A. M. Vershik, “The characters of the infinite symmetric group and probability properties of the Robinson-Schensted-Knuth algorithm,” SIAM J. Algebraic Discrete Methods, vol. 7, no. 1, pp. 116- 124, 1986. doi: 10.1137/0607014.
4. D. Romik and P. Śniady, “Jeu de taquin dynamics on infinite Young tableaux and second class particles,” Annals of Probability: An Official Journal of the Institute of Mathematical Statistics, vol. 43, no. 2, pp. 682- 737, 2015. doi: 10.1214/13-AOP873.
5. Васильев Н.Н., Дужин В.С., Кузьмин А.Д. Исследование свойств классов эквивалентности перестановок с помощью обратного преобразования Робинсона — Шенстеда — Кнута. Информационно-управляющие системы. 2019;(1):11-22. https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-1-11-22

АЛГОРИТМЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКТОВ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЯЗЫКА ГЕНЕРАТОРОВ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ

Лавренов А.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье предлагаются идеи по реализации предметно-ориентированного языка создания генератора учебных заданий. В качестве языка общего назначения выбран Python. Внесено предложение по использованию систем компьютерной алгебры для упрощения вычислений. Приведены некоторые конструкции языка, позволяющие сделать код даже сложного генератора удобным и коротким.

Ключевые слова: генерация учебных заданий, методы генерации учебных заданий, предметно-ориентированные языки. системы компьютерной алгебры.

Введение.

Контроль знаний – важная часть образования, требующая большого количества заданий. Следовательно, появляется необходимость в системах, которые быстро смогут создать необходимое количество условий требуемой задачи (в дальнейшем будем называть их генераторами).

В сети Интернет существует много различных генераторов. Например, генератор задания В4 ЕГЭ по информатике [1], который позволяет создать условие типовой задачи по заданным параметрам. Это довольно удобно, но есть существенный минус: реализован только в рамках одной задачи. Другим примером [2] является коллекция файлов-генераторов. Они имеют расширение *.dot* и фактически это шаблоны *Microsoft Word*. Все файлы содержат один и тот же макрос - *Mathogen*, который осуществляет автоматическую генерацию.

Создание генераторов, подразумевает не только сам алгоритм (генерации), но и проверку необходимых условий, формирование и оформление выходных файлов. Появляется необходимость языка, на котором можно будет быстро и просто написать небольшой код для своей задачи, а система уже сама осуществила бы генерацию и оформление математического текста (рис. 1).

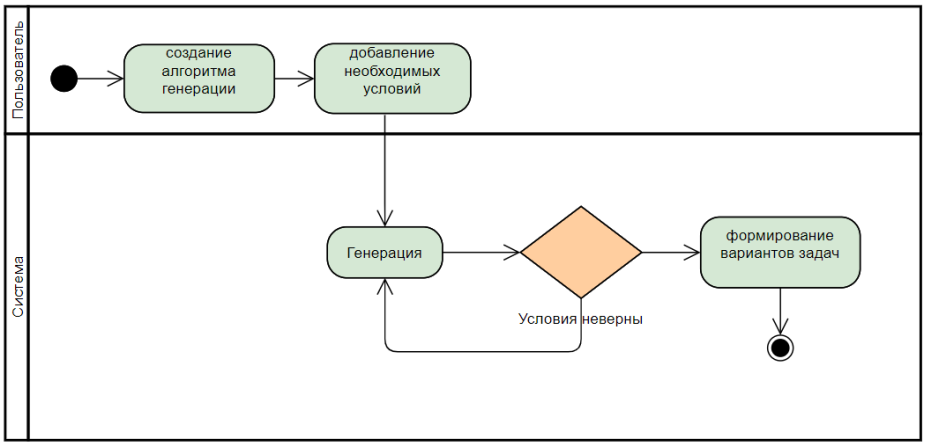


Рисунок 1 Архитектура системы

В данной статье внесено предложение по реализации предметно-ориентированного языка создания генераторов учебных заданий.

Предложение по платформе генерации на базе Python.

Предметно-ориентированные языки программирования (DSL) предназначены для решения проблемы в конкретной области. DSL бывает внешним и внутренним. В первом случае язык может применять пользовательский синтаксис или следовать синтаксису иного представления, а во втором язык представлен с помощью синтаксиса языка общего назначения.

В качестве языка общего назначения был выбран Python. Главные преимущества этого языка заключаются в его универсальности и простоте. Удобный синтаксис позволяет быстро и легко изучить его основы. Для создания генераторов, требуется сложные математические вычисления. Нет необходимости реализовывать все их разнообразие. При генерации можно обращаться к системам компьютерной алгебры (СКА). Это программы для выполнения преобразований над математическими выражениями и работы с ними.

Некоторыми примерами таких систем являются: Mathematica — компании Wolfram Research [3], Maple от Waterloo Maple Software [4], Sagemath, разработанная У.Стейном [5]. Последняя по сути создана на основе Python, что является еще одним преимуществом выбора именно этого языка.

Различные вычисления, которые требуются в процессе генерации, удобно выполнять в СКА. Идея в том, чтобы четко разделить Python и СКА. Вся логика генератора должна быть в Python, а СКА отвечает только за вычисления. Соответственно, необходимо максимально упростить процесс обращения к ним. Пользователь должен лишь написать код для той СКА, которой он хочет воспользоваться. Для этого требуется функция, которая принимает код запроса, посылает запрос СКА и возвращает результат. Необходимо обеспечить взаимный доступ переменных. Т.е. переменные, созданные, например, непосредственно в Python должны быть доступны при вызове СКА, и наоборот.

В процессе генерации пользователь будет добавлять некоторые ограничения. Например, максимальное или минимальное значение какого-либо параметра и т.п. Автоматизировать проверку можно с помощью конструкции «assert». Декоратор в Python – это функция-обертка, которая позволяет расширить функционал другой функции без изменения ее кода. С ее помощью можно заставить работать генератор до тех пор, пока происходит «*assertion error».* Т.е. пока хотя одно ограничение не выполняется. Такая конструкция избавляет пользователя от необходимости создавать множество циклов и условий.

Необходимо также обеспечить повторяемость генерации, чтобы преподаватель мог повторно создать те же условия заданий даже на другом компьютере. Для этого необходимо самостоятельно реализовать генератор случайных чисел, не зависящий от языка программирования, и при генерации давать возможность указывать его начальное состояние в виде числа seed.

Примеры реализации.

Код самого генератора должен быть коротким и удобным. В качестве примера приведен код, генерирующий условия квадратных уравнений (листинг 1). В строках 46 – 50 генерируются корни и старший коэффициент и выполняются проверки, что корни не равны нулю. Строка 51 выполняет запрос к SageMath и возвращает квадратный трехчлен. Следующая строка также обращается к SageMath и возвращает значение наибольшего коэффициента. По сути код содержит только генерацию задания. Не нужно писать множество циклов для проверки условий и перегенерации. Это весьма удобно.

```
44  @generator
45  def generate():
46      E.a = randint(1, 10)
47      E.x1 = randint(-20, 20)
48      assert E.x1 != 0
49      E.x2 = randint(-20, 20)
50      assert E.x2 != 0
51      E.p = sage("expand({{ E.a }} * (x - {{ E.x1 }}) * (x - {{ E.x2 }}))")
52      max_coef = int(sage("max(abs(coef) for coef in ({{ E.p }}).list())"))
53      assert int(max_coef) < 100
```

Листинг 1 Генератор квадратных уравнений

Приведем еще один пример простого генератора, код которого также становится значительно упрощается с помощью предложенных алгоритмов (листинг 2).

```
22  def gcd_steps(a, b):
23      """Возвращает НОД и сколько шагов сделано в алгоритме Евклида"""
24      steps = 0
25      if a < b:
26          a, b = b, a
27      while b != 0:
28          a, b = b, a % b
29          steps += 1
30      return a, steps
31
32  @generator
33  def generate():
34      E.a = randint(1, 1000)
35      E.b = randint(1, 1000)
36      E.gcd, E.steps = gcd_steps(E.a, E.b)
37      assert 2 <= E.gcd <= 10 and 3 <= E.steps <= 5
38
39  def statement():
40      return """
41      Найдите НОД чисел {{ E.a }} и {{ E.b }}.
```

Листинг 2 Генератор заданий на нахождение НОД

В этом примере алгоритм генерирует задания на нахождения НОД. Требуется, чтобы ответ был от 2 до 10, а количество шагов в алгоритме Евклида от 3 до 5. С помощью конструкции «assert» код выглядит коротким и удобным.

Выводы

В работе было предложены идеи создания предметно-ориентированного языка создания генераторов учебных заданий. Кратко проанализированы существующие варианты. Главная идея языка заключается в том, чтобы автоматизировать проверки условий, форматирование и создания файлов с задачами. Другими словами, пользователь пишет только алгоритм генерации, а за все вычисления и преобразования отвечает система. Все вычисления предлагается выполнять в СКА, обеспечив возможность подключения к наиболее популярным. С помощью конструкции «assert» языка Python обеспечивается генерация до тех пор, пока все условия и ограничения, добавленные пользователем, не будут выполнены.

Список литературы

1. ЕГЭ по информатике // Преподавание, наука и жизнь. URL: https://kpolyakov.spb.ru (дата обращения 15.04.2021)
2. Математика // Образовательный проект Леонида Некина. URL: https://www.nekin.info. (дата обращения 13.04.2021)
3. mathematica // Wolfram Mathematica: Современные технические вычисления. URL: https://www.wolfram.com (дата обращения 15.04.2021)
4. Products // Maplesoft. URL: https://www.maplesoft.com (дата обращения 15.04.2021)
5. Sagemath. URL: https://www.sagemath.org (15.04.2021)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДЛИН ЦИКЛОВ В ПРЕОБРАЗОВАНИИ ШЮТЦЕНБЕРЖЕ НАД ТАБЛИЦАМИ ЮНГА

Максимова А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе рассмотрено исследование длин циклов Шютценберже на четырехмерных таблицах Юнга. Написана программа, перебирающая все таблицы заданной формы и вычисляющая длины циклов Шютценберже. Проведен ряд компьютерных экспериментов, в ходе которых были построены диаграммы Юнга, распределенные по псевдопланшерелевской и ричардсоновской мерам. Построены графики усредненных длин циклов Шютценберже для этих классов четырехмерных диаграмм Юнга.

Ключевые слова: преобразование Шютценберже, таблицы Юнга, диаграммы Юнга, диаграмма Браттели-Вершика.

Таблицы Юнга, то есть диаграммы Юнга [1] размера n, клеткам которых поставлены в соответствие натуральные числа от 1 до n, возрастающие по строкам и столбцам, являются предметом исследований во многих современных работах. Также интерес представляет изучение k-мерных обобщений диаграмм и таблиц Юнга. k-мерная таблица Юнга $-$ это k-мерная диаграмма Юнга [2] размера n, заполненная числами от 1 до n таким образом, что числа возрастают вдоль координатных осей. В данной работе рассматриваются четырехмерные таблицы Юнга.

Преобразование Шютценберже [3] преобразует таблицу Юнга размера n в таблицу Юнга размера $n-1$. Модификация этого преобразования, сохраняющая форму таблиц, была исследована в [4]. Поскольку преобразование Шютценберже с сохранением формы биективно, множество таблиц Юнга разбивается на циклы: полученная в результате преобразования таблица может быть снова преобразована. Другими словами, справедливы следующие утверждения:

1. При применении преобразования Шютценберже с сохранением формы получается новая таблица такой же формы.
2. Размерность произвольной диаграммы Юнга, то есть количество таблиц соответствующей формы, конечна.

Следовательно, при последовательном применении этого преобразования к таблицам Юнга, через конечное число шагов будет получена исходная таблица Юнга, то есть образуется цикл, длина которого равна количеству выполненных итераций преобразования Шютценберже. При этом форма таблиц определяет структуру длин этих циклов.

Для исследования структуры длин циклов четырехмерных таблиц Юнга необходимо генерировать все существующие таблицы Юнга заданной формы. Для этого была написана рекурсивная функция, которая преобразует таблицу Юнга размера n в таблицу Юнга размера $n+1$. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут получены все таблицы заданной формы.

Затем из множества сгенерированных таблиц выбирается произвольная, к которой применяется преобразование Шютценберже с сохранением формы, в результате чего получается другая таблица Юнга того же размера. Процесс продолжается до тех пор, пока в результате очередного преобразования не будет сгенерирована исходная таблица Юнга. Полученные таблицы представляют собой один из циклов Шютценберже. Эти таблицы удаляются из перечня сгенерированных таблиц. После этого из перечня снова выбирается

произвольная таблица и процесс повторяется. Алгоритм завершает свою работу, когда в перечне не осталось ни одной таблицы. В отдельном файле сохраняются длины всех полученных циклов. Заметим, что в экспериментах рассматриваются длины циклов, деленные на размерности соответствующих им диаграмм.

В работе рассматривались диаграммы Юнга, построенные с помощью марковских псевдопланшерелевского процесса и процесса Ричардсона [5]. С помощью каждого их этих процессов генерировалось множество диаграмм одного размера. Для каждой диаграммы вычислялась структура длин циклов Шютценберже, а затем вычислялись средние длины циклов. Было сгенерировано 30 000 псевдопланшерелевских диаграмм и 23 000 ричардсоновских. Отдельно были рассмотрены диаграммы с размерностями не ниже 90% от максимальной: 137 псевдопланшерелевских и 93 ричардсоновских. На рис. 1 представлены соответствующие графики усредненных длин циклов.

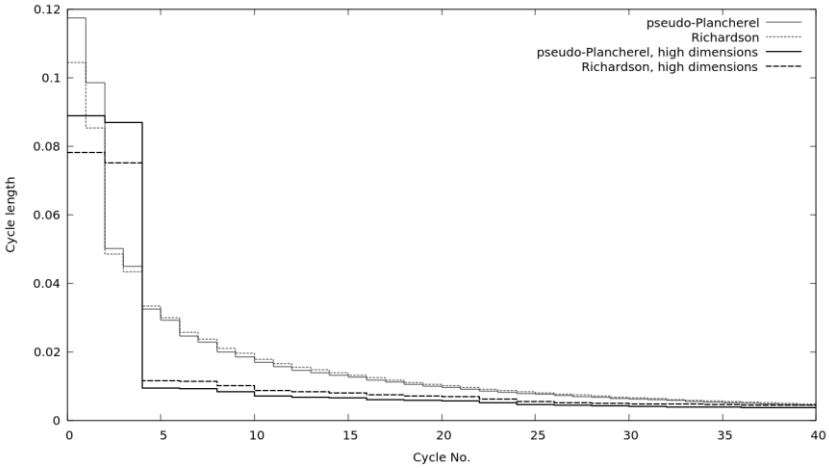


Рис.1. Распределение длин циклов Шютценберже для диаграмм Юнга размера 13, сгенерированных с помощью псевдопланшерелевского процесса и процесса Ричардсона

Как видно из рисунка, у диаграмм с разными размерностями длины циклов убывают плавно, в то время как у диаграмм с большими размерностями присутствуют четыре цикла, длины которых существенно превышают длины других циклов. Существенных отличий между псевдопланшерелевскими и ричардсоновскими диаграммами не наблюдается, что может быть объяснено небольшим размером построенных диаграмм. Также любопытство вызывает то, что у диаграмм с большими размерностями отсутствуют циклы с уникальной длиной. К дальнейшим планам можно отнести оптимизацию кода, которая позволит исследовать диаграммы больших размеров. Также планируется провести аналогичные исследования на двумерных и трехмерных таблицах Юнга.

Список литературы

1. Фултон У. Таблицы Юнга и их приложения к теории представлений и геометрии. — М.: МЦНМО, 2006.
2. Эндрюс Г. Теория разбиений. // М.:Наука. Главная редакция физико–математической литературы, 1982. С.80-97
3. M. P. Schutzenberger, Quelques remarques sur une construction de Schensted. — Math. Scandinavica 12, (1963), 117–128.
4. V. Duzhin, N. Vassiliev, “Randomized Schützenberger's jeu de taquin and approximate calculation of co-transition probabilities of a central Markov process on the 3D Young graph”, Representation theory, dynamical systems, combinatorial methods. Part XXXI, Zap. Nauchn. Sem. POMI, 485, POMI, St. Petersburg, 2019, 90–106
5. Тян Е. Асимптотика геометрических параметров типичных диаграмм Юнга для марковских процессов на графе твердых разбиений / Наука настоящего и будущего: тез. докл. VIII Научно-практической конференции с международным участием, СПб, 14-16 мая 2020 г., Т.1. / СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПб 2020 С. 262-265

МОДЕЛИ ТОНКИХ ОЦЕНОК СЛОЖНОСТИ

МАНЧЕНКОВА А.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. Тема тонких оценок сложности является сравнительно недавно появившейся областью классической теории сложности. Актуальной теоретической задачей тонких оценок сложности, также называемых fine-grained complexity является исследование полиномиальных и экспоненциальных задач для большего различия двух простых или двух сложных задач. В рамках этой работы производится обзор основных понятий теории сложности, рассмотрены задачи и алгоритмы для сведения задач.

Ключевые слова: тонкие оценки сложности, fine-grained complexity, теория сложности, хорошо ограниченная скорость.

Введение

В классической теории сложности рассматриваются задачи P и NP-класса. С этой точки зрения, задачи считаются принадлежащими одному классу сложности, если они сводятся друг к другу за полиномиальное время. К классу P относятся задачи, для которых существует алгоритм, работающий за полиномиальное время. К классу NP относятся задачи, для которых легко проверить имеющееся решение, но, на сегодняшний день, невозможно найти быстрый алгоритм решения. Классическая теория сложности с помощью таких понятий как NP-полнота, различает задачи, которые имеют относительно эффективные решения, и те, которые являются трудноразрешимыми. Модели тонких оценок сложности исследуют задачи с целью уточнения качественного различия относительно точного времени для конкретной задачи или, с помощью сведения, показывают, что задача не решается быстрее какого-то времени. Получать более точные оценки имеет практический смысл для задач класса P, например, две полиномиальные (простые) задачи решающиеся за n^2 и n^{70} в классической теории сложности не имеют разницы – обе считаются простыми, но на практике имеют большую разницу, высокая степень полинома крайне невыгодна для запуска такого алгоритма. Для сложных задач Fine-grained complexity определяет точные временные рамки NP-полных задач, в которых наиболее сложный и трудоемкий алгоритм и будет являться наилучшим возможным, или, ограничивает время решения задач, для которых удалось улучшить алгоритмы экспоненциального времени.

В данной работе производится обзор основных понятий теории сложности и показаны примеры сводимости задач, с целью получения лучших оценок, подтверждается актуальность исследований в этой области.

Постановка задачи.

Возьмем две известные задачи: «раскраска графа в 2 цвета» и «раскраска графа в 3 цвета». Задача раскраски графа – это назначение цветов узлам графа таким образом, чтобы ни одна из двух смежных вершин не имела одинакового цвета, и для полного окрашивания графа используется не более k цветов. Первая задача раскраски в 2 цвета решается обходом в глубину – находятся в классе P, вторая задача считается сложной и решается за экспоненциальное время - $2^{O(n)}$. Можно ли решить задачу о раскраске графа в 3 цвета за квазиполиномиальное - n^{logn} или за субэкспоненциальное - $2^{o(n)}$ время? В частности, на этот вопрос отвечает fine-grained complexity.

Для тонких моделей сложности необходимо:

1. Иметь предположение для задачи A, которое достаточно сложно опровергнуть.
2. Уметь сводить задачу A к задаче B за время меньшее чем решается задача A.
3. Из оценки для задачи A получить оценку для задачи B.

Fine-grained reduction – или сведение задач f.g. ($A \to B$) – это преобразование одной вычислительной задачи к другой, для соотнесения сложности временных рамок двух задач, т.е. умея решать одну задачу можно решить и другую с помощью сведения, так же это подразумевает, что если задача A решается за время $a(n)$, а задача B решается за время $b(n)$, и, существует сведение от A к B, то любое улучшение для задачи B также приведет к улучшению временной сложности для задачи A.

В моделях тонких оценок сложности вводятся гипотезы (предположения). Одна из них:

SETH – Strong Exponential Time Hypothesis – для $\forall \varepsilon > 0\ \exists k\colon k\ SAT$ не решается за $(2-e)^n$, другими словами, если устремить k к бесконечности, то для решения задачи k SAT будет требоваться 2^n. Лучшие алгоритмы, решающие 3 SAT: 1.31^n, 4 SAT: 1.47^n, … , d SAT: $2^{(1-c/d)n}$, SAT: 2^n. Задача выполнимости булевых функций является NP-полной задачей, т.е. к ней сводятся любые задачи из класса NP. В частности, поэтому, она рассматривается в области fine-grained. SETH полезна для сведения полиномиальных задач, в рамках же этой работы рассматриваются экспоненциальные задачи, для которых SETH практически не дает никаких результатов, но необходима для того, чтобы показать фундаментальность выбранных гипотез.

Более частная гипотеза, с помощью которой будут проведены дальнейшие сведения, называется ETH – Exponential Time Hypothesis и формулируется следующим образом – не существует алгоритма, решающего задачу 3 SAT за субэкспоненциальное время $2^{o(n)}$. Рассмотренные две гипотезы SETH и ETH приводят к другой известной проблеме о равенстве классов P и NP – это одна из главных гипотез теории алгоритмов, является одной из задач тысячелетия, определенной Математическим институтом Клэя в 2000г. Если доказать, что классы P и NP равны, то это будет означать, что многие задачи, которые считались сложными можно будет решать существенно быстрее.

Гипотеза о неравенстве P и NP является фундаментальной, на которую опирается fine-grained complexity. Необходимо заметить, что в данной области делается предположение, что $\mathrm{P} \neq \mathrm{NP}$, по нескольким причинам:

- Проблему равенства классов в ближайшем будущем будет, по крайней мере, достаточно сложно разрешить, необходимы принципиально новые математические техники.
- Равенство классов приведет к нарушению некоторых алгоритмов криптографии.
- Существуют нижние оценки на схемы.
- Для решения данной проблемы необходимо предоставить алгоритм, например, решающий 3 SAT за полиномиальное время, при этом последние несколько десятилетий многие старались придумать алгоритм и не преуспели в этом.

Раскраска графа в 3 цвета.

В данном параграфе будет рассмотрена оценка для задачи раскраски графа в 3 цвета, с помощью сведения задачи 3 SAT, основываясь на гипотезе ETH.

Есть булева формула 3 SAT, которая имеет n переменных и m конъюнктов. Необходимо построить граф такой что, если формула выполнима, то граф получится

раскрашиваемым. Для удобства назовем цвета F - false, T - true, N – нейтральный (от англ. neutral). Заведем 3 вершины соединенных между собой разных цветов. К вершине, раскрашенной в цвет N, добавим все переменные входящие в формулу 3 SAT с их отрицаниями, соединяя переменную x_i и ее отрицание $\overline{x_i}$ между собой. Таким образом каждая переменная $x_1, \dots, x_n$ и $\overline{x_1}, \dots, \overline{x_n}$ будет окрашена либо в T, либо в F цвет. Для каждого дизъюнкта добавляется граф с 6 вершинами, соединяясь с каждой из трех переменных конъюнкта в соответствии с их отрицаниями (рис.1).

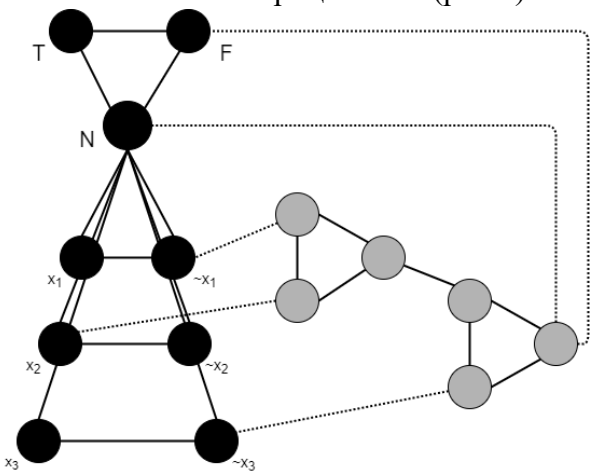


Рис. 1. Граф для одного конъюнкта ($\overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3}$)

Получившийся граф нельзя раскрасить, если все три вершины, соответствующие $\overline{x_1}, x_2, \overline{x_3}$ будут давать false (раскрашены в F), т.е. если взять набор $x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 1$ для конъюнкта булевой функции. Если же покрасить хотя бы одну из этих вершин в true, то граф раскрасится. Количество получившихся вершин графа может быть не более n^3 – максимальное количество конъюнктов $6C_n^3 + 2n + 3 = o(n^3)$, где n – количество переменных в формуле 3 SAT. Следовательно, задача о раскраске графа в 3 цвета, в предположении ETH, не решается быстрее чем $2^{o(\sqrt[3]{n})}$, где n – количество вершин получившегося графа.

Раскраска графа в 3 цвета с ограничениями.

Рассмотрим задачу с ограничением комбинаций true и false. В каждом конъюнкте исключим наборы 001, 100 и 101, тогда нужно построить граф, который будет раскрашиваться с любым другим набором, и функция 3 SAT будет выполнима. Для конъюнкта ($\overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3}$) наборы значений булевых переменных и цветов в графе соответственно не будут подходить (табл. 1, 2).

x_1	x_2	x_3
1	0	1
0	0	1
0	0	0

Табл. 1. Исключаемые комбинации x_i в дизъюнкте

$\sim x_1$	x_2	$\sim x_3$
F	F	T
T	F	F
T	F	T

Табл. 2. Исключаемые комбинации цветов

Добавим к имеющемуся графу без ограничений несколько ребер (рис. 2).

Добавление ребра из вершины с цветом F в вершину A_2 позволяет красить ее только в цвет N, а смежную вершину A_3 только в цвет F, при этом вершина A_1 может быть окрашена либо в T, либо в N. Если попробовать раскрасить A_1 в цвет true, то вершина $\sim x_1$ обязательно будет цвета false, а вершина x_2 – true. Если же покрасить A_1 в цвет N, то $\sim x_1$ будет цвета T, как и x_2, таким образом, для получившегося графа подходят только оставшиеся 4 комбинации.

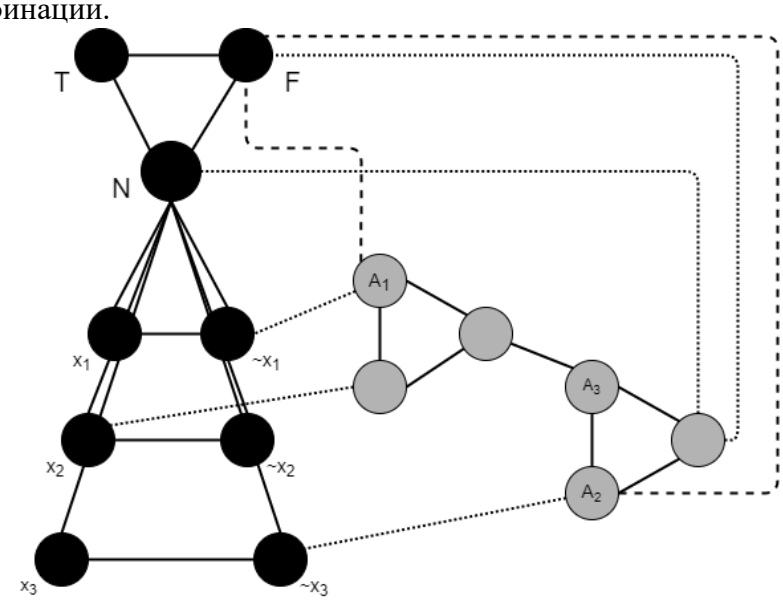


Рис. 2. Граф для одного конъюнкта ($\overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3}$) с ограничениями

Заключение.

В работе представлены некоторые основные понятия, связанные с теорией сложности. Приведены примеры, почему тема fine-grained complexity актуальна сейчас. Показано сведение задачи 3 SAT, к задаче о раскраске графа в 3 цвета, получена оценка $2^{o(\sqrt[3]{n})}$, где n – количество вершин получившегося графа в предположении гипотезы ETH. Предложено сведение той же задачи с дополнительными ограничениями на значения булевых переменных в формуле 3 SAT.

Список литературы.

1. Scott Aaronson and Avi Wigderson. Algebrization: A new barrier in complexity theory, 2009
2. Amir Abboud, Arturs Backurs, and Virginia Vassilevska Williams. Tight hardness results for LCS and other sequence similarity measures, 2015 – с. 59.
3. Amir Abboud, Karl Bringmann, Holger Dell, and Jesper Nederlof. More consequences of falsifying SETH and the orthogonal vectors conjecture, 2018
4. Karl Bringmann: Fine-Grained Complexity Theory, 2019 – с. 4:2-4:3.
5. Akanksha Agrawal: Fine-Grained Complexity of Rainbow Coloring and Its Variants, 2017 – с. 60:4-60:9.

ВЫЧИСЛЕНИЕ РАЗМЕРНОСТЕЙ КОМПОНЕНТ ТРОПИЧЕСКИХ ПРЕДМНОГООБРАЗИЙ, ОПИСЫВАЕМЫХ РЕКУРРЕНТНЫМИ СООТНОШЕНИЯМИ

Михайлов Ф.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. Тропическая математика является новой областью современной математики и имеет разнообразное приложение в алгебре, геометрии, computer science, биологии, экономике и инженерных науках. Актуальной теоретической задачей тропической математики является исследование размерностей компонент тропических предмногообразий, описываемых рекуррентными соотношениями. В то же время многие актуальные вопросы тропической математики являются недостаточно исследованными с программной (вычислительной) точки зрения. В рамках этой работы производится обзор основных понятий тропической математики, а также осуществляется вычисление тропической энтропии в математическом пакете gfan.

Ключевые слова: тропическое предмногообразие, тропическая рекуррентная последовательность, тропическая энтропия, периодическая последовательность.

Введение.

Тропическая математика – новый раздел математики, связанный с изучением полуколец и идемпотентным сложением, возникший в 2000-е годы. Несмотря на новизну, она уже нашла свои применение в алгебре, геометрии, математической физике, биологии, экономике, теории нейронных сетях, динамическом программировании и других задач современной математики.

В данной работе производится обзор основных понятий и приложений тропической математики [1-3] подтверждает актуальность исследований в этой области. Вычислительные преимущества тропического подхода связаны с аддитивностью рассматриваемых структур, что на порядки снижает сложность вычислений.

Gfan – это программный пакет для вычисления вееров Грёбнера и тропических многообразий, разработанный в 2005 году, А. Йенсеном, на основе алгоритмов в его диссертации [4]. Пакет gfan позволяет вычислять базисы Грёбнера, тропическое предмногообразие по заданным многочленам. В настоящий момент является самым мощным программным средством для таких вычислений, является свободным пакетом и более того распространяется в качестве стандартного пакета Linux, входит в состав дистрибутива Debian.

Постановка задачи.

Последовательность $\{z_i\}_{i\in\mathbb{Z}}$ называется рекуррентной последовательностью, удовлетворяющей вектору $a = (a_0, \dots, a_n) \in \mathbb{R}^{n+1}, a_0 \neq 0, a_n \neq 0$, если для любого $k \in \mathbb{Z}$ выполнено условие $\sum_{0\le i\le k} a_i z_{k+i} = 0$. Замечательное свойство в классических рекуррентных последовательностях состоит в следующем: если вычислить все z до какого-то z_i, то так как последний коэффициент a_n не равен нулю, можно однозначно вычислить z_{i+1}, подставив в формулу соответствующие k.

Основным объектом тропической математики является тропическое полукольцо $(\mathbb{R} \cup \{+\infty\}, \oplus, \otimes)$. Это множество состоит из вещественных чисел и дополнительным элементом – плюс бесконечностью. В тропическом полукольце классические операции сложения и умножения над вещественными числами заменяются на операции минимум и

плюс соответственно: $x \oplus y := \min(x,y)$, $x \otimes y := x + y$. В тропической математике есть свои аналоги полиномиальной алгебры, линейной алгебры и других разделов математике. В том числе можно определить тропические рекуррентные соотношения [5].

Вычисление тропической энтропии.

Последовательность $\{y_i \in \mathbb{R} \cup \{\infty\}\}_{i \in \mathbb{Z}}$ называется тропической рекуррентной последовательностью, удовлетворяющей вектору $a = (a_0, \dots, a_n) \in (\mathbb{R} \cup \{\infty\})^{n+1}, a_0 < \infty,\ a_n < \infty$, если для любого $k \in \mathbb{Z}$ выполнено условие $min_{0 \le i \le n}(a_i + y_{k+i})$. Данное условие выполняется в случае, когда минимум достигается в двух или более тропических слагаемых $a_i + y_{k+i}$. В тропических рекуррентных соотношениях каждый следующей член не всегда можно вычислить однозначно.

Тропические рекуррентные последовательности могут быть периодическими и не периодическими для одного и то же вектора $a = (a_0, \dots, a_n)$. У периодических последовательностей имеется некоторый период d, на который можно сдвинуть все элементы тропической последовательности, при этом условие будет сохраняться. Периодические рекуррентные последовательности в некотором смысле тривиальны, так как они соответствуют классическом рекуррентным последовательностям (каждый следующий элемент последовательности вычисляется однозначно). В данной работе нас интересуют непериодические тропические рекуррентные последовательности, для описания которых вводится понятие тропической энтропии.

Для определения тропической энтропии будем говорить о конечной тропической последовательности $y = (y_0, \dots, y_s)$, которая удовлетворяет $a = (a_0, \dots, a_n)$, описанным выше соотношением. Обозначим через $D_s := D_s(a) \in \mathbb{R}^s$ набор из всех конечных тропических последовательностей, удовлетворяющих вектору a, и $d_s := \dim D_s$. Тропической энтропией называется называют предел: $H(a) := \lim_{s \to \infty} \frac{d_s}{s}$. Тропическая энтропия отображает наличие непериодических рекуррентных последовательностей.

Для вычисления тропической энтропии вектору a сопоставляется тропическое предмногообразие, размерность которого считается в пакете gfan. С помощью линейных преобразований вектору $a = (a_0, \dots, a_n)$ можно сопоставить вектор $b = (0, b_1, \dots, b_{n-1}, 0)$. Рассматривать случаи, в которых $a_0 = 0$ и $a_n = 0$ технически проще.

Производя вычисления для $n = 2$, в которых рассматриваются случаи:

1. $a_1 = a_0 = a_2 = 0$, в котором $H(a) = 1/3$;
2. $a_1 < 0, a_0 = a_2 = 0$, в котором $H(a) = 0$;
3. $a_1 > 0, a_0 = a_2 = 0$, в котором $\mathrm{H}(a) = 1/4$.

При $n > 2$ рассматриваются более сложные случаи задания компонент вектора $a = (a_0, \dots, a_n)$. Вычисление тропической энтропии производилось в математическом пакете gfan в операционной системе Linux. Данный пакет позволяет находить размерность тропического предмногообразия d_s, сопоставленное вектору $a = (a_0, \dots, a_n)$.

Заключение.

Производя вычисления тропической энтропии для изучения асимптотики d_s и поведения тропической энтропии при различных случаях вектора a, в том числе и для различных размерностей n вектора a, сделаны следующий выводы:

1. Не опровергнуто утверждение: $0 \leq H \leq 1 - 1/n$, которое предложено в [6].
2. По результатам вычислений можно выдвинуть гипотезу, что функция d_s асимптотически имеет вид линейной функции.

Список литературы

1. Itenberg I., Mikhalkin G., Shustin E. Algebraic statistics for Computational Biology. – Cambridge: Cambridge University Press. 2005. – 447 с.
2. Baldwin E.A., Klemperer P.D. Tropical Geometry to Analyse Damand // Grantham Research Institute, Nuffield College. – 2014 – 83 с. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://elizabethbaldwin.me.uk/papers/baldwin_klemperer_2014_tropical.pdf (дата обращения 19.04.2021).
3. Zhang L., Naitzat G., Lim L. Tropical Geometry of Deep Neural Neworks // Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learnin. – 2018. – 18 мая – 18 с. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: https://arxiv.org/pdf/1805.07091.pdf (дата обращения 19.04.2021).
4. Йенсен А. Н. Gfan version 0.6: A User's Manual - Mathematical Science. - 2017. – 19 июня – 68 с.
5. Maclagan D., Sturmfels B. Introduction to Tropical Geometry – Providence: American Mathematical Society. 2015. – 363 с.
6. Григорьев Д.Ю. Tropical reccurent sequences. – CNRS, Math´ematique, Universit´e de Lille, Villeneuve d'Ascq, France. -17 с.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ СИГНАЛА В ЗАДАЧЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОЖЕСТВА СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ

ПРОЦВЕТКИНА А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе предлагается построение комбинированной хи-квадрат статистики из набора таблиц сопряженности, имеющих общий признак. Целью построения комбинированной статистики является агрегация отдельных (и зачастую слабых) сигналов в единый более мощный сигнал. Выдвижение соответствующей комбинированной гипотезы позволяет снизить поправку при проведении множественного тестирования. Предлагаемый метод строго математически обоснован, а его работа проверена на симулированных данных с различным уровнем зависимости, так же в работе сформулированы эмпирические границы применимости метода.

Ключевые слова: таблицы сопряженности, хи-квадрат статистика, обобщенная обратная матрица, локализация сигнала, корреляционная матрица, многомерное нормальное распределение

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект №20-14-00072.

Введение.

Полногеномный анализ ассоциаций (GWAS) является наиболее распространенным методом в генетических исследованиях. Результаты множества тестов на ассоциацию фенотипа и генетических маркеров используются для формирования выводов в анализе ассоциаций. Проблема множественного тестирования особенно актуальна, поскольку число исследуемых маркеров (и, соответственно, проверяемых гипотез) может достигать нескольких миллионов и даже больше. Увеличение количества исследуемых маркеров приводит к сильной поправке вычисляемых p-значений. В результате даже сильные сигналы (наличие ассоциаций) становится практически невозможно обнаружить. Наиболее часто используемая поправка Бонферрони является очень строгой и к тому же применима толь-

ко в случае независимых тестов. Поправка может быть немного улучшена в случае зависимых тестов, но общего подхода на данный момент не существует. Предлагается улучшить имеющуюся статистическую методологию с использование подхода локализации.

Постановка задачи.

Пусть $T_1,\ldots,T_n$ – результаты статистических тестов, имеющих общее распределение $\mathbb{P}$. Рассмотрим нулевые гипотезы $H_j : P_j \equiv P_{j0}$, где P_j – распределение X_j, $j \in \mathcal{N} = \{1,\ldots,n\}$. Введем локализационные множества $W_i, i = 1,\ldots,k;\ \mathcal{W} = \{W_i\}_{i=1}^k$. Выдвинем комбинированную нулевую гипотезу $H_i^* : P_j \equiv P_{j0},\ \ j \in W_i, i = 1,\ldots,k$. Отметим, что в задаче локализации сигнала не подразумевается обнаружение точного местоположения сигнала. Подробно локализационный подход описан в [1].

Пусть имеется выборка из (Y, Z), где $Y \in \{1,\ldots, m\}, Z \in \{1,\ldots, n\}$. Сформируем таблицу сопряженности размера $m \times n$. Известно, что при проверке гипотезы независимости признаков статистика критерия имеет асимптотическое распределение $\chi^2_{(m-1)(n-1)}$.

По определению, случайная величина, имеющая хи-квадрат распределение с k степенями свободы, есть сумма квадратов k независимых одинаково распределенных нормальных случайных величин. Следовательно, с каждой таблицей сопряженности теоретически можно связать некоторый вектор $X = (X_1,\ldots,X_{(m-1)(n-1)})^T$, компоненты которого независимы и распределены асимптотически нормально, а сумма квадратов есть статистика критерия для проверки независимости.

Пусть теперь имеется выборка из $(Y_1,\ldots,Y_w, Z)$, где $Y_i \in \{1,\ldots, m\}, Z \in \{1,\ldots, n\}$. Сформируем w таблиц сопряженности из $(Y_i, Z),\ i = 1,\ldots, w$, размера $m \times n$. Сформируем вектор из всех асимптотически нормальных компонент из всех таблиц:

$$\boldsymbol{\xi} = \left(X_{11},\ldots,X_{1,(m-1)(n-1)},\ldots,X_{w1},\ldots,X_{w,(m-1)(n-1)} \right)^T,$$

где X_{ij} обозначает j-ю компоненту из i-й таблицы.

Очевидно, что $\boldsymbol{\xi} \Rightarrow N(0, \Sigma)$, а Σ имеет размер $q = w(m-1)(n-1)$. Общеизвестен факт, что если Σ не вырождена, то квадратичная форма $\boldsymbol{\xi}^{\boldsymbol{T}}\Sigma^{-1}\boldsymbol{\xi}$ имеет асимптотическое распределение хи-квадрат с q степенями свободы. Однако, согласно Рао и Митра [2], имеет место следующая более общая теорема, что $\boldsymbol{\xi}^{\boldsymbol{T}}\Sigma^{-}\boldsymbol{\xi} \Rightarrow \chi^2_r$, где Σ^{-} – обобщенная обратная матрица для Σ, r – ранг матрицы Σ. Квадратичная форма также не зависит от выбора обобщенной обратной матрицы, поэтому будем пользоваться обобщенной обратной матрицей Мура-Пенроуза.

Оценивание ковариационной (а в данном случае корреляционной) матрицы Σ требует рассмотрения совместного распределения для каждой пары таблиц. В текущей работе исследованы частные случаи таблиц 2×2 и 3×2, когда при рассмотрении набора из w таблиц любые две из них имеют общий признак. Соответственно, будут использоваться таблицы $2 \times 2 \times 2$ и $3 \times 3 \times 2$.

Выдвигаемая нулевая гипотеза может быть сформулирована как: «ни в одной из w двумерных таблиц, имеющих общий признак, нет зависимости между рассматриваемыми в ней признаками». Локализационным множеством будем считать $W = \{1, \ldots, w\}$.

Таблицы 2×2.

В таблицах 2×2 статистика критерия при проверке гипотезы независимости признаков имеет 1 степень свободы. Асимптотически нормальная величина

$$X = \sqrt{\frac{n n_{+1} n_{+2}}{n_{1+} n_{2+}}} \left(\hat{p}_{1|1} - \hat{p}_{1|2} \right) \Rightarrow N\left(0,1\right)$$

при возведении в квадрат дает хи-квадрат статистику для проверки гипотезы независимости (нижний индекс «+» означает суммирование по соответствующему индексу).

Пусть имеется w таких таблиц размера 2×2. Всего имеется w асимптотически нормальных случайных величин, т.е. $\boldsymbol{\xi} = (X_1, \ldots, X_w)^T$. Необходимо оценить корреляции $\rho_{ij} = \mathbf{corr}(X_i, X_j)$.

Получение оценок параметров ρ_{ij} требует рассмотрения трехмерных таблиц сопряженности для признаков Y_i и Y_j, а так же общего для всех признака Z. Из каждой такой таблицы можно получить следующую оценку корреляции:

$$\hat{\rho} = \frac{n n_{++1} n_{++2}}{\sqrt{n_{1++} n_{2++} n_{+1\cdot+} n_{+2+}}} \left(\frac{n_{111} n_{221} - n_{121} n_{211}}{n_{++1}^3} + \frac{n_{112} n_{222} - n_{122} n_{222}}{n_{++2}^3} \right).$$

Таблицы 3×2.

В случае таблиц сопряженности размера 3×2 статистика хи-квадрат имеет $\left(3-1\right) \cdot \left(2-1\right) = 2$ степени свободы. Однако ее стандартная запись не применима для нашего подхода. В работах Ирвина и Ланкастера [3,4] было предложено ортогональное преобразование, приводящее статистику хи-квадрат для таблиц сопряженности размера $m \times n$ к сумме квадратов $\left(m-1\right) \cdot \left(n-1\right)$ асимптотически нормальных некоррелированных случайных величин. Из полученных величин можно сформировать вектор $\boldsymbol{\xi}$, однако оценивание их ковариационных характеристик, необходимых для построения комбинированной статистики, представляется затруднительным. И тем не менее, каждая из двух компонент хи-квадрат статистики $X^2 = X_1^2 + X_2^2$, может быть записана линейно относительно величины $\psi_{ij} = \sqrt{n_{+j}} (\hat{p}_{i|j} - p_i) \Rightarrow N(0, p_i(1-p_i))$, т.е. линейно относительно оценок параметров распределения:

$$X_1 \approx \sqrt{\frac{n_{+1} n_{+2}}{n^2 p_1 p_2 \left(p_1 + p_2\right)}} \left(\sqrt{\frac{n}{n_{+1}}} p_2 \psi_{11} + \sqrt{\frac{n}{n_{+2}}} p_1 \psi_{22} - \sqrt{\frac{n}{n_{+1}}} p_1 \psi_{21} - \sqrt{\frac{n}{n_{+2}}} p_2 \psi_{12} \right)$$

$$X_2 \approx \sqrt{\frac{n_{+1} n_{+2}}{n^2 p_3 \left(p_1 + p_2\right)}} \left(\sqrt{\frac{n}{n_{+1}}} p_3 \psi_{11} - \sqrt{\frac{n}{n_{+2}}} p_3 \psi_{12} + \sqrt{\frac{n}{n_{+1}}} p_3 \psi_{21} - \sqrt{\frac{n}{n_{+2}}} p_2 \psi_{22} - \right.$$

$$\left. - \sqrt{\frac{n}{n_{+1}}} (p_1 + p_2) \psi_{31} + \sqrt{\frac{n}{n_{+2}}} (p_1 + p_2) \psi_{32} \right)$$

Множители, стоящие перед скобками, являются стандартным отклонением для соответствующего линейного представления.

Для w таблиц сопряженности корреляционная матрица компонент хи-квадрат статистики будет иметь следующий блочный вид

$$\Sigma = \begin{pmatrix} E_2 & \Sigma_{12} & \dots & \Sigma_{1w} \\ \Sigma_{12}^T & E_2 & \dots & \Sigma_{2w} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Sigma_{1w}^T & \Sigma_{2w}^T & \dots & E_2 \end{pmatrix}, \ \Sigma_{ij} = \begin{pmatrix} \rho_{ij}^{11} & \rho_{ij}^{12} \\ \rho_{ij}^{21} & \rho_{ij}^{22} \end{pmatrix}, \ \rho_{ij}^{kl} = \mathbf{corr}(X_{ik}, X_{jl})$$

Поскольку компоненты одной таблицы не коррелированы, в соответствующих элементах матрицы Σ стоят нули. Оценим корреляции между компонентами из разных таблиц следующим образом: вычислим ковариации линейных компонент, а затем нормируем их посредством деления на оценки стандартного отклонения этих линейных компонент.

Исследование работоспособности метода.

Изучим оцениваемость корреляционной матрицы в случаях 2×2 и 3×2 на слабо зависимых данных (рис. 1а и 2а соответственно), а также на сильно зависимых данных (рис.1б, 2б соответственно). Сравнение распределений отражено для крайних случаев: 30 таблиц размера 2×2 и 15 таблиц размера 3×2.

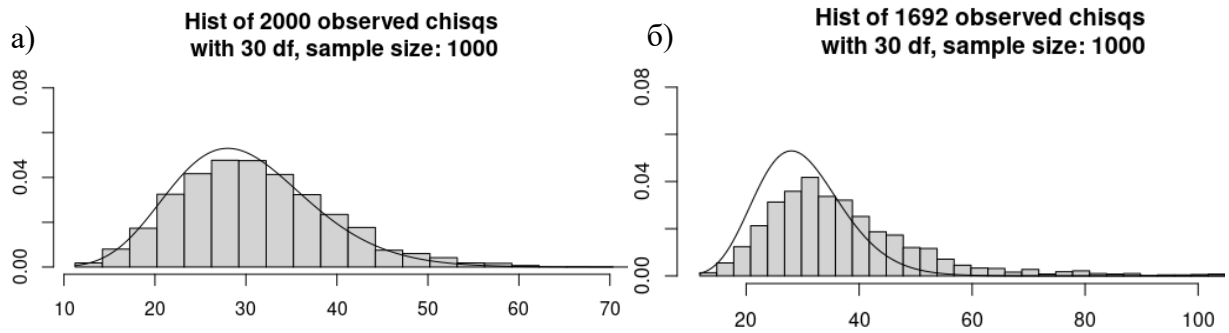


Рис. 1. Сравнение эмпирического и теоретического распределений комбинированной статистики (2x2)

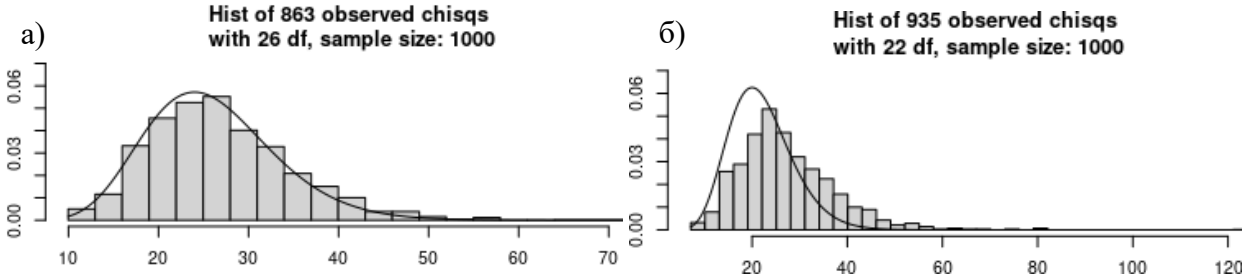


Рис. 2. Сравнение эмпирического и теоретического распределений комбинированной статистики (3x2)

Отметим соответствие теоретического и эмпирического распределений. Замечено, что с увеличением w и зависимости в данных матрица корреляции оценивается хуже и имеет тенденцию к вырождению. Очевидно, что в случае 2×2 рассмотрение параметра $w>30$ может быть нецелесообразным, а в случае и 3×2 может быть неприемлем параметр $w>15$. Однако в случае слабой зависимости в данных указанные замечания могут быть ослаблены. Поскольку корреляционная матрица может терять положительную определенность, использовалась ближайшая положительно-определенная матрица, согласно [5].

Выводы.

В работе был предложен, строго математически обоснован и исследован метод построения комбинированной статистики на основе набора таблиц сопряженности, имеющих общий признак. Были так же выведены оценки корреляционной матрицы многомерного асимптотически нормального вектора $\boldsymbol{\xi}$. Работа предложенного метода была исследована на симулированных коррелированных данных и в результате были сформулированы эмпирические границы применимости выдвинутого подхода.

Список литературы.

1. Malov S. V., Antonik, A., Tang, M., Berred, A., Zeng, Y., & O'Brien, S. J. Signal localization: a new approach in signal discovery //Biometrical Journal. – 2017. – Т. 59. – №. 1. – С. 126-144.
2. Rao C. R. et al. Generalized inverse of a matrix and its applications //Proceedings of the Sixth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Theory of Statistics. – The Regents of the University of California, 1972.
3. Irwin J. O. A Note on the Subdividsion of χ 2 into Components //Biometrika. – 1949. – Т. 36. – №. 1/2. – С. 130-134.
4. Lancaster H. O. The Exact Partition of χ 2 and Its Application to the Problem of the Pooling of Small Expectations //Biometrika. – 1950. – Т. 37. – №. 3/4. – С. 267-270.
5. Higham N. J. Computing a nearest symmetric positive semidefinite matrix //Linear algebra and its applications. – 1988. – Т. 103. – С. 103-118.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ N ТЕЛ С ПОМОЩЬЮ СДВОЕННЫХ ЧИСЕЛ ДВОЙНОЙ ТОЧНОСТИ

Субботин М.О., Кодуков А.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. С начала эры компьютеризации небесной механики до конца XX века чисел двойной точности хватало для расчёта орбит небесных тел. По мере появления более точных наблюдений и более детализированных моделей появилась необходимость и в более точной арифметике. Ранее для этого использовались процессоры с числами четверной точности, но на данный момент поддерживаются только числа расширенной точности. Использование этих чисел представляется неудобным из-за несовместимости с некоторыми архитектурами и языками программирования. В данной работе исследована возможность замены чисел расширенной точности арифметикой double-double с некоторыми оптимизациями, чтобы сохранить быстродействие и получить нужную точность.

Ключевые слова: double-double, машинная арифметика, задача N тел, методы численного интегрирования

Задача N тел

В данной работе решается гравитационная задача N тел (материальных точек) в применении к Солнечной системе. Задача определяется следующим образом: в пространстве находятся N материальных точек с известными массами, положениями и скоростями на начальный момент времени. Попарное взаимодействие точек подчиняется Закону всемирного тяготения. Требуется найти положения материальных точек в последующие моменты времени.

Рассмотрение системы из одного и двух тел не представляют интереса, так как такая система полностью описывается законами Ньютона. Для $N \geq 3$ не существует аналитических решений в общем виде. Существует аналитическое решение для трёх тел в виде рядов [1]. Эти ряды сходятся для любого момента времени, с любыми начальными условиями, но сходятся они крайне медленно и поэтому этот подход не применим на практике. Следовательно, для $N \geq 3$ решения необходимо находить численными методами. Важной задачей является сведение ошибки численного метода к минимуму.

Взаимодействие тел описывается Законом всемирного тяготения. Суммарное ускорение тела, с помощью которого вычисляется перемещение, можно рассчитать так:

$$\vec{a}_n = \frac{\vec{F}_n}{m_n} = -G \sum_{k \neq n} m_k \frac{\vec{r}_n - \vec{r}_k}{|\vec{r}_n - \vec{r}_k|^3}$$

Для проверки корректности численного интегрирования обычно применяют два метода: сравнение с аналитическим решением и вычисление инвариантов. Сравнение с аналитическим решением не представляется возможным, т.к. для $N \geq 3$ его не существует. Но в системе N тел есть три величины, которые не меняются со временем.

Инвариантами данной системы являются полная энергия системы (Закон сохранения энергии), сумма моментов импульса (Закон сохранения момента импульса) и барицентр системы (если на механическую систему не действуют внешние силы, то её центр масс движется с постоянной по величине и направлению скоростью).

Методы численного интегрирования

Уравнение вида ($\vec{r}'' = \vec{a}$) необходимо свести к виду, соответствующему задаче Коши. В задаче Коши считаются известными начальное состояние системы и функция расчёт производной состояния.

Для сведения уравнения

$$\frac{\partial^2 \vec{r}_n}{\partial t^2} = a_n = -G \sum_{k \neq n} m_k \frac{(\vec{r}_n - \vec{r}_k)}{|\vec{r}_n - \vec{r}_k|^3}$$

к системе первого порядка вводится величина скорости тела, с помощью которой получается следующая система:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \vec{v}_n}{\partial t} = a_n \\ \dfrac{\partial \vec{r}_n}{\partial t} = \vec{v}_n \end{cases}$$

Методы Рунге-Кутты – большой класс численных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. В данной задаче для сравнения были выбраны метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод Дормана-Принса 8 порядка [2].

Машинная арифметика

При вычислении скорости тела выполняются в большом количестве операции сложения, умножения, деления, взятие корня. Из-за чего возникает потребность в использовании представления чисел с плавающей точкой с высокой точностью. На рис 1. перечислены представления чисел с плавающей точкой, над которыми проводилось исследование.

Double имеет недостаточную точность (количество битов в мантиссе) для этой задачи. Точности long double хватает, но не во всех языках программирования и архитектурах процессоров есть поддержка этого типа. Quadruple имеет избыточную точность, он реализован программным путем и из-за этого операции над этим типом выполняются медленно.

В свою очередь double-double, как и quadruple имеет программную реализацию [7] (т.е. не зависит от архитектуры и языка программирования) и выражается как сумма двух

компонент double (большого и маленького числа) $x = x_h + x_l$, где $|x_l| \leq \frac{1}{2} ulp(x_h)$. Double-double имеет меньшую точность, чем quadruple, поэтому ожидаемо операции над ним должны работать быстрее.

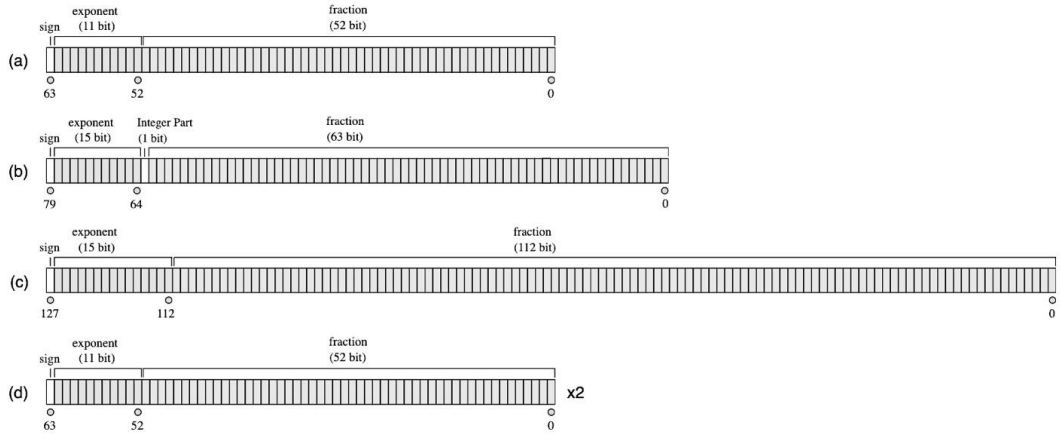


Рис 1. Битовые представления чисел с плавающей точкой различной точности: a) число двойной точности (double) [3], b) число расширенной точности (Extended/long double) [4], c) число четверной точности (quadruple) [5], d) сдвоенное число двойной точности (double-double) [6].

Особый интерес представляет сравнение точности и скорости типов long double и double-double в данной задаче.

Сравнение результатов численного интегрирования

Для исследования была выбрана система, состоящая из 8 тел (планета и 7 спутников, рис. 2). Численное интегрирование орбит осуществляется за 10^5 шагов.

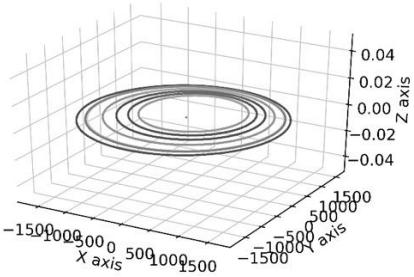


Рис 2. Траектория передвижения тел. Вокруг планеты вращаются 7 спутников.

Интегрирование с double-double оказалось медленнее (таблица 1) интегрирования с long double в 3.67 и 3.60 раз для методов Рунге-Кутты и Дормана-Принса соответственно. Также методы с double-double оказались быстрее методов с quadruple в 3.04 и 2.4 раза.

Таблица 1

Сравнение времени работы методов численного интегрирования

	RK4 (c)	DOPRI8 (c)
Double	0.7542	3.275
Long double	1.266	5.925
Quadruple	14.14	51.33
Double-double	4.653	21.32

Для определения ошибки методов интегрирования вычисляется относительная ошибка изменения величин (инвариантов), которые указаны в таблице 2.

Таблица 2

Порядок накопленной относительной ошибки инвариантов

	RK4			DOPRI8		
	Энергия $\frac{\lvert E-E_0\rvert}{E_0}$	Момент импульса $\frac{\lvert L-L_0\rvert}{L_0}$	Барицентр $\lvert X-X_0\rvert$	Энергия $\frac{\lvert E-E_0\rvert}{E_0}$	Момент импульса $\frac{\lvert L-L_0\rvert}{L_0}$	Барицентр $\lvert X-X_0\rvert$
Double	$\sim 10^{-14}$	$\sim 10^{-14}$	$\sim 10^{-23}$	$\sim 10^{-14}$	$\sim 10^{-14}$	$\sim 10^{-23}$
Long double	$\sim 10^{-16}$	$\sim 10^{-18}$	$\sim 10^{-26}$	$\sim 10^{-18}$	$\sim 10^{-18}$	$\sim 10^{-26}$
Quadruple	$\sim 10^{-17}$	$\sim 10^{-18}$	$\sim 10^{-41}$	$\sim 10^{-32}$	$\sim 10^{-32}$	$\sim 10^{-42}$
Double-double	$\sim 10^{-16}$	$\sim 10^{-18}$	$\sim 10^{-39}$	$\sim 10^{-30}$	$\sim 10^{-31}$	$\sim 10^{-39}$

Инварианты с double-double имеют порядок относительной ошибки сравнимый с порядком инвариантов quadruple (отличаются на 1-3 порядка). В интегрировании с методом Дормана-Принса quadruple и double-double значительно точнее, чем long double на 11-16 порядков. В методе Рунге-Кутты получается одинаковая ошибка в энергии и моменте импульса для всех типов из-за того, что сам метод имеет меньшую точность, чем возможная точность ошибки в типах.

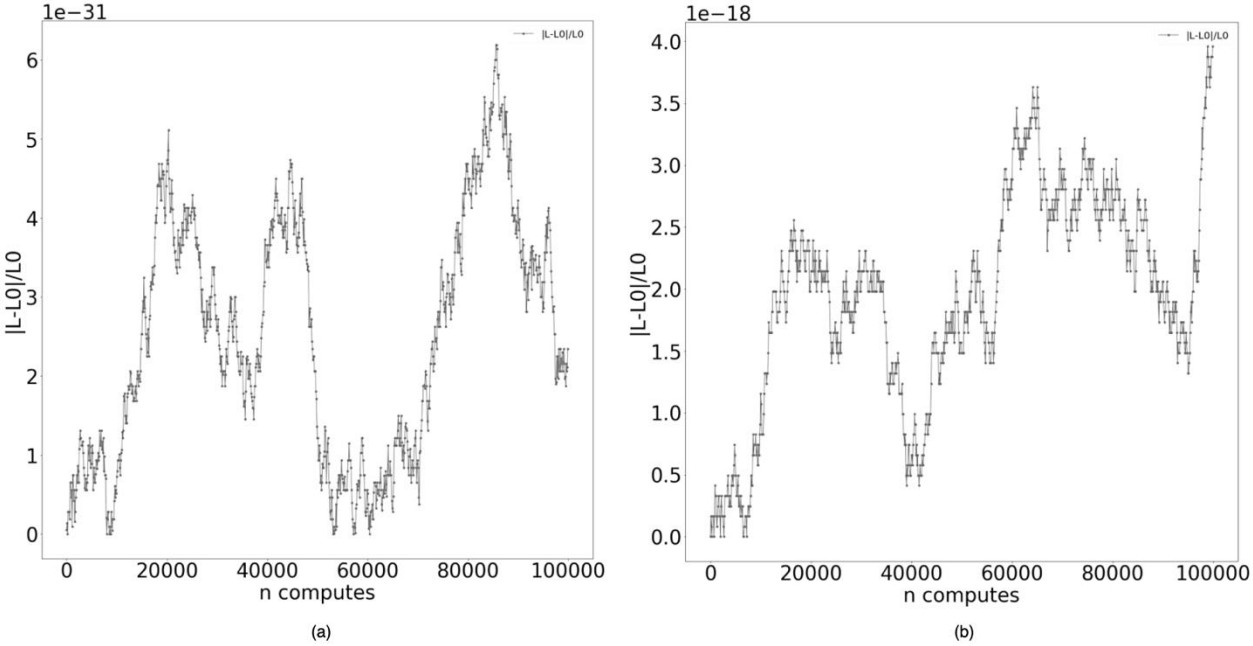


Рис 3. Графики относительного изменения суммы моментов импульса для a) double-double, b) long double в интегрировании с помощью метода Дормана-Принса.

На рис 3. Относительное изменение инвариантов системы не монотонно. Это объясняется тем, что вычисления инвариантов такой системы имеют хаотичный характер. Главным показателем является максимальная накопленная относительная ошибка.

Вывод

Тип double-double оказался применим для данной задачи. Интегрирование на double-double показывает сравнимую точность с quadruple. Интегрирование с использованием double-double быстрее чем с использованием quadruple примерно в 3 раза, но медленнее

чем с long double в 3.5 раза. Дальнейшие исследования будут направлены на приближение скорости численного интегрирования с double-double к скорости с long double. Этого можно добиться путем выполнения некоторых вычислений на double. Также планируется расширение транслятора предметно-ориентированного языка Landau [8] арифметикой double-double.

Список литературы

1. Karl F. Sundman. Mémoire sur le problème des trois corps. Acta Math. 36 105 - 179, 1913.
2. https://gitlab.iaaras.ru/iaaras/abmd/blob/master/src/rk.c#L130 (дата обращения: 14.04.2021)
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Double-precision_floating-point_format (дата обращения: 14.04.2021)
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_precision (дата обращения: 14.04.2021)
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Quadruple-precision_floating-point_format (дата обращения: 14.04.2021)
6. Jean-Michel Muller, Nicolas Brisebarre, Florent de Dinechin. Handbook of Floating-Point Arithmetic 2010th Edition
7. Hida, Yozo & Li, Sherry & Bailey, David. (2008). Library for Double-Double and Quad-Double Arithmetic.
8. I. Dolgakov, D. Pavlov. "Landau: language for dynamical systems with automatic differentiation". Zap. Nauch. Sem. POMI 485 (2019)

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВТ

УПРАВЛЕНИЕ В АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Амельченко Е.О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Анализ и синтез технических решений для задач автоматизации и управления в сельскохозяйственных комплексах различной степени сложности и с различными требованиями к параметрам контроля.

Ключевые слова: автоматизация, управление, агротехника.

Введение

Интеграция автоматического управления в деятельность человека приводит к оптимизации ресурсов и улучшению качества на выходе. Декрементация человеческого фактора, а следственно случайных ошибок, и уменьшение времени реакции на изменение внешних условий – основные стимулы к модернизации производства.

Современные технологии позволяют организовать интеллектуальное управление, основанное на нейросетевых технологиях, точность и возможности которых могут в разы превосходить человеческие. Например, используя камеры наружного наблюдения и последующую обработку видеосигнала, описанными технологиями, можно на выходе получить идентификацию вредителей, таких как грибные мушки (размеры порядка 1.5 мм; учитывая скорость перемещения и размеры грибной фермы, человеческий глаз не сможет распознать насекомое и принять соответствующие меры по противодействию).

Таким образом, минимальные вложения могут повысить производительность в разы.

Исходя из степени сложности и требований к параметрам контроля для отдельно взятых систем, необходимо провести подборку минимальных и оптимальных организационно-технических мероприятий, результатом которых будет повышение производительности и/или качества протекающих процессов.

Составим список основных задач:

- Анализ требований к различным классам рассматриваемых систем;
- Поиск путей оптимизации и улучшения характеристик;
- Синтез решений.

Проблематика выращивания растений

В независимости от масштабов комплекса можно выделить основные параметры, которые нуждаются в поддержании в определенных границах:

- тепловой режим;
- уровень освещенности;
- газовый состав воздушной смеси;
- влажность воздуха;
- влажность почвы;

- кислотность почвы (растворов в случае гидропоники).

При разработке автоматической системы необходимо учитывать режимы работы на всех стадиях роста. В зависимости от них необходимо производить соответствующую настойку.

Различные участки спектра воспринимается растением как сигналы, влияющие на многие аспекты роста и развития (прорастание, деэтиоляция). Изменения в развитии растений, связанные со светом являются результатом фотоморфогенеза [1].

На рис. 1 показаны эффекты от излучения на разных этапах жизненного цикла растений.

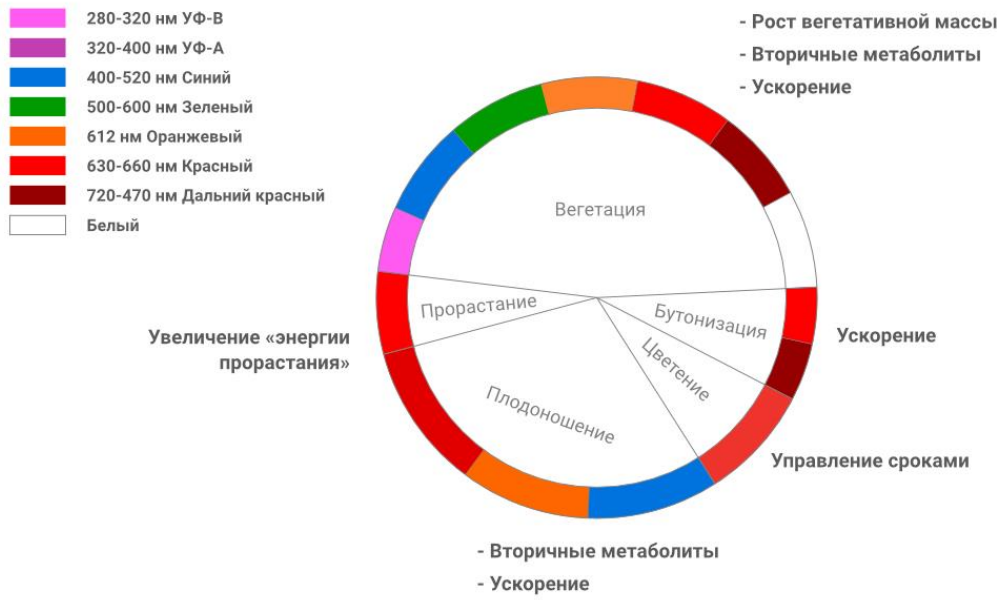


Рис. 1. Основные эффекты, стимулируемые различными цветами на протяжении жизненного цикла растения

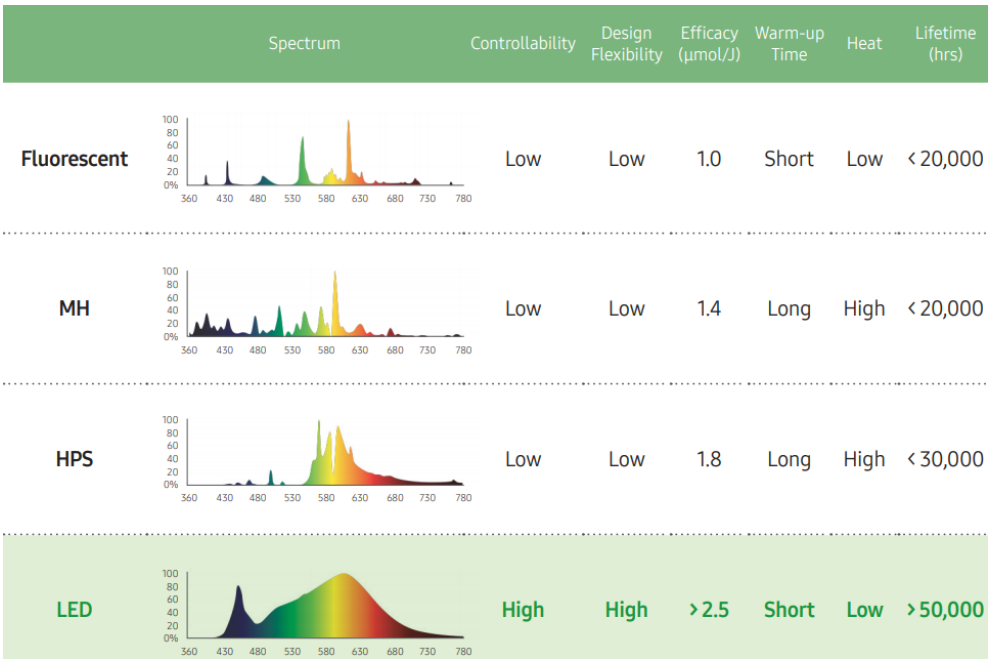
Синтез технических решений

Для обеспечения качественных характеристик освещения, рекомендуется использовать светодиодные осветительные приборы. Основными преимуществами которых выступают: широкая спектральная полоса, позволяющая произвести точную выборку нужных волновых характеристик; показатели энергоэффективности; стоимость установки и сопровождения.

Сравнительный анализ разных источников света представлен на рис. 2. Из него видно, что использование светоизлучающих диодов (LED) в настоящее время является наиболее перспективным подходом к оптимизации освещения для задач садоводства [2].

Вторым не менее значимым параметром является обеспечение растения питательными веществами и минералами. При конструировании системы рассматривается два подхода: релейное и PID регулирование. Выбор способа зависит от технического задания: при использовании гидропонных техник предпочтение будет отдано второму подходу, так как необходимо поддерживать постоянный уровень растворов. Данный вариант экономичен и позволяет оптимизировать ресурсы, хотя с технической стороны является более сложным в реализации. При классическом методе выращивания в грунте трудно постоянно контро-

лировать кислотность и состав почвы, а после полива, за счет естественных физических процессов, изменяются характеристики воздуха, такие как влажность и температура.



	Spectrum	Controllability	Design Flexibility	Efficacy (µmol/J)	Warm-up Time	Heat	Lifetime (hrs)
Fluorescent		Low	Low	1.0	Short	Low	< 20,000
MH		Low	Low	1.4	Long	High	< 20,000
HPS		Low	Low	1.8	Long	High	< 30,000
LED		High	High	> 2.5	Short	Low	> 50,000

Рис. 2. Сравнение источников света для садоводства

Вопросы поддержания температуры и влажности, как и контроля газового состава воздушной смеси, являются взаимосвязанными. Поэтому решение может быть комбинированным: используя вытяжки и нагнетатели воздуха с нагревательными элементами, возможно добиться регулирования сразу всех параметров. В тех случаях, когда необходим прогрев почвы по причине технологического процесса или климатических условий, рациональным будет монтирование дополнительных нагревательных элементов непосредственно в грунт. При этом теплоносителем могут выступать вода, пар или воздух, преобразованная электроэнергия. Перспективным направлением является переработка отходов производства в биореакторах, что на выходе дает как необходимое тепло, так и топлево. Таким образом можно добиться инвариантности ко всем возмущениям во внешней среде.

Сбор данных с датчиков и последующий анализ с помощью алгоритмов обработки больших данных, позволит подбирать оптимальные параметры и прогнозировать состояние системы на определенный временной период. Подключение обработки видеосигналов позволит отслеживать изменения объектов непосредственно в моменте, что дает возможность реализовать рекомендательную систему для операторов или же адаптивное автоматическое управление. Таким образом добавляется последний недостающий элемент контроля – визуальный. Имея представление о состоянии листьев и плодов (цвете, структуре, наличии аномальных или паталогических изменениях), орган управления может подстраивать параметры, удовлетворяющие сложившейся ситуации.

Заключение

Внедрение интеллектуального управления в агротехническую сферу способствует повышению производительности и качества товара.

Используя алгоритмы машинного обучения и анализа, в совокупности с описанными техническими решениями, представляется возможным развернуть производство пищевых

и технических культур в любой точке мира, независимо от наличия квалифицированных агрономов и садоводов.

Гидропонные и аэропонные установки направлены на экономию ресурсов, что при засушливом климате является сдерживающим фактором развития.

Таким образом, автоматизация агротехнического комплекса в перспективе решает ряд целей устойчивого развития: ликвидация голода, чистая вода и санитария, недорогостоящая и чистая энергия, ответственное потребление и производство, борьба с изменением климата, сохранение экосистем и суши.

Список литературы

1. Aurora Innovations [Электронный ресурс] // Спектры в агрофотонике. URL: https://aurora-leds.ru/material/spektry-v-agrofotonike/ (дата обращения: 20.04.2021).
2. Samsung [Электронный ресурс] // Horticulture Lighting Applications. URL: https://www.samsung.com/led/lighting/applications/horticulture-lighting/ (дата обращения: 20.04.2021).

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ETU_ECO_RECYCLER»

Беляков С.В., Порохненко К.А. Аминова Л.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки мобильного приложения «ETU_ECO_RECYCLER», которое поможет пользователю правильно сортировать отходы. Также приложение позволит находить ближайшие пункты раздельного сбора или места, где можно сдать вещи на благотворительность.

Ключевые слова: мобильное приложение, сортировка отходов, правильная утилизация отходов.

Цель: разработка мобильного приложения «ETU_ECO_RECYCLER» для обучения правильной сортировке отходов (мусора) для последующей переработки.

Существует много приложений, которые реализуют только одну функцию, например, карты пунктов приема отходов на переработку. Однако в таком приложении нельзя создать аккаунт и проследить за достижениями. Приложение «ETU_ECO_RECYCLER» позволит объединить в себе все необходимые функции для удобной сортировки и последующей утилизации отходов, а также привлечь к этому новых пользователей, кто не знает о возможности таким образом сохранить окружающую среду от большого количества отходов.

В настоящее время приложение имеет уникальный дизайн, краткую информационную структуру, а также информационную базу данных.

Важные параметры приложения: «Личный кабинет», «Мои достижения», «Карта пунктов сбора», «Сканер отходов».

Для разработки приложения на стадии MVP (Minimal variable product), или же «Минимальный жизнеспособный продукт», планируется установить базовый функционал с возможностью дальнейшего расширения.

При запуске приложения главным экраном является «Личный кабинет» пользователя с возможностью регистрации (см. Рисунок 1).

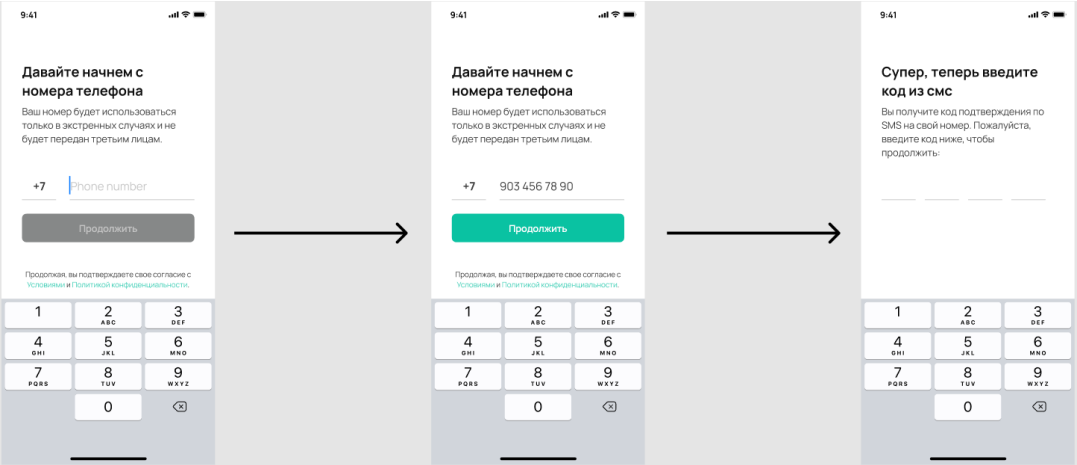


Рис. 1. Экран регистрации пользователя

Регистрация необходима для введения вкладки «Избранные пункты». Это те пункты переработки, которые пользователь отметит как наиболее часто посещаемые или территориально удобно расположенные.

Приложение представляет собой главный экран в виде карты (см. Рисунок 2), (Google maps SDK или Yandex Maps) с подключенным Api от сайта /сервера. Там записаны точки сбора и сортировки, а также типы данных точек (классификация мусора, который можно отсортировать на конкретном объекте).

Дополнительно приложение имеет вкладку «Поиск», которая будет помогать искать необходимую информацию по классификации отходов. По введённому пользователем тексту функция поможет подобрать центры по сортировке и построит навигацию до них.

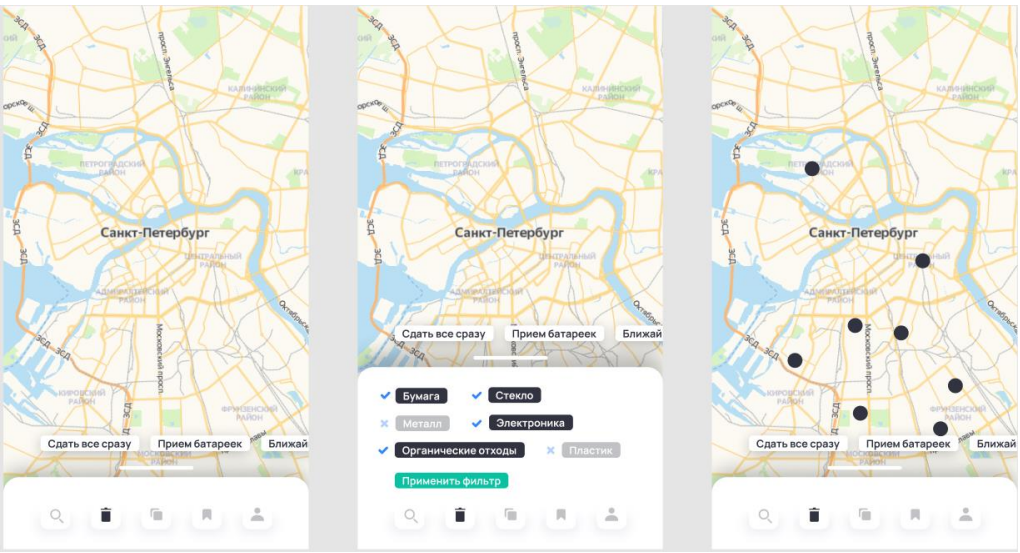


Рис. 2. Карта отметок с центрами правильной утилизации

Устройство при установке запрашивает от пользователя доступ к его геолокации, так как на основании этого строится навигации до конкретного (выбранного пользователем) пункта сортировки мусорных отходов.

В пункте меню «Профиль» (см. Рисунок 4) указана личная информация пользователя с его ФИО, адресом электронной почты и номером телефона.

Вкладка содержит несколько внутренних пунктов: «Настройки» для приложения пользователя (в основном это изменение контактной информации, возможность включения «ночного режима»), «Справочник экоактивиста» и «Выход» (для возможности адресации другого пользователя).

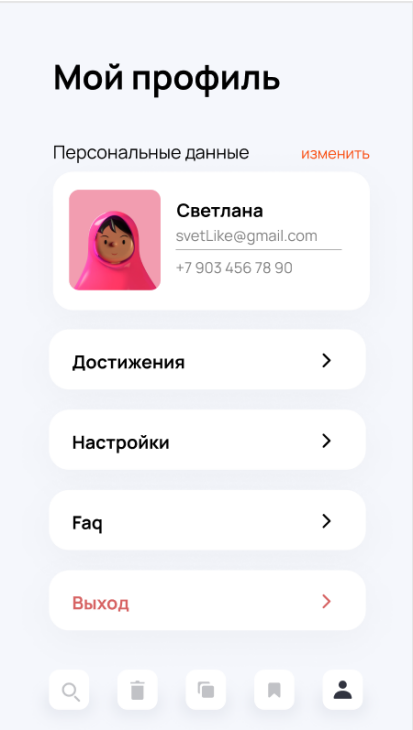


Рис. 3. Пункт меню «Профиль»

Для того чтобы мотивировать пользователя к сдаче на переработку отходов, введен элемент геймификации – «Достижения». Этот пункт меню позволит наблюдать за количеством переданного на утилизацию в игровой форме.

Список литературы

1. Нильсен Я., Будиу Р. Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств. – М.: Эксмо, 2013. – 256 с

2. Амелин К. С., Граничин О. Н., Кияев В. И., Корявко А. В. Введение в разработку приложений для мобильных платформ. Издательство ВВМ, 2011.

3. URL: https://blog.sbssoft.ru/post/kak-razrabotat-mobilnoe-prilozhenie-s-geolokatsiey / «Как разработать мобильное приложение с геолокацией» (Дата обращения: 20.01.2021 г.)

4. URL: https://rsbor.ru/ / «Раздельный сбор» (Дата обращения: 20.01.2021 г.)

ОПИСАНИЕ СИСТЕМ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ И ИХ ФУНКЦИОНАЛА И ПОДБОР НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Емельянов И.Д., Николаева К.С., Горбачёва А.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной работе рассматриваются существующие виды инструментов и систем бизнес-аналитики. Произведена классификация инструментов относительно областей их применения и определены ключевые факторы для анализа выбранных отраслей, подобраны наиболее подходящие по функционалу системы бизнес-аналитики.

Ключевые слова: системы бизнес-аналитики, функции систем бизнес-аналитики, хранение данных

Введение. Целью данной работы является описание систем бизнес-аналитики и их функционала и подбор наиболее подходящих систем для конкретных отраслей. Для работы были выбраны три отрасли: разработка программного продукта, ресторанный бизнес и сфера образования.

Для достижения поставленных целей был произведён поиск источников информации на соответствующие темы, анализ найденной информации и её систематизация, сопоставление данных и подбор наиболее подходящих вариантов, соответствующих запросам обозначенных отраслей.

Определение систем бизнес-аналитики. Инструменты бизнес аналитики (Инструменты BI) используются для анализа ситуации на рынке и количественной оценки параметров продаж конкретных продуктов и услуг. Основным фактором для успешного проведения анализа является количество информации о предметной области. Чем больше информации будет получено о продукте или сервисе, тем более вероятно, его успешное продвижение на рынке и как следствие растет вероятность достижения поставленных целей.

Бизнес-аналитика (бизнес-анализ) - это методы и инструменты, используемые для преобразования, хранения, анализа, моделирования и доставки информации в ходе работы над задачами, связанными с принятием решений на основе фактических данных. При этом с помощью этих средств лица, принимающие решения, должны при использовании подходящих технологий получать нужные сведения и в нужное время. [3]

Системы бизнес-аналитики - это совокупность процессов, инструментов и технологий, задачей которых является осуществление бизнес-анализа. Основная функция систем бизнес-аналитики заключается в транскрипции конкретных данных в информацию и знания и создании среды для эффективного принятия решений, стратегического мышления и деятельности в организации.

Функции и типы систем бизнес-аналитики. BI-системы характеризуются определенным набором функций и возможностей [2]:

1. BI-системы помогают отбирать информацию, сопоставлять факты, а также делать выводы и обмениваться информацией. Основной задачей BI является обеспечение интеллектуального исследования, интеграции, агрегирования и многомерного анализа данных, обеспечивающих процессы анализа ситуации, требующей принятия решения, и генерации решений независимо от уровня сложности их структуры.

2. BI-системы - это совокупность систем, поддерживающих принятие решений, основанных на прецедентных системах, а также системах поиска контекстной информации.

3. BI-системы определяются как совокупность различных концепций, методов, процессов, использующих информацию из различных источников и способствующих улучшению принятия решений и лучшему пониманию динамики бизнеса.

4. BI-решения предназначены для поддержки процессов принятия решений посредством анализа данных, собранных в различных транзакционных системах. Это облегчает как оценку текущего состояния в отдельных областях организации, так и экстраполяцию будущего. Использование методов сценарного анализа делает процесс разработки стратегии для данной организации особенно эффективным.

5. Ориентация BI-систем на будущее и их способность создавать модели различных сценариев позволяет создавать модели потенциальных событий, которые могут произойти в будущем, и формулировать планы реагирования на каждую ситуацию.

6. BI-системы обеспечивают интерактивный доступ к данным в режиме реального времени. Накопление и упрощенный доступ к информации предотвращает потерю знаний.

7. BI-системы в основном предназначены для использования управленческим персоналом и специалистами, занимающимися разработкой стратегии и анализом, приводящим к принятию решений, важных для развития компании.

8. BI-системы отвечают за аналитическую обработку, а также быстрый доступ к соответствующей информации и ее представление.

9. BI - системы относятся к активному процессу анализа информации, ориентированному на принятие решений. Они включают в себя интеграцию ключевой информации с важной контекстной информацией, предназначенной для выявления значимых событий и объяснения неясных вопросов, связанных с принятием решений. Они также касаются способности отслеживать бизнес-тенденции и прогнозировать изменения и поведение клиентов.

Инструменты BI можно представить в виде пирамиды [1], включающей в себя:

– Системы хранения данных;

– Системы отчетности;

– Системы аналитической обработки в реальном времени (OLAP);

– Системы статистического анализа, прогнозирования и интеллектуального анализа данных.

В рамках пирамиды BI [1] хранилище данных является центральным хранилищем всех значимых данных, собранных различными бизнес-системами предприятия. Оно интегрирует различные источники данных и обеспечивает доступ к ним.

Системы отчетности - это отчеты общего доступа, которые могут использоваться конечным пользователем, но которые изначально готовятся программистами.

Системы аналитической обработки в реальном времени (OLAP) позволяют создавать многомерные анализы в режиме реального времени. OLAP обеспечивает быстрый и интуитивно понятный анализ больших объемов данных, которые адаптированы в соответствии с потребностями пользователя относительно его профиля, сложности данных или в соответствии с правами отдельных пользователей.

Системы статистического анализа облегчают прогнозирование организационного и рыночного поведения, а также бизнес-моделирование и создание планов развития.

Классификация BI-систем [2] представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация систем бизнес-аналитики

Тип BI	Функции	Область воздействия	Тип помощи в принятии решений	Применяемые технологии
Хранилища данных, организованные по субъектам	Специальные анализы, сравнительные реестры	Узкая, ограниченная одним отделом	Структурный	Системы отчетности, OLAP
Глобальные хранилища данных	Многосекционный анализ	Вся компания	Тактический, стратегический	OLAP, Системы статистического и интеллектуального анализа
BI с высокоразвитым прогностическим анализом	Прогнозирование событий	Узкая, ограниченная выбранным аспектом деятельности компании	Тактический, стратегический	OLAP, Системы аналитической обработки
BI реального времени	Мониторинг активности, выявление отклонений	Узкая, ограниченная выбранным аспектом деятельности компании	Структурный	Идентификация ряда воздействий
Корпоративные BI	Корпоративное управление, управление политикой поощрения лояльности	Партнеры предприятия	Тактический, стратегический	ETL, системы статистического и интеллектуального анализа
Порталы BI	Управление контентом и документацией	Отдельные сообщества	Тактический, стратегический	Методы групповой работы, персонализация, интеллектуальный анализ данных интернет-сети
Сети BI	Построение экспертных сетей, социальных сетей, управление капиталом	Глобальные, различные сообщества	Тактический, стратегический	Интеллектуальный анализ данных интернет-сети, создание Веб-ферм

Анализ функционала, необходимого для выбранных отраслей, и подбор наиболее подходящих типов систем бизнес-аналитики. Организации выбирают различные BI-решения, основываясь на их функционале, области воздействия, уровне поддержки принятия решений и применяемых методов.

При оценке отраслей были выявлены следующие особенности:

Разработка программного продукта подразумевает основной упор на анализ бизнес-процессов сторонней системы, и построение собственного обеспечения с учетом проведенного анализа;

В ресторанном бизнесе основной упор на сравнение собственных бизнес-процессов с бизнес-процессами других компаний, определение ключевых факторов роста собственного предприятия;

В сфере образования - на анализ собственных бизнес-процессов, определение критериев успешности и ключевых факторов повышения эффективности процессов.

Опираясь на данные из таблицы 1, можно сопоставить проанализированные отрасли с наиболее подходящими им типами систем:

Разработка программного продукта – корпоративные BI;

Ресторанный бизнес – порталы BI;

Сфера образования – глобальные хранилища данных.

В результате сбора данных о функциях наиболее популярных сейчас систем бизнес-аналитики, для каждой отрасли, с учётом уже выбранных типов систем бизнес-аналитики, были подобраны конкретные системы бизнес-аналитики:

Разработка программного продукта – Microsoft SQL Server (поддерживает такие функции, как: сравнительный анализ, анализ данных, показатели эффективности, создание/развитие, анализ производительности и другие; что соответствует запросам отрасли);

Ресторанный бизнес – SAP Business Objects (поддерживает функции: сравнительный анализ, бюджетирование и прогнозирование, анализ данных, показатели эффективности, стратегическое планирование и другие; что соответствует запросам отрасли);

Сфера образования – Oracle Business Intelligence (поддерживает такие функции, как: специальный анализ, специальный запрос, сравнительный анализ, анализ данных, визуализация данных, ключевые показатели эффективности, OLAP, стратегическое планирование и другие; а также содержит в себе реляционную СУБД для удовлетворения потребностей хранилищ данных, что соответствует запросам отрасли).

Заключение. В результате проведения данной работы были описаны системы бизнес-аналитики и их функционал, произведён подбор наиболее подходящих систем для конкретных отраслей. Для разработки программного обеспечения предлагается система Microsoft SQL Server, для ресторанного бизнеса - SAP Business Objects и для сферы образования – Oracle Business Intelligence.

Список литературы

1. Smok B. (red.) Business Intelligence w zarządzaniu. — Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2010.

2. Olszak C. Tworzenie i wykorzystywanie systemów Business Intelligence na potrzeby współczesnej organizacji. — Akademia Ekonomiczna im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice 2007.

3. CNews. URL: https://club.cnews.ru/blogs/entry/opredelenie_erp_biznesanalitika_business_intelligence_ (дата обращения 03.04.2021)

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО СОБЕСЕДНИКА ДЛЯ ЗАПОМИНАНИЯ ИНОСТРАННЫХ СЛОВ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СЛОВАРНОГО ЗАПАСА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Епанечкина А.В., Широков В.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе рассмотрена идея создания виртуального собеседника, взаимодействующего с обучающимися иностранному языку, которые могли столкнуться с лингвистическим языковым барьером. Главной задачей виртуального собеседника является подборка пользователям иностранных слов на выбранную тематику, которые соответствуют их индивидуальному словарному запасу, то есть те слова, которые они привыкли использовать в повседневной жизни.

Ключевые слова: чат-бот, иностранный язык, словарный запас, тематические слова, PyCharm

Анализ проблемы языкового барьера при изучении иностранных языков

Языковой барьер представляет собой довольно интересное явление. Человек может годами изучать язык, знать более тысячи слов, свободно владеть грамматическими конструкциями, отлично писать сочинения и переводить сложные технические тексты, но общение с носителями языка все также будет вызывать большие проблемы.

Начинающие учить язык часто сталкиваются с коммуникативными преградами. Даже люди, которые разговаривают на уровне Upper-Intermediate и выше, также борются с проблемой языкового барьера. Но в то же время существуют другие люди, которые могут свободно общаться с иностранцами уже после нескольких уроков. Этот парадокс можно объяснить двумя типами барьеров:

1. лингвистический барьер. Это связано с тем, что обучающийся не знает достаточно слов и грамматических конструкций на данный момент, чтобы выразить свои мысли. Чтобы преодолеть барьер, нужно много работать над собой: учить новые слова, делать грамматические упражнения, читать книги и говорить с учителем на выбранном языке;

2. психологический барьер. Главной причиной является боязнь ошибиться, не понять своего собеседника или показаться глупым и необразованным. В этот момент возникает страх перед неизвестным, который вызван отсутствием уверенности в себе и сомнением в своих знаниях.

Некоторые люди обладают низким словарным запасом в определенном языке, в то время как другие знают огромное количество слов. Одной из причин возникновения лингвистического барьера может стать как раз грамотность и образованность, так как это увеличивает потребность в изучении «сложных» слов. Человеку, читающему на родном языке техническую литературу, не достаточно универсальных слов, чтобы выразить свои мысли на другом языке. За годы взросления все люди формируют привычки, в том числе и привычку говорить, используя определенный набор слов и конструкций. При попытке перестроить образ мышления с привычного на иной, использующий набор слов, например, уровня Elementary в английском, возникает барьер. Именно по этой причине детям проще осваивать языки. Их уровень словарного запаса растет вместе с ними синхронно на обоих языках.

Цели создания интеллектуального собеседника

Главная цель создания виртуального собеседника – подобрать обучающимся слова, которые они используют в повседневной жизни, чтобы смягчить лингвистические преграды. Алгоритм обрабатывает естественную речь человека, сортирует слова по частоте использования, а затем составляет подборку из слов, рекомендованных к заучиванию и использованию. Таким образом, обучающийся будет использовать слова, специально подобранные для него с учетом его индивидуального словарного запаса. Для достижения данной цели необходимо:

1. подобрать популярные тематики для изучения иностранных слов;
2. разработать необходимые сценарии диалогов с пользователем на выбранную тематику;
3. спроектировать и реализовать гибкую архитектуру виртуального собеседника;
4. настроить алгоритмы обработки естественного языка;
5. реализовать сортировку полученных слов по популярность;
6. получить перевод слов по API;
7. внедрить виртуального чат-бота в Telegram.

Данная разработка может быть дополнена в будущем более обширным функционалом для тренировки не только лексики, а также грамматики и письма.

Описание особенности подбора слов для изучения

Обучающийся, которому открыт доступ к чат-боту, может просто найти виртуального собеседника в Telegram, написать одно из ключевых слов для выбора тематики. Затем чат-бот будет задавать вопросы на выбранную тематику по заранее прописанному сценарию. Пользователю необходимо отвечать на эти вопросы на своем родном языке. Именно так алгоритмы определят какие слова привык использовать обучающийся. Далее алгоритмы обработки естественного языка определят список слов, подходящих пользователю для изучения иностранного языка.

Реализация чат-бота

Суть работы заключается в написании виртуального собеседника на языке программирования с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью Python в интегрированной среде разработки PyCharm. В качестве хранилища данных с тематиками и сценариями для пользователей использован внутренний файл и словари. Частичное тестирование проведено в дистрибутиве Anaconda. Запуск виртуального чат-бота произведен в Telegram.

Актуальность разрабатываемой технологии

Изучение иностранных языков становится все более популярным с каждым годом: открываются очные дополнительные школы иностранных языков, проводятся дистанционные уроки и создаются онлайн-курсы. Это означает, что учителям и преподавателям может пригодится помощь технологий, чтобы эффективнее проводить обучение в любом формате.

Кроме того, существующие решения в этой области предлагают запоминать иностранные слова заранее разбитые по уровням сложности, не учитывая индивидуальный словарный запас учеников. Эта ситуация приводит к тому, что многим тяжело начать говорить на иностранном языке с другими из-за невозможности точно выразить свои мысли.

Заключение

В докладе была проанализирована актуальная проблема языкового барьера при изучении иностранных языков. Разрабатываемый виртуальный собеседник не может оказать поддержку с психологическим барьером, но способен помочь переступить через лингвистический, что должно помочь обучающимся в обучении языкам, а учителям в эффективном преподавании.

Список литературы

1. Языковой барьер при обучении иностранному языку. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/yazykovoy-barier-pri-obuchenii-inostrannomu-yazyku/viewer (дата обращения 10.04.2021).
2. Обработка языковых данных в Python 3 с помощью NLTK. URL: https://www.8host.com/blog/obrabotka-yazykovyx-dannyx-v-python-3-s-pomoshhyu-nltk/#:~:text=NLP%20(Natural%20Language%20Processing%2C%20обработка,компьютерам%20возможность%20понять%20человеческий%20язык (дата обращения 15.04.2021).
3. Инструкция: Как создавать ботов в Telegram. URL: https://habr.com/ru/post/262247/ (дата обращения 11.04.2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Живицкий А.Ю., Борисов О.И., Борисов И.И.

Университет ИТМО

Аннотация. Статья посвящена задаче построения системы управления захватным устройством по положению при наличии параметрических неопределенностей. Рассмотрены методы синтеза базового ПИД-регулятора и последовательного компенсатора с применением антивиндап-коррекции. Описана установка для эксперимента с использованием модели двупалого адаптивного захватного устройства.

Ключевые слова: захватное устройство, ПИД-регулятор, последовательный компенсатор.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (номер МК 4397.2021.4).

Введение

Промышленные роботы способны выполнять сложные задачи в условиях, представляющих опасность для человека. Захватные устройства нашли широкое применение в качестве рабочих инструментов промышленных роботов манипуляторов. Их классификация обширна и зависит от специфики выполняемой задачи, что также влияет на выбор привода: гидравлический, пневматический или электрический. Преимуществами электрического привода, являются точность и применимость для широкого спектра задач. В последнее время наблюдается активное развитие электропривода и его применение во множестве роботехнических приложений.

На практике часто приходится сталкиваться с задачей управления объектом с неизвестными параметрами. Для решения таких задач используют робастные регуляторы.

В статье представлен подход к задаче одномерного управления захватным устройством, как частным случаем электромеханического объекта. Приведена кинематическая схема механизма пальцев захвата. Описана динамическая модель электропривода постоянного тока. Приведен алгоритм построения ПИД-регулятора и последовательного компенсатора с использованием техники антивиндап-коррекции. В заключение представлен

обобщенный результат эксперимента, в ходе которого были апробированы данные регуляторы.

Постановка задачи

Модель захватного устройства [1],[2] разработана в Университете ИТМО (рис.1, а) состоит из двух, расположенных противоположно друг другу пальцев. Механизм представляет собой кинематическую цепь из набора жестких звеньев, соединенных вращательными сочленениями (рис.1, б). При разработке учитывалась возможность работы в двух режимах: точного плоскопараллельного захвата для манипулирования мелкими объектами малой массы и силового захвата для крупных объектов большой массы. В ходе данной работы уделялось внимание управлению устройством в режиме точного захвата. Схема работы пальца приведена на рисунке 1, в.

В статье рассматривается задача управления *по положению*. Взаимосвязь углов выражена рядом тригонометрических соотношений, описанных в [2]. Положение фаланги зависит только от угла поворота звена AC относительно базы захватного устройства. Система является *одномерной* с одним входом и одним выходом.

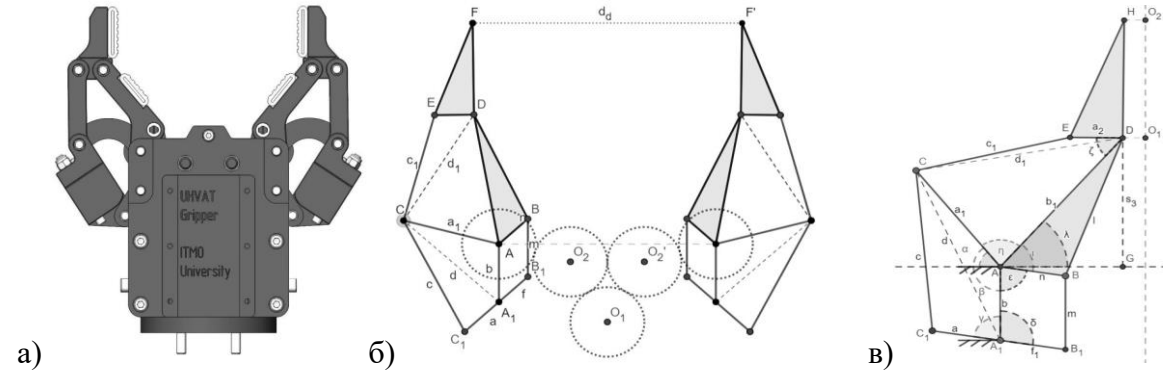


Рис. 1. а) Захватное устройство б) механизм в) кинематическая схема с обозначением звеньев и сочленений

Одномерное управление механизмом сводится к задаче управления электроприводом с червячным редуктором и зубчатой передачей. Динамическая модель электропривода содержит электрическую и механическую составляющие [3], математическое описание которых имеет вид:

$$\begin{aligned} &L\dot{i}(t)+Ri(t)=V(t)-K_{\varepsilon}\omega(t)=V(t)-K_{\varepsilon}\dot{\vartheta}(t),\\ &J\ddot{\vartheta}(t)+K_f\dot{\vartheta}(t)=K_{\tau}i(t)-\tau_l(t) \end{aligned} \tag{1.1}$$

где $L, R, i(t), V(t)$ - индуктивность, сопротивление, сила тока и напряжение, соответственно. K_{ε} - коэффициент противо-ЭДС, ω, ϑ -угловая скорость и положение ротора двигателя, J - суммарный момент инерции привода и червячной передачи, K_f - коэффициент трения, K_{τ} - коэффициент крутящего момента, τ_l - крутящий момент нагрузки, где j - передаточное число червячной передачи.

Преобразуя выражение, можем получить передаточную функцию в виде:

$$\vartheta(s)=\frac{1}{Js^2+Ks}(\tau_u(s)-\tau_l(s)),$$

где $K=K_f+\dfrac{K_{\varepsilon}K_{\tau}}{R}$, $\tau_u(s)=\dfrac{K_{\tau}}{R}V$.

Синтез ПИД-регулятора

Рассмотрим пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор с передаточной функцией:

$$R(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + \frac{k_d s}{Ts+1}.$$

Рассчитаем передаточную функцию замкнутой системы:

$$W(s) = \frac{(k_p T + k_d)s^2 + (k_p + k_i T)s + k_i}{JTs^4 + (J+KT)s^3 + (k_p T + k_d + K)s^2 + (k_p + k_i T)s + k_i}.$$

Делая допущение, что параметры объекта J и K известны и имеют некое постоянное значение, на основании корней характеристического полинома передаточной функции $JTs^4 + (J+KT)s^3 + (k_p T + k_d + K)s^2 + (k_p + k_i T)s + k_i$ можно вычислить коэффициенты регулятора с использованием метода модального управления.

Синтез робастного регулятора

Для управления объектом с неизвестными параметрами J, K и неизмеримой угловой скоростью можем воспользоваться методом *последовательного компенсатора*, описанным в работе [4].

Передаточная функция такого регулятора может быть записана в виде:

$$R(s) = k\gamma_0 \sigma^{\rho-1} \frac{\alpha(s)}{\gamma(s)},$$

где ρ-относительная степень объекта, k и $\sigma > k$ - настроечные параметры регулятора, α - произвольный гурвицев полином степени $\rho - 1$, γ - гурвицев полином вида:

$$\gamma(s) = s^{\rho-1} + \sigma\gamma_{\rho-2}s^{\rho-2} + \ldots + \sigma^{\rho-2}\gamma_1 s + \sigma^{\rho-1}\gamma_0.$$

Для объекта управления (1.1) регулятор выглядит следующим образом:

$$R(s) = \frac{k\sigma s + k\sigma}{s+\sigma}.$$

Передаточная функция системы принимает вид:

$$W(s) = \frac{k\sigma s + k\sigma}{(s+\sigma)(Js^2 + Ks) + k\sigma s + k\sigma}.$$

Характеристический полином передаточной функции содержит неизвестные параметры объекта, но ввиду робастности регулятора при достаточно больших коэффициентах k и σ достигается экспоненциальная устойчивость.

Для парирования гравитационных воздействий на звенья захвата в схему может быть введен дополнительный интегрирующий контур.

$$R(s) = k\gamma_0 \sigma^{\rho-1} \frac{\beta(s)}{s\gamma(s)},$$

где выбираем $\beta(s) = s^2 + s + 1$ и $\gamma_0 = 1$. Передаточная функция регулятора примет вид:

$$W(s) = \frac{k\sigma s^2 + k\sigma s + k\sigma}{(s^2 + \sigma s)(Js^2 + Ks) + k\sigma s^2 + k\sigma s + k\sigma}.$$

На практике входной сигнал всегда имеет ограничение, обусловленное аппаратными характеристиками системы. Насыщенный сигнал теперь удовлетворяет:

$$\hat{u}(t) = \text{sat}\, u(t) = \begin{cases} u_t, \text{ если } u(t) \geq u_t, \\ u(t), \text{ если } u_b < u(t) < u_t, \\ u_b, \text{ если } u(t) \leq u_b, \end{cases}$$

где u_b и u_t - верхний и нижний пределы.

Запишем закон управления для последовательного компенсатора:

$$u(t) = k\frac{\beta(p)}{p}\hat{\tilde{q}}(t),$$

$$\dot{\xi}(t) = \sigma(\Gamma\xi(t) + d\gamma_0\tilde{q}(t)),$$

$$\hat{\tilde{q}}(t) = h^T\xi(t),$$

где $\hat{\tilde{q}}(t)$ - оценка ошибки $\tilde{q}(t)$, матрицы и вектора Γ, d, h имеют вид:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\gamma_0 & -\gamma_1 & -\gamma_2 & \dots & -\gamma_{\rho-1} \end{bmatrix}, \; d = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}, \; h = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Следуя методу антивиндап-коррекции на базе обратного счета, добавим в структуру дополнительный контур, выберем $\beta(p) = p^2 + p + 1$ и $\gamma_0 = 1$ и получим регулятор в виде:

$$u(t) = kp\hat{\tilde{q}}(t) + k\hat{\tilde{q}}(t) + k\frac{1}{p}(\hat{\tilde{q}}(t) + k_u\tilde{u}(t)),$$

где $\tilde{u}(t) = \hat{u}(t) - u(t)$ - сигнал разности между насыщенным и исходным управлением, $k_u > 0$ - коэффициент усиления.

Результаты эксперимента и заключение

Экспериментальная установка включает в себя: напечатанную на 3D принтере модель устройства, закрепленную на промышленном роботе-манипуляторе FESTO, блок управления на базе NUCLEO-F429ZI (микроконтроллер STM32F429ZI) с платой расширения для управления двигателем и ноутбук с программой Simulink.

Целью эксперимента являлся анализ поведения и оценка качественных характеристик разработанных методов управления в задачах захвата различных объектов.

Рис. 2. Захватное устройство установленное на робот-манипулятор Festo

В ходе проведения эксперимента были применены: П-регулятор, ПД-регулятор, ПИ-регулятор, ПИД-регулятор, последовательный компенсатор, последовательный компенсатор с интегральной составляющей и антивиндап-коррекцией.

Наглядно подтверждена высокая эффективность при применении последовательного компенсатора для управления системой с неопределенностями по сравнению с базовыми регуляторами. Отмечено повышение точности системы в результате добавления интегральной составляющей в последовательный компенсатор.

В качестве дальнейшей работы предложено исследовать следующие робастные регуляторы: последовательный компенсатор в пространстве состояний, регулятор на базе расширенного наблюдателя и внутренней модели; разработать систему управления для работы в режиме адаптивного захвата.

Список литературы

1. Borisov, I.I., Borisov, O.I., Gromov, V.S., Vlasov, S.M., and Kolyubin, S.A. (2018). Versatile gripper as key part for smart factory. In 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS).
2. Borisov, I.I., Borisov, O.I., Gromov, V.S., Vlasov, S.M., and Kolyubin, S.A. (2018). The UHVAT Gripper: Usable Holding Adjustible Tool to Grasp Different Objects. IFAC PapersOnLine 51-11.
3. Borisov, O.I., Kakanov, M.A., Pyrkin, A.A., Shavetov, S.V., Gromov, V.S., Karashaeva, F.B. (2019) Robust Output Regulation of Disturbed Systems with Uncertainces and Input Constraints. IFAC PapersOnLIne 52-29.
4. Бобцов А. А., Робастное управление по выходу линейной системой с неопределенными коэффициентами, Автомат. и телемех., 2002, выпуск 11, 108–117.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ НАДВОДНЫМ ПЛАВАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Живицкий А.Ю., Борисов О.И.

Университет ИТМО

Аннотация. Данная статья носит прикладной характер и содержит в себе описание модифицированного роботизированного комплекса, разработанного для апробации систем управления надводными судами. Поставлены задачи для реализации на описанном комплексе и продемонстрированы основные подходы к их решению.

Ключевые слова: экспериментальный комплекс, апробация систем управления, системы управления надводными судами.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (номер МК 4397.2021.4).

Введение

Процесс разработки и внедрения новых систем связан с серией определённых этапов или уровней, на которых производится анализ и оценка соответствия заданным требованиям, а также возможность применения систем в конкретных условиях. В контексте трансфера технологий применяется понятие уровня зрелости. Существуют различные методики по оценке уровня зрелости систем или технологий, например, ставшая международной и межотраслевой, методика Technology Readiness Level (TRL) [1], разработанная в NASA. В РФ существует аналогичная методика - ГОСТ Р 58048–2017 [2]. Согласно приведённым методическим указаниям, после этапа математического моделирования, система должна быть испытана в условиях максимально приближенных к реальным. Комплекс «Центра автоматического управления морскими судами» (AMOS) Норвежского университета естественных и технических наук (NTNU), описанный в статьях [3],[4], может слу-

жить примером установки, предназначенной для апробации систем динамического позиционирования в лабораторных условиях.

В данной статье содержится описание установки для испытаний систем управления роботизированным надводным плавательным аппаратом, применяемой в исследованиях факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО. Также перечислен спектр задач для выполнения на данном комплексе. В частности, рассматриваются методы и подходы, связанные с разработкой автоматического управления моделью надводного судна: алгоритмы определения координат объекта, построение робастного управления на базе внутренней модели и расширенного наблюдателя. Рассмотрена зависимость конфигурации расположения исполнительных приводов и алгоритма построения распределителей упоров надводного судна.

Описание установки

Для проведения лабораторных испытаний систем управления роботизированным надводным плавательным аппаратом на факультете систем управления и робототехники Университета ИТМО применяется комплекс, описанный в [5],[6].

Комплекс был подвержен ряду модификаций, целью которых является усложнение сценариев апробации систем динамического позиционирования для приближения условий первичных испытаний к реальным. Новый роботизированный надводный плавательный аппарат отличается существенно большими размерами, в сравнении с предыдущим, что позволяет разместить на борту более производительные элементы аппаратной оснастки (исполнительные привода, измерители, управляющие устройства), а также другое дополнительное оборудование, необходимое для перспективных исследований. Модель судна является копией сторожевого катера, выполненной в масштабе 1:15.

Блок управления исполнительными устройствами установлен на борту аппарата и содержит: центральную плату Arduino Mega2560, платы с драйверами для управления электроприводами, плату для беспроводной передачи данных на базе Bluetooth модуля. В состав комплекса также входят: бассейн для испытаний, камера, установленная над бассейном, ноутбук с программой Matlab/Simulink. Установка поддерживает управление плавательным аппаратом в ручном режиме с помощью пульта.

Определение навигационных данных надводного судна служит для обеспечения обратной связи, необходимой для вычисления сигналов ошибок между текущими координатами и заданными, на основе которых формируются управляющие сигналы. Координаты судна в реальных условиях открытого водного пространства могут быть определены с использованием систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС). Однако, эти системы нецелесообразно использовать в составе комплекса, так как отношение погрешности определения координаты к размеру установки недопустимо велико.

Опробованным решением данной задачи является система компьютерного зрения. В комплексе используется видеокамера, установленная над бассейном. Камера передает изображение рабочей зоны на обработку, в ходе которой объект выделяется из видеопотока по точкам, цвет которых соответствует цвету объекта. Алгоритм преобразует изображения в черно-белый вид, после чего без труда можно выделить область, соответствующую контурам судна и определить его геометрический центр. Определение курса производится следующим этапом аналогичным образом, для чего предусмотрены указующие точки на палубе аппарата.

Еще одним решением задачи определения навигационных данных может являться радиопеленгация. Радионавигационные системы используют фазовую радиопеленгацию и

триангуляцию в качестве метода определения положения источника излучения и направления его движения посредством приёма и сравнения сигнала с двух и более удаленных друг от друга точек.

Динамическая модель и постановка задачи

Математическая модель надводного плавательного судна с тремя степенями свободы описана в книге [7] и имеет вид:

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v = \tau + \tau_d$$

где $v = [u, v, r]^T \in \mathbb{R}^3$ - вектор скоростей, $M = M^T > 0$ - матрица масс, $C(v) = -C^T(v)$ - матрица Кориолисовых/центробежных сил, $D(v)$ - матрица демпфирования. τ - вектор обобщённых сил и крутящего момента, действующих на твёрдое тело в плоскости, τ_d - вектор внешних возмущающих воздействий.

Векторы состояния и скоростей связанны соотношением:

$$\dot{\eta} = R(\psi)v,$$

где $\eta = [x, y, \psi]^T \in \mathbb{R}^3$ - вектор положения и ориентации судна в прямоугольной системе координат.

$R(\psi)$ - матрица поворота на угол ψ вида:

$$R(\psi) = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

К целям управления надводными судами относятся: удержание судном заданной позиции (стабилизация в точке) с компенсацией внешних возмущений, например при швартовке к морской платформе, и слежение за задающим сигналом.

Синтез управления

Геометрическое расположение упоров характеризуется удалением их от центра масс судна и определяет его конфигурацию. У физической модели судна имеется три независимых органа управления: два главных двигателя и носовое подруливающее устройство.

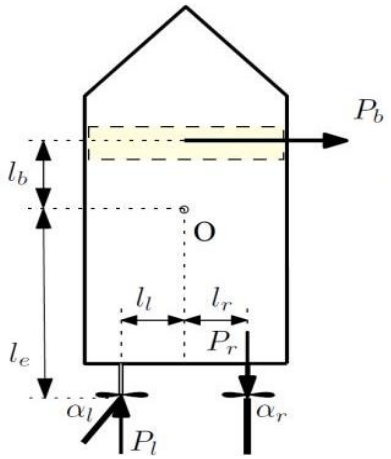


Рис. 1. Расположение основных органов судна

К тому же система оснащена двумя независимыми рулями. Таким образом, поведение системы описывается многомерной динамической моделью с тремя входами и тремя выходами.

Уравнения для равнодействующих сил и моментов может быть представлено в виде:

$$\begin{cases} P_x = P_l + P_r k_1 \\ P_y = P_b - k_2 P_l \alpha_l \\ M_z = P_l l_l - k_1 P_r l_r + k_2 P_l \alpha_l l_e + P_b l_b \end{cases}$$

где P_x, P_y, M_z - виртуальные управляющие сигналы, P_l, P_r, P_b - силы (упоры), развиваемые двигателями и носовым подруливающим устройством, α_l, α_r - углы поворота рулей, l_e, l_l, l_r, l_b - расстояние от центра масс до главных двигателей и носового органа управления в продольном и поперечном направлении, k_1 - коэффициент главного двигателя при реверсивном движении, k_2 - коэффициент эффективности руля при обеспечении боковой силы.

Для управления движением надводного плавательного аппарата может быть использован геометрический подход к синтезу робастных законов управления. В частности, в работе [8] приведен алгоритм управления надводным судном на базе такого подхода с применением внутренней модели вида:

$$\dot{\eta} = F\eta + G\left[\Gamma\eta + \bar{u}\right],$$
$$u = \Gamma\eta + \bar{u},$$

где $F = diag(F_1, F_2, F_3) \in \mathbb{R}^{n\times n}$ и F_i - Гурвицевы матрицы, тех же размерностей, что матрица состояний. $G = diag(G_1, G_2, G_3) \in \mathbb{R}^{n\times 3}$ и $G_i = [0 \quad 0 \quad \ldots \quad 1]^T$, $\Gamma = diag(\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3) \in \mathbb{R}^{3\times n}$.

Внутренняя модель необходима для компенсации внешних воздействий, обусловленных возмущениями и задающими сигналами. Собственно закон робастного управления имеет вид:

$$\bar{u} = sat_L \bar{M}[-\sigma - K\hat{\xi}],$$

где – $sat(\cdot)$ гладкая функция насыщения с пределом L>0, $\hat{\xi}$ и σ - являются состояниями расширенного наблюдателя вида:

$$\dot{\hat{\xi}}_1 = \dot{\hat{\xi}}_2 + kC_2(x_e - \hat{\xi}_1),$$
$$\dot{\hat{\xi}}_2 = \sigma + \bar{M}^{-1}\bar{u} + k^2 C_1(x_e - \hat{\xi}_1),$$
$$\dot{\sigma} = k^3 C_0(x_e - \hat{\xi}_1),$$

где k - высокий коэффициент усиления, а C_0, C_1, C_2 - положительно определенные матрицы, такие что собственные числа матрицы $C = \begin{pmatrix} -C_2 & I & 0 \\ -C_1 & 0 & I \\ -C_0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, $I \in \mathbb{R}^{3\times 3}$ вещественные и отрицательные.

Как показано в работе [8], представленный робастный регулятор обеспечивает в системе свойства полуглобальной практической (асимптотической) устойчивости.

Заключение

Комплекс позволяет проводить первичные испытания систем динамического позиционирования без риска поломки дорогостоящего оборудования реальных надводных судов. Установка позволяет апробировать и отлаживать системы целого спектра задач, таких как: определение навигационных данных с помощью компьютерного зрения; управление движением надводного судна с применением различных подходов к синтезу законов управления, алгоритмов построения распределителей упоров в зависимости от конфигурации

исполнительных приводов; задач по организации каналов связи и обеспечению устойчивого обмена данными в системе.

Список литературы

1. Mankins J.C. Technology readiness levels. A White Paper. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology. April 6, 1995.
2. ГОСТ Р 58048-2017 «ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий».
3. Борисов О.И., Даль А.Р., Пыркин А.А., Громова Ф.Б., Щетне Р. Последовательный компенсатор в задаче удержания положения надводного судна. Мехатроника, автоматизация, управление 21 (10), 566-574, 2020
4. Bo, T.I., Dahl, A.R., Johansen, T.A., Mathiesen, E., Miyazaki, M.R., Pedersen, E., Skjetne, R., Sorensen, A.J., Thorat, L., and Yum, K.K. Marine vessel and power plant system simulator. Access, IEEE, 3,2065–2079, 2015.
5. Власов С. М. Адаптивное управление плоским движением надводного роботизированного объекта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Университет ИТМО, 2016.
6. Borisov O.I., Gromov V.S., Pyrkin A.A., Bobtsov A.A., Nikolaev N.A. Robotic boat setup for control research and education. IFAC-PapersOnLine, 2016.
7. Fossen T.I. Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control. John Wiley & Sons, 2011.
8. Karashaeva F.B., Borisov O.I., Pirkin A.A., Shavetov S.V. Output Robust Control of a Surface Vessel with Uncertainties, Exogenous Inputs, and Unmodeled Dynamics. IEEE Xplore, 2020.

УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Лончина А.Е.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются условия внедрения цифровых технологий на предприятиях, проводящих цифровизацию своего бизнеса. Цель: определить и охарактеризовать условия, которыми должно обладать предприятие, желающее внедрить цифровые технологии в информационное сопровождение своей деятельности. Подобный подход будет интересен бизнес-аналитикам, проектировщикам систем, специалистам ИТ-консалтинга, специалистам ИТ-отделов и служб предприятий.

Ключевые слова: цифровые технологии, бизнес-процесс, предприятие, информационное сопровождение

Четвертый этап технической революции характеризуется широким использованием цифровых систем во всех сферах хозяйственной деятельности. Правительства Российской Федерации и Республики Беларусь, их бизнес-круги приступили к внедрению в деятельность хозяйствующих субъектов цифрового программного обеспечения (далее - ЦПО) в существующие бизнес-процессы.

Так, решением правительства России в рамках национальных проектов было внедрено ЦПО в систему регулирования налогов и сборов, что позволило увеличить налоговые поступления в бюджет государства в течение последних 5-ти лет в три раза. Были поставлены задачи внедрения ЦПО в процессы регулирования трудовых потоков стран ЕврАзЭС в рамках платформы «Труд без границ» и в сферу туризма. В планах правительства России по внедрению ЦПО обозначены и другие сферы деятельности, в том числе социальные: образование, медицина, пенсионное обеспечение и др. В

правительстве Республики Беларусь также планируется внедрение ЦПО в перечисленные сферы деятельности. Цифровизация приобретает все большее практическое распространение в аэрокосмической индустрии, военно-промышленном комплексе, машиностроении, горнорудной и других ведущих отраслях промышленности двух стран.

В настоящее время цифровизация – актуальный отечественный и зарубежный тренд. В условиях широкого внедрения цифровизации многие субъекты хозяйствования и органы государственного управления приступили к внедрению ЦПО при отсутствии необходимых условий и предпосылок для его внедрения. Бизнес и государственный аппарат в целом оказались не готовы к цифровизации.

Цифровизация позволяет значительно усовершенствовать повседневную практику бизнеса и перевести его на системную основу, переориентировать его на нужды конечного потребителя вместо бизнеса, ориентированного на интересы производства, сделать его развитие устойчивым и постоянным, повысить уровень конкуренции, усовершенствовать инвестиционную среду.

На основе оценки практики внедрения автоматизированной системы управления основными бизнес-процессами предприятия (ERP-системы) на ОАО «558 Авиационный Ремонтный Завод» (Республика Беларусь, г. Барановичи) сформулируем и опишем условия внедрения цифровых технологий в деятельность предприятия. ОАО «558 Авиационный Ремонтный Завод» специализируется на ремонте и модернизации авиационной техники, находящейся на вооружении Военно-Воздушных Сил Республики Беларусь и ряда стран ближнего и дальнего зарубежья [1].

Прежде чем внедрять цифровые технологии, топ-менеджмент предприятия должен четко понять: что внедрять, в каких структурных подразделениях, виды существующих на предприятии бизнес-процессов, четко проследить входы и выходы бизнес-процессов. При необходимости, руководители могут провести всестороннее обследование предприятия для достижения ожидаемых результатов внедрения цифровых технологий.

Представим хозяйственный механизм предприятия, условно уподобив его человеческому организму (см. таблицу 1).

Таблица 1

Структура хозяйственного механизма предприятия

Хозяйственный механизм	Организм человека
Технологический процесс, производство, основные фонды (здания, сооружения, станки, оборудование, линии электро-, водо- и газоснабжения и пр.), логистика и инфраструктура предприятия	Кости, костный аппарат, мышцы, скелет
Труд на предприятии и социальные отношения	Кровеносная система и сердечно-сосудистая системы
Финансовые потоки	Кровоток
Система менеджмента качества	Иммунная система
Информационные структура и потоки на предприятии	Нервная система
Маркетинг	Желудочно-кишечный тракт
Информационное сопровождение организации	Прохождение нервных импульсов от мозга по всему организму
Элементы бережливого производства	Эндокринная система
Инвестиции	Кислород и пища

Предлагаем вариант структуры бизнеса, основанного на базе информационного сопровождения средствами и инструментами цифровых технологий (см. рисунок 1).

Когда существует отлаженный хозяйственный механизм предприятия, его компоненты работают согласовано и четко, он практически готов к внедрению цифровых технологий.

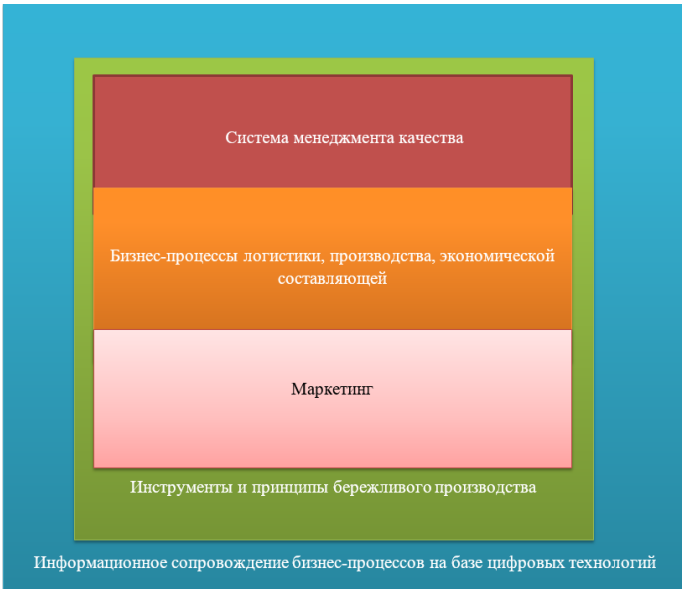


Рис. 1. Структура бизнеса, основанного на базе информационного сопровождения средствами и инструментами цифровых технологийКогда существует отлаженный хозяйственный механизм предприятия, его компоненты работают согласовано и четко, он практически готов к внедрению цифровых технологий.

Перечислим и раскроем условия внедрения цифровых технологий в бизнес-процессы предприятия, претендующего на внедрение ЦПО в информационное сопровождение бизнеса:

1. Система менеджмента качества (далее – СМК). Возникла как ответ на требования потребителей к резкому повышению качества производимых товаров, работ, услуг. Появилась в 50-60-ые гг. XX века, постоянно совершенствуется на основе стандартов ISO 9000. В мире не осталось ни одного значимого производства, которое не использовало бы данную систему. В настоящее время СМК является основой удовлетворения растущего спроса потребителей, своеобразной религией маркетингоориентированных производителя и потребителя, сквозной пропагандой идей бережливого производства. Для успешного и результативного использования внедряемых цифровых технологий необходимо внедрение и поддержание в актуальном состоянии системы качества на основании стандартов ISO 9000 [2].
2. Бизнес-процессы производства, финансов и экономики, логистики предприятия. Организация должна обладать управляемыми системами производства и технологического обеспечения, развитой инфраструктурой, соответствующей типу производства, иметь высокий уровень организации рабочих мест в структурных подразделениях предприятия, производство должно быть четко структурировано организационно и технологически, укомплектовано персоналом соответствующей квалификации.
3. Маркетинг. В настоящее время рынок меняется стремительно, устаревшие информационные системы, системы на бумажной основе отстают от современного рынка, конкурентов, степени владения текущим состоянием рынка, потребителя, его запросов. Использование таких систем снижает время принятия решений и усиливает риск «работы

на склад». Переход маркетинговой составляющей бизнес-процессов в режим онлайн возможен только при внедрении цифровых технологий, что позволяет отслеживать потребительские вкусы и предпочтения клиентов, текущее состояния рынка, находить новые подходы к организации рекламы и продвижения продукта (работы, услуги), тщательно изучать текущее состояние и перспективы целевых рынков предприятия, принять корректирующие и предупреждающие действия вовремя, снижать риски бизнеса, предвидеть ситуацию на рынке в целом.

4. Система бережливого производства. Возникла в ответ на требования максимального сокращения или исключения непроизводительных затрат в производстве и бизнесе (особенно в массовых синхронизированных поточных производствах автомобилей, электротехнических изделий, изделий информационного обеспечения на базе электронной техники и др.). Система бережливого производства и внедрение цифровых технологий, при одновременной разработке и внедрении их элементов, взаимно усиливают их положительное воздействие на бизнес-процессы предприятия в плане результативности и эффективности. Возникает эффект синергии (комбинированное воздействие двух или более факторов, характеризующийся тем, что их совместное действие значительно превышает эффект каждого компонента и их суммы).

5. Информационное сопровождение бизнес-процессов на базе цифровых технологий. Данная опция в первую очередь отвечает за передачу информации от одной системы к другой, от одного подразделения к другому. Устаревшие информационные системы, полное бумажное сопровождение приводят к потерям времени, срыву сроков выполнения контрактов предприятия. Без информационного сопровождения любого типа организация работать не может; бумажное сопровождение – рабочий вариант, но отнюдь не совершенный. Конфликты между подразделениями, сотрудниками, потери времени исключаются благодаря переходу на цифровое информационное сопровождение, которое в режиме онлайн позволяет получить информацию о любом бизнес-процессе, принять корректирующие и предупреждающие действия (также в режиме онлайн). Информационное сопровождение – аксиома любого бизнеса, сделать его мобильным – задача внедрения цифровых информационных технологий. Организация должна быть обеспечена средствами информационного сопровождения процессов в цифровом виде, которые дают преимущество в виде эффективности.

Предприятие-претендент на внедрение цифровых информационных технологий должно соответствовать перечисленным выше критериям. Если хотя бы один из указанных критериев работает не должным образом, следует порекомендовать исправить положение. Для эффективного внедрения цифровых технологий должны быть устойчивые структуры вышеописанных бизнес-процессов.

В тоже время имеются и барьеры, препятствующие увеличению темпов создания, развития и внедрения цифровых технологий:

- недостаток квалифицированных кадров, который подтверждают специалисты IT-сферы;
- адаптация образовательных программ под требования стремительно меняющегося рынка;
- слабая взаимосвязь стратегического планирования в области развития цифровых технологий на всех уровнях управления: государства, крупного, среднего и малого бизнеса;
- недостаток финансирования, например, на региональном уровне, что ведет к еще большему их экономическому расслоению;

- ограниченность интернета, что обусловлено доступом к нему и скоростью передачи информации;
- постепенное и частичное формирование законодательной базы, которая должна регламентировать процессы в этой области;
- недоверие процессам информатизации собственных данных и прочей информации со стороны населения [3].

Список литературы

1. ОАО «558 АРЗ» сегодня. [Электронный ресурс]. URL: https://558arp.by/ru/ (дата обращения 01.04.2021)
2. Международный стандарт ISO 9000. [Электронный ресурс]. URL: https://iso-management.com/wp-content/uploads/2018/09/ISO-9000-2015.pdf (дата обращения 01.04.2021)
3. Леонова О.Г. Факторы развития цифровой экономики в Российской Федерации // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». «Речной Форум 2019». 2019. С. 418-421.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Лузум М.Е.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Цель исследования – оценить эффективность нейросетевых методов диагностирования офтальмологических заболеваний и перспективы их внедрения в медицинскую практику с целью повышения качества медицинской помощи, сокращения числа врачебных ошибок и обеспечения безопасности пациентов.

Ключевые слова: *диагностика офтальмологических заболеваний, нейросетевые методы диагностирования, глазные заболевания, офтальмологические заболевания, нейронные сети, Python, Keras, Tensorflow.*

Введение.

Несмотря на высокий уровень развития современной медицины, так или иначе человеческий фактор даёт о себе знать, а именно проявляет себя в виде ошибок врачей при диагностике заболеваний. В США 12 миллионам пациентов в год устанавливается неправильный диагноз, это 5% от общего количества пациентов. И около 120 тысячам пациентам несвоевременно диагностируются угрожающие жизни человека заболевания. Существует перечень офтальмологических заболеваний, которые имеют наиболее высокий уровень заболеваемости в мире. Распространенность данных заболеваний обусловлена старением населения и несбалансированным питанием. Многие из них приводят к слепоте, например, диабетическая ретинопатия, глаукома, возрастная макулярная дегенерация и др. Кроме того, несвоевременное диагностирование даже при должной глазной терапии может привести к необратимым хроническим патологиям. Поэтому, как правило, офтальмологи предлагают пациентам периодически проводить скрининг с целью выявления возможных глазных заболеваний. Таким образом, в данной статье представлено исследование нейросетевых методов диагностирования офтальмологических заболеваний, оценка их эффективности, и перспективы развития. Рассмотренные методы, основанные на машинном обучении, позволяют обеспечить высокую производительность при автоматическом выявлении офтальмологических

патологий, в особенности методы, основанные на глубоком обучении. Изображения глазного дна, подаваемые на вход моделям машинного обучения,отображают несколько компонентов сетчатки, такие как дерево кровеносных сосудов, головка зрительного нерва, макула и т.д. Глазные патологии приводят к реформированию компонентов сетчатки или появлению очагов поражения. Поражения отличаются друг от друга в зависимости от конкретной патологии, по размеру, форме, контрасту и т.д. Но зачастую они имеют схожие характеристики, из-за чего задача диагностики глазных заболеваний становится довольно сложной.

Искусственные нейронные сети.

Искусственные нейронные сети – это математическая модель биологической нейронной сети, где информация хранится в различных связях между нейронами. Нейроны соответствуют узлам (вершинам) графа, которые характеризуются функциями активации (функции активации, как правило, нелинейны). Связи между нейронами соответствуют связям между узлами (вершинами) графа и характеризуются весом, который умножает данные, поступающие из предыдущего узла.

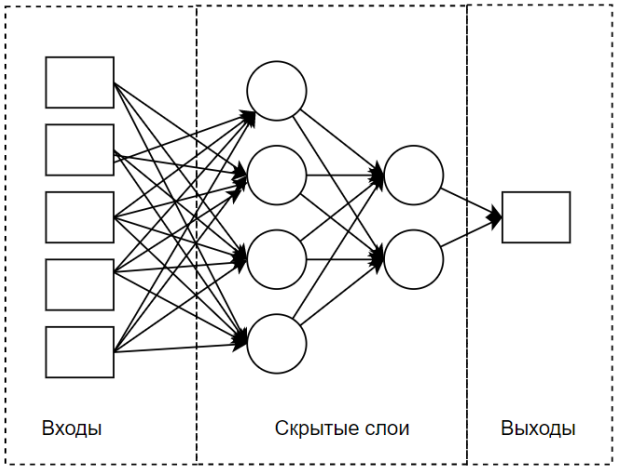


Рис. 1. Структурная схема искусственной нейронной сети

Сверточные нейронные сети. Диагностика офтальмологического заболевания по фотоснимку глазного дна представляет из себя задачу классификации, а если точнее – задачу распознавания образов.

190	204	5	51	203	237	153	180	42
16	126	84	24	15	43	123	75	51
49	21	48	27	225	13	15	43	41
145	242	176	83	100	139	133	49	39
15	212	116	155	101	131	121	24	43
130	123	51	12	164	21	34	122	87
54	32	48	87	61	48	14	62	51
186	26	28	27	211	139	133	43	123
87	49	49	15	203	84	21	130	123

Рис. 2. Изображение, представленное в виде матрицы значений интенсивностей пикселей

В данной работе использована архитектура сверточных нейронных сетей, так как данная архитектура позволяет эффективней всего распознавать образы. Идея сверточных

нейронных сетей основывается на однонаправленной структуре с чередованием сверточных и субдискретизирующих слоев. Для получения сверточного слоя используется операция свёртки. Операция свертки представляет из себя сумму значений, полученных поэлементным произведением значений интенсивностей пикселей участка изображения, и соответствующих значений ядра свертки.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Рис. 3.Ядро свертки

$\begin{bmatrix} N_1 & N_2 & N_3 \\ N_4 & N_5 & N_6 \\ N_7 & N_8 & N_9 \end{bmatrix}$ – Сверточный слой

Слой субдискретизации это слой, который помогает нейронной сети не переобучаться и уплотнить карту признаков. Если на предыдущей операции свертки были выявлены некоторые признаки, то для дальнейшей обработки подробное изображение уже не нужно, следовательно, происходит фильтрация уже ненужных деталей. Наиболее часто используемой функцией для получения слоя субдискретизации является функция максимума.

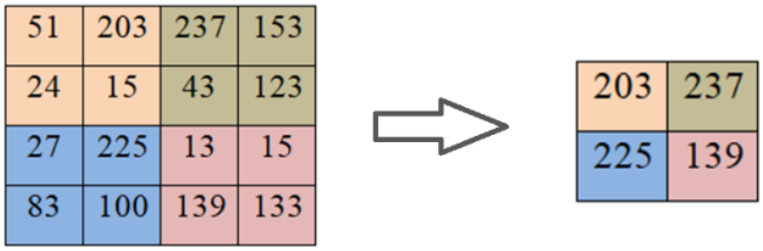


Рис. 4. Пулинг с функцией максимума

Результаты.

Для исследования и решения задачи классификации изображений была использована модель сверточной нейронной сети VGG-19. Классификатор данной модели был заменен на слой Flatten для преобразования двумерного массива данных в одномерный и полносвязный слой с одним выходом, т.к. модель относит изображение к одному из двух классов: Cataract (Катаракта)или Normal Fundus (Нормальное глазное дно).

Обученная сеть в итоге 15 эпох обучения имеет следующие значения бинарной кросс энтропии и точности на тестовой выборке:

Бинарная кросс энтропия 0.1598

Точность 0.9816

Сравнив кривые точности и бинарной кросс энтропии на тренировочной и тестовой выборках (рис. 6), можно увидеть, что модель удалось успешно обучить достаточно до

высокой точности диагностирования катаракты. Она довольно хорошо справляется с поставленной задачей, как на тренировочной, так и на тестовой выборке, следовательно, модель не переобучена.

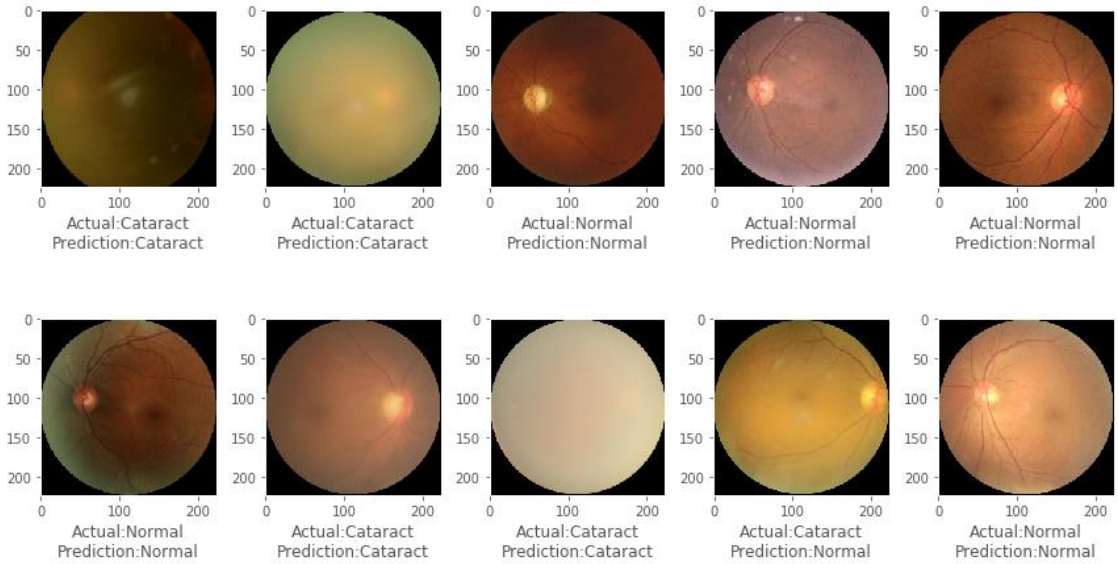


Рис. 5. Демонстрационная проверка модели на тестовой выборке

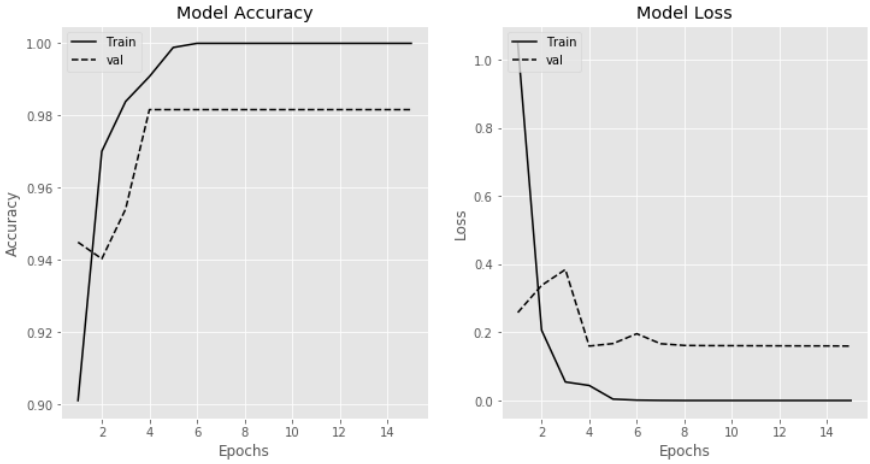


Рис. 6. Кривые точности и бинарной кросс энтропии модели на тренировочной и тестовой выборках

Преимущества и недостатки.

Преимущества применения нейронных сетей в диагностировании офтальмологических заболеваний: Потенциально высокая точность диагностирования, позволит снизить риски установления ошибочных диагнозов, быстродействие, контроль прогрессирования заболевания, возможность диагностирования в местах дефицита квалифицированных специалистов. Недостатки: присутствуют риски переобучения, сложность реализации при диагностировании схожих по характеристикам патологий, продолжительное время обучения.

Заключение.

Как видно из результатов исследования модель довольно хорошо справляется с поставленной ей задачей диагностики катаракты. Стоит отметить, что катаракта – не самая сложно диагностируемая патология. А, следовательно, предстоит увеличение

количества классов (диагностируемых заболеваний) и будущее совершенствование и развитие данной модели. Имеет смысл расширить тренировочную выборку, на основе неё сгенерировать видоизмененные изображения (добавить повороты и сдвиги) для получения большей обучающей выборки. Также в перспективе стоит использовать для анализа нейронной сетью не только изображения глазного дна, но и информацию о пациенте, такую как история болезней (перенесенные заболевания, хронические заболевания), возраст и т.д. Анализ изображений глазного дна в совокупности с информацией о пациенте позволит добиться не только высокой точности диагностики, но и выявления заболеваний на ранних стадиях их развития, а также прогнозирования вероятных заболеваний с целью своевременного контроля и профилактики.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ПОЛЕЗНОСТИ ДЕЙСТВИЙ В ВИРТУАЛЬНОМ ФУТБОЛЕ

Никулин Н.О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье приведена обобщённая модель оценки полезности действий интеллектуального агента реального времени. Приведённая модель рассмотрена на примере игровой ситуации в виртуальном футболе.

Ключевые слова: многоагентная система, виртуальный футбол, оценка полезности.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) является одной из новейших областей науки [4]. Интеллектуальные агенты (ИА) и многоагентные системы (МАС), в свою очередь, являются динамично развивающимся направлением ИИ [1]. В данной работе рассматривается интеллектуальные агенты реального времени (ИА РВ), действующие в открытых, динамических, неопределённых мирах (ОДНМ-мирах).

Для того, чтобы достигнуть поставленной цели (целевого состояния), интеллектуальный агент должен планировать свои дальнейшие действия. Как правило, в рассматриваемой ситуации возможно построить несколько различных планов действий. Агенту необходимо оценить их, а затем определить наиболее эффективный.

Проблема планирования в РВ наиболее остро проявляется в сценариях командного противодействия [3]. Платформа RoboCup Soccer Simulator предоставляет возможности для исследований подобных сценариев, так как позволяет моделировать ограниченность восприятия, связь между агентами и т.д.

Основные понятия

Для ИА в литературе существует большое количество определений, однако можно выделить наиболее существенную особенность ИА: способность осуществлять целенаправленное поведение в ОДНМ-мирах. Открытыми миры являются из-за того, что на этапе проектирования агента невозможно достаточно полно описать окружающую его среду (неизвестно количество других сущностей, их состояния и т.д.), динамичность означает постоянно изменяющееся состояние мира, а неопределённость – невозможность

достаточно полно определить состояния мира. МАС можно определить как совокупность ИА, которые взаимодействуют друг с другом для достижения целевого состояния [1].

Обобщённый алгоритм оценки полезности действий

В начале фазы планирования происходит генерация базового множества обобщённых действий $\{Act^i\}$, подходящих для ситуации S^*. Каждый вариант получает априорную оценку полезности [1], которая в дальнейшем уточняется.

Для того, чтобы определить полезность некоторого действия , выполнение которого должно начаться в ситуации S^*, необходимо определить полезность достижимых при его выполнении состояний из множества $\{S_n^{**}\}$. При определении полезности какого-либо состояния следует учитывать только тех агентов, действия которых могут внести существенные изменения (актуальных акторов). Обозначим множество актуальных партнёров как $\{T_k\}$, а множество актуальных оппонентов как $\{O_k\}$. Теперь возможно определить шаги алгоритма [1]:

1. Определение множеств $\{T_k\}$ и $\{O_k\}$.
2. Определение множества возможных действий в ситуации S^* для каждого агента из $\{T_k\}$ и $\{O_k\}$ при условии, что планирующий агент выполняет действие Act^i.
3. Определение множества $\{S_n^{**}\}$. Оно получается с помощью комбинации всех возможных действий актуальных партнёров и оппонентов.
4. Оценка полезности $U(S_n^{**})$ для каждого возможного состояния из $\{S_n^{**}\}$.
5. Определение полезности $U(Act^i)$ действия как $U(Act^i) = \min_n(U(S_n^{**}))$.

Критерии для оценки полезности $U(S_n^{**})$ зависят от контекста, текущей ситуации, цели и т.д., поэтому такая оценка является достаточно сложной задачей [1].

После определения значений полезности всех действий из множества $\{Act^i\}$ из них выбирается действие с максимальным значением.

Пример

В качестве примера рассмотрим конкретную игровую ситуацию в виртуальном футболе (рис. 1).

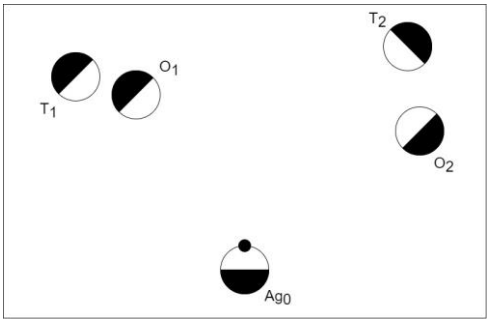


Рис. 1. Предполагаемая расстановка игроков

Актуальные партнёры обозначены T_1 и T_2, актуальные оппоненты – O_1 и O_2. Планирующий игрок Ag_0 пробует оценить вариант действия Act_0^2 – «пас». Предположим, что в данной ситуации партнёры будут пытаться открыться для приёма паса (действия T_1^1

и T_2^1), оппоненты при этом могут закрыть опекаемого игрока (O_1^1 и O_2^1), либо попытаться перехватить мяч (O_1^2 и O_2^2). Данную ситуацию можно представить в виде поддерева (рис. 2). В вершину-разветвитель входит дуга, соответствующая рассматриваемому действию, а выходят дуги, соответствующие различным комбинациям действий актуальных акторов.

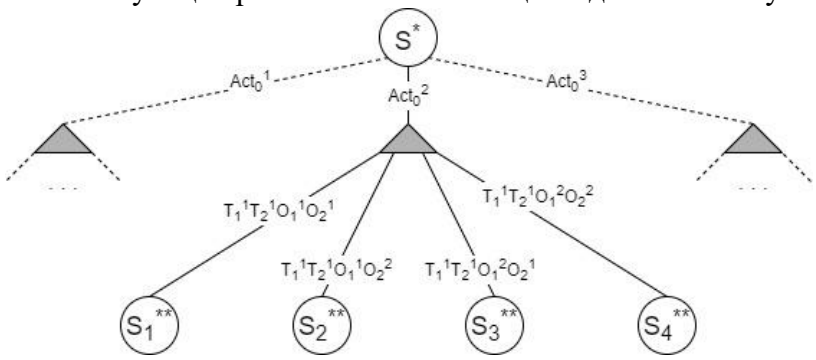


Рис. 2. Фрагмент дерева прогнозируемых состояний

Априорную полезность действия «пас» примем равной 70%. Как уже было сказано ранее, критерии полезности крайне ситуативны. В данном примере ими могут выступать наличие открытого партнёра, расстояние от соперников до мяча и т.д. На основе критериев полезности можно определить значения полезности достигаемых состояний (таблица 1).

Таблица 1

Оценка полезности состояний

Состояние	Комбинация действий актуальных акторов	Значение полезности
S_1^{**}	$T_1^1T_2^1O_1^1O_2^1$	50%
S_2^{**}	$T_1^1T_2^1O_1^1O_2^2$	40%
S_3^{**}	$T_1^1T_2^1O_1^2O_2^1$	40%
S_4^{**}	$T_1^1T_2^1O_1^2O_2^2$	20%

Значение полезности действия определяется как минимум из оценок полезности всех достигаемых состояний. При этом предполагается, что оппоненты выбирают наиболее рациональные для себя варианты действий [1]. В данном случае значение полезности действия «пас» будет равно 20%.

Заключение

В данной работе была рассмотрена обобщённая модель оценки полезности действий ИА РВ. Также был проанализирован пример игровой ситуации в виртуальном футболе, демонстрирующий применение приведённого алгоритма.

Список литературы

1. Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В. Интеллектуальные агенты и многоагентные системы: монография. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 216 с.
2. Пантелеев М.Г. Концепция построения интеллектуальных агентов реального времени на основе модели опережающего итеративного планирования// Труды 13-ой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012. Т 3. – Белгород: Изд-во БГТУ. – 2012. – С. 25-33.
3. Пантелеев М.Г. Формальная модель опережающего интерактивного планирования действий интеллектуальных агентов реального времени// Труды 14-ой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014. Т 1. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа». – 2014. – С. 323-333.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВУЗА

Посвященный Д.Е.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина))

Аннотация. Одной из задач представленной предметной области является обработка данных абитуриентов. Для этого необходимо разработать:

1) графический интерфейс пользователя с интуитивно понятным функционалом;
2) формы ввода и редактирования данных.

Главная задача – повышение производительности труда, за счёт автоматизации рутинных процессов.

В ходе выполнения работы, была реализована и протестирована информационная система для автоматизации работы приемной комиссии ВУЗа.

Ключевые слова: автоматизация, удобство использования, база данных, информационная система, проектирование, графический интерфейс пользователя.

Введение. Целью проекта является разработка информационной системы для обработки данных абитуриентов с доступным для понимания графическим интерфейсом.

Основные задачи:

1) разработать графический интерфейс пользователя с интуитивно понятным функционалом;

2) реализовать формы ввода и редактирования данных.

3) разработать и реализовать базу данных.

ИС должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- ввод, редактирование и просмотр данных в таблицах Анкета и Специальность;
- просмотр анкет по специальностям, с возможностью сортировки по алфавиту;
- ввод, редактирование и просмотр сдаваемых предметов;
- вывод на экран анкетных данных абитуриентов, имеющих красный диплом или медаль.

В качестве языка разработки было решено использовать C#.

Для работы с базой данных выбрал язык SQL.

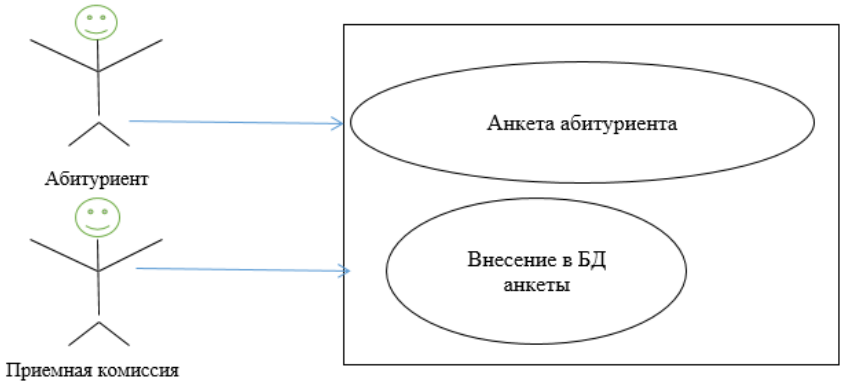


Рис. 1. Общая функциональная модель ИС

Формирование требований к ИС. ИС предназначена для автоматизации следующих процессов, происходящих в ВУЗе:

- Автоматизация работы приемной комиссии

ИС предназначена для работы сотрудников следующих подразделений компании:

- Абитуриент

- Приемная комиссия

ИС обеспечивает:

- учет информации о данных абитуриента
- учет информации о наличии красного диплома или золотой медали
- учет выбранной специальности

Преимущества, которые получит заказчик при внедрении ИС:

- Ввод и коррекцию анкетных данных Возможность
- просмотр анкетных данных по специальностям в алфавитном порядке
- ввод, коррекцию и просмотр специальностей и сдаваемых предметов;

Перечень нефункциональных требований к ИС.

Требования удобства пользователя:

- Интерфейс пользователя должен быть удобен, интуитивно понятен и не требовать дополнительной подготовки пользователей.

Требования надежности:

- Вся вводимая информация должна быть надежно сохранена и в случае возникновения сбоя восстановлена.

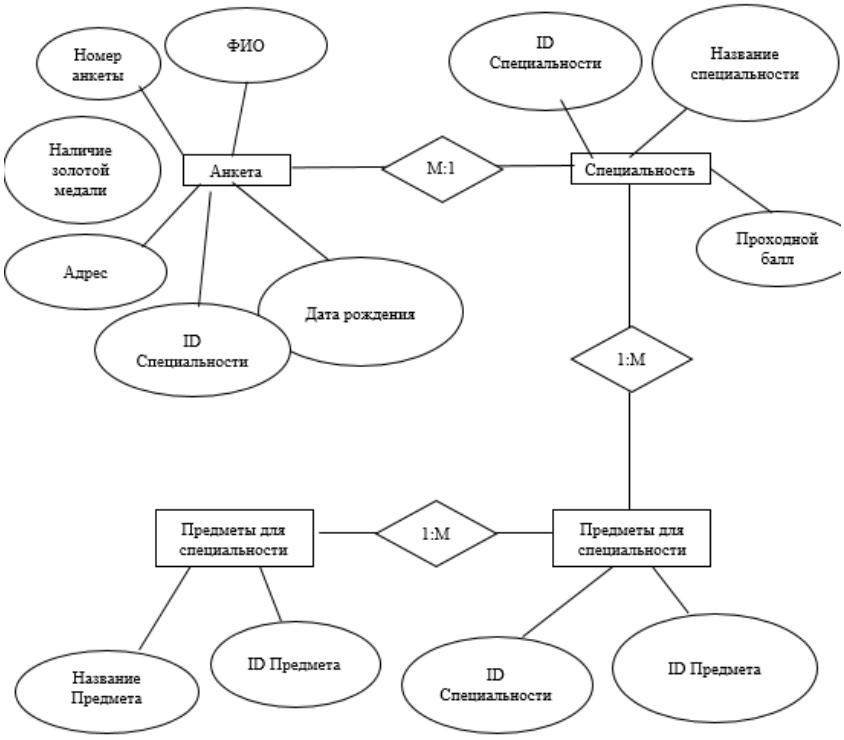


Рис. 2. Объединенная концептуальная модель данных

Особенности программирования в среде BORLAND C++ BUILDER

Мощная система под названием C++ Builder на языке C++, выпущенная на рынок систем быстрой разработки приложений RAD корпорацией Borland, следует традиции нисходящего визуального стиля программирования Delphi.

Вместо привычных библиотек OWL (Object Windows Library) и MFC C++Builder использует библиотеку VCL. Каждая библиотека представляет собой специфическую модель объектно-ориентированного программирования под Windows. C++Builder не делает различия между тем, какие программные модули вы добавляете к проекту своего приложения – написаны они на C++ (файлы с расширением CPP) или на Delphi (файлы с расши-

рением PAS). Компилятор свободно принимает следующие кодовые конструкции модулей Delphi: компоненты, формы, объекты, константы, простые методы и функции – все перечисленные коды можно прямо подставлять в свои проектные файлы. Технология визуального наследования форм дает возможность модифицировать формы Delphi в среде C++Builder без каких бы то ни было проблем. [1].

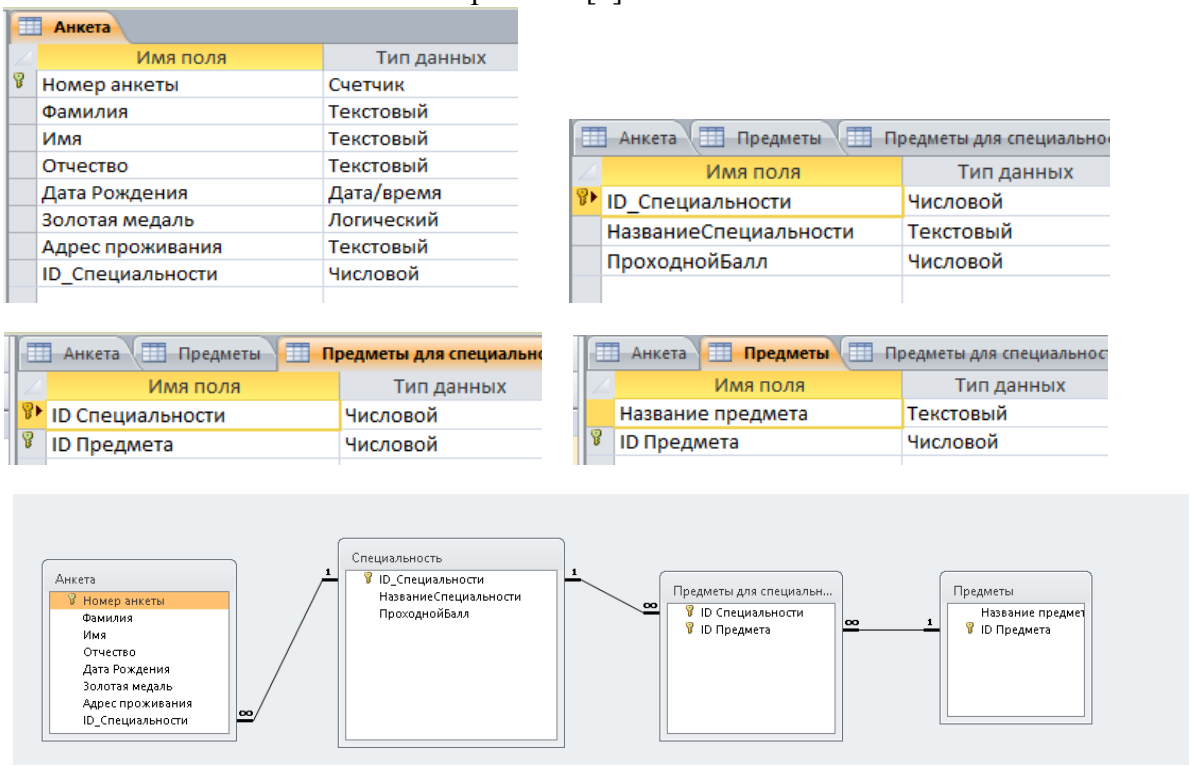


Рис. 3. Структура базы данных

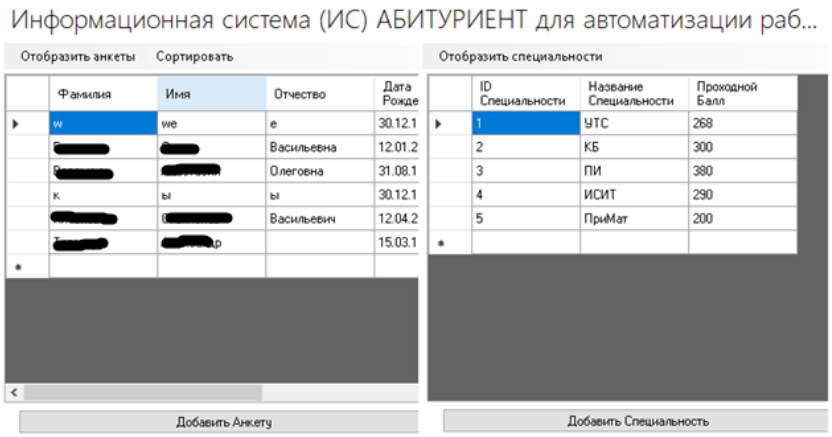


Рис. 4. Реализованная информационная система

Заключение. В ходе выполнения проекта была разработана информационная система для обработки данных абитуриентов с интуитивно понятным графическим интерфейсом. Реализованы формы ввода, редактирования и мониторинга данных в таблицах Анкета и Специальность. Разработана и реализована база данных.

Список литературы

1. В.Л. Литвинов. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Технология программирования» - СПб.: СПбГЭТУ, 2017. - 36с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАДАЧ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

СНЕГИРЕВА Д.А.

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. В данной статье представлены варианты применения технологии блокчейн для задач металлургических и машиностроительных предприятий. Для каждого из них приведены реальные примеры использования и положительные стороны.

Ключевые слова: блокчейн, смарт-контракт, цепочка поставок, сталь

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание FENU-2020-0022)

Все чаще на просторах интернета в новостных сводках или на сайтах крупных металлургических или машиностроительных компаний появляются новости об использовании технологии блокчейн.

Одним из наиболее популярных вариантов применения является заключение сделок при помощи смарт-контрактов на известных блокчейн-платформах. Например, Метинвест, вертикально интегрированная группа горно-металлургических компаний, в 2019 заключила смарт-контракт на блокчейн-платформе we.trade на покупку оборудования у европейского поставщика для одного из предприятий-перекатчиков в составе Группы Метинвест [1]. Крупнейшая в мире горнодобывающая компания BHP осуществила продажу железной руды китайской сталелитейной компании Baoshan Iron & Steel (Baosteel) с использованием смарт-контракта [2]. Китайский производитель стали Nanjing Iron & Steel завершил свою первую сделку при поддержке блокчейн-финансовой платформы Contour, состоявшей в покупке железной руды у совместного предприятия горнодобывающей корпорации Rio Tinto и Hancock Prospecting Pty Hope Downs [3]. Бразильская компания Valve провела продажу железной руды дочерней компании Nanjing Iron & Steel через блокчейн платформу Contour [4]. Большинство компаний признают, что для них данные сделки стали важнейшим этапом на пути к цифровизации сделок, что значительно сократит количество бумажных документов и электронных писем. Кроме того, преимущества использования смарт-контрактов состоят в прозрачности для каждой из сторон, в любой момент можно проверить статус смарт-контракта, поэтому исчезает потребность в наличии третьих лиц в виде банковских учреждений, полностью минимизируются риски, связанные с оплатой и поставкой товара, т.к. смарт-контракт выполняется в автоматическом режиме.

Благодаря свойствам прозрачности и неизменяемости технологию блокчейн можно успешно применить для отслеживания цепочки поставок товаров. Информацию о каждом этапе можно фиксировать в блокчейне, включая этапы получения сырья, отправки и создание готовой продукции. Информацию в блокчейне невозможно подменить, поэтому можно избежать мошенничества в поставках. Каждая из сторон будет иметь доступ ко всей информации об этапах без запроса информации из третьих источников в случае публичного блокчейна. Кроме того, использование публичного блокчейна позволит развеять опасения стран, где находятся предприятия, о том, что сырье или готовая продукция могла поставляться в обход пошлин или налогов. Данная причина подтолкнула Канадское правительство реализовать проект по отслеживанию поставок металлопродукции в реальном времени на основе блокчейн-платформы [5].

Китайская национальная ассоциация торговли металлом разрабатывает блокчейн консорциум для охвата всей цепочки поставок стали. Она выделила две главные проблемы в сталелитейном секторе Китая. Одной из них является избыток производственных мощностей, а второй — отсутствие координации в цепочке поставок. Использование технологии блокчейн повысит производительность и эффективность движения металлопродукции, обеспечит прозрачность поставок, что снизит риск многократного предоставления одних и тех же активов для финансирования [6].

Кроме данного решения в Китае для данного сектора разворачиваются и другие проекты, которые используют технологию блокчейн. Например, в 2015 году китайское государственное сталелитейное предприятие Baosteel приняло участие в реализации сталелитейного портала для электронной коммерции Ouye Yunshangh на основе технологии блокчейн [7]. Еще одним проектом является платформа, созданная Jiwei Internet of Things для отслеживания передвижения товаров между складами и передачи прав на груз и другие активы. Кроме того, китайский коммерческий банк China Zheshang Bank создал пять платформ, включая решения основанное на технологии блокчейн для складских документов [8].

Министерство внутренней безопасности США заключило контракт с техасской фирмой Transmute Industries на разработку блокчейн-проекта для отслеживания сырья (в том числе и стали) импортируемого в страну. Решение будет использовать Погранично-таможенная служба США (англ. United States Customs and Border Protection, USCBP) для повышения прозрачности и автоматизации процессов перевозки стали, древесины и алмазов, ввозимых в США [9].

В 2019 году Всемирный экономический форум (ВЭВ) вместе с семью металлургическими и горнодобывающими компаниями объявило создании блокчейн-платформы для обеспечения прозрачности цепочки поставок. В число учредителей данной инициативы входят Antofagasta Minerals, Eurasian Resources Group Sàrl, Glencore, Klöckner & Co, Minsur, Tata Steel и Anglo American / De Beers (Tracr). Tracr - это проект алмазного блокчейна, инициированный De Beers, в котором также участвует российская горнодобывающая компания АЛРОСА. Консорциум в первую очередь будет работать над устранением недостатков стандартизации, отслеживанием происхождения материала, повышением эффективности и отслеживанием выбросов углерода [10]. Одним из прямых конкурентов является блокчейн-платформа, разработанная канадской фирмой Minehub. Платформа отслеживает процесс добычи полезных ископаемых, управляет контрактами с покупателями и оптимизирует такие процессы, как финансирование и логистика. Над разработкой платформы работали такие крупные компании как IBM и ING и несколько горнодобывающих компаний [11]. В свою очередь ING также является частью консорциума блокчейн металлов Forcefield вместе с Лондонской биржей металлов (ЛБМ). Данный проект также нацелен пост-трейдинговые процессы, это означает, что он обеспечит прозрачность поставки металлов, а также закрепит права собственности на их запасы [12].

Для дальнейшего рассмотрения возьмем три платформы: we.trade [13], CONTOUR [14] и Mavennet Metal Trail [15]. Первые две ориентированы на проведение операций с финансами в блокчейне с использованием смарт-контрактов. В отличие от них, главной задачей Mavennet является отслеживание цепочки поставок стали. Все системы кроме Mavennet Metal Trail созданы на основе платформ, предназначенных для построения собственных решений на базе технологии блокчейн. Платформа we.trade построена на последней версии IBM Blockchain Platform с использованием Hyperledger Fabric [16], а CONTOUR ис-

пользует блокчейн платформу Corda [17]. Corda в отличие от Hyperledger Fabric является узкоспециализированным средством для финансовых организаций. У нее нет собственной криптовалюты и консенсус достигается между участниками на уровне отдельного соглашения/контракта, а не на уровне всей системы, передача данных происходит только между участниками транзакции [17]. Исходя их этого можно сделать вывод, что построение систем, охватывающих больший набор функций на основе данного решения не является возможным или является более трудоемким чем использование другого программного обеспечения. В отличие от we.trade и CONTOUR, Mavennet Metal Trail в большинстве своем является оригинальным решением, но не таким популярным как Hyperledger Fabric. Несмотря на различия, все три платформы отмечают похожие преимущества их использования связанных с технологией блокчейн, где главные из них: прозрачность, безопасность и эффективность. Для финансов имеется ввиду возможность просмотра всех торговых операций, а также обеспечение их эффективности и безопасности за счет автоматизации с помощью смарт-контрактов. В случае цепочек поставок, обеспечение возможности отслеживания продукции от начала до самого конца из-за доступности данных в блокчейне.

Проведенный обзор показывает, что применимость технологии блокчейн для задач металлургических и машиностроительных предприятий является актуальной темой исследования. Положительные стороны использования данной технологии позволяют сделать вывод о том, что создание системы на ее основе для данной сферы на российском рынке является актуальной задачей. В качестве оригинального предложения в будущем можно представить систему, объединяющую финансовую и логистические стороны использования блокчейна, например, на основе Hyperledger Fabric.

Список литературы

1. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://metinvestholding.com/ru/media/news/207354
2. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2020. URL: https://www.reuters.com/article/us-china-baowu-bhp/bhp-completes-first-yuan-based-iron-ore-sale-to-chinas-baosteel-idUSKBN22O0LZ
3. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2020. URL: https://www.reuters.com/article/china-ironore-blockchain/chinas-nanjing-iron-steel-seals-blockchain-iron-ore-deal-with-rio-tinto-jv-idUSL4N2EF0YX
4. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2020. URL: https://www.reuters.com/article/idUSS0N2FM032
5. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2020. URL: https://www.coindesk.com/canada-forges-130000-development-deal-for-steel-tracking-blockchain
6. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2020. URL: https://www.ledgerinsights.com/china-blockchain-platform-for-steel-industry/
7. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://finance.sina.com.cn/roll/2019-12-08/doc-iihnzhfz4408232.shtml
8. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2018. URL: http://www.jwell56.com/news/detail?id=3248
9. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://www.ledgerinsights.com/homeland-security-dhs-blockchain-credentials-imports-transmute/
10. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://www.weforum.org/press/2019/10/seven-mining-metals-companies-partner-on-responsible-sourcing-with-world-economic-forum
11. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://www.ledgerinsights.com/blockchain-mining-minehub-goes-live/
12. [Electronic resource] // 01.02.2021. 2019. URL: https://www.ft.com/content/ad8e9d58-4fd9-11e9-b401-8d9ef1626294
13. [Electronic resource] // 07.04.2021. 2021. URL: https://we-trade.com/resources/faq
14. [Electronic resource] // 07.04.2021. 2021. URL: https://www.contour.network
15. [Electronic resource] // 07.04.2021. 2021. URL: https://www.mavennet.com/solutions/metaltrail/
16. [Electronic resource] // 07.04.2021. 2021. URL: https://www.hyperledger.org/use/fabric
17. [Electronic resource] // 07.04.2021. 2021. URL: https://docs.corda.net/

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ OBD-II

Уваров К.А.[1], Пономарев А.В. [2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

[2]*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук*

Аннотация. В работе рассматривается задача идентификации водителя транспортного средства на основе данных, полученных от встроенных датчиков автомобиля с помощью интерфейса OBD-II. Описан процесс получения и предварительной обработки данных. Проведено сравнение различных алгоритмов идентификации, основанных на применении машинного обучения, и осуществлен выбор алгоритма, обеспечивающего наилучшее качество идентификации водителя на тестовой выборке. Предложена архитектура сервиса для ОС Android, позволяющего осуществлять идентификацию водителя транспортного средства в режиме реального времени.

Ключевые слова: OBD-II, идентификация, классификация

Введение

Развитие информационных технологий проникает во все виды промышленности. Автомобильная индустрия не является исключением. Современный автомобиль мало чем похож на автомобиль прошлого века. Постоянное внедрение новых возможностей и технологий делает его уже не просто средством передвижений, а полноценное киберфизическое устройство с различными мультимедийными функциями, дополнительными системами безопасности и большим количеством различных датчиков. Если автомобили 70-х годов прошлого века имели у себя в среднем 3 датчика (уровня топлива, температуры охлаждающей жидкости и давления масла) и использовались они исключительно для информирования водителя о количестве топлива и состоянии двигателя, то современные автомобили имеют в своём распоряжении более 60 датчиков и более 30 микрокомпьютеров. Нет сомнений, что с каждым годом это количество будет расти. По мере развития автомобилей и технологий, взаимодействующих с ним, на передний план встаёт вопрос о безопасности автомобиля и защиты его от злоумышленников [1]. Одним из методов является идентификация водителя. Каждый водитель имеет индивидуальные особенности поведения при вождении. Например, особенности маневра перестроения и обгона, особенности набора скорости и её поддержания и т.д. На основе этих особенностей, можно сформировать профиль водителя и использовать его, чтобы отличить злоумышленника от владельца автомобиля.

В современном автомобиле имеется множество датчиков, которые ежесекундно генерируют значительный объем данных о состоянии систем автомобиля и процессах, происходящих в ходе движения. Все данные обрабатываются электронными блоками управления (ЭБУ). ЭБУ – это микрокомпьютер, который отвечает за работу одной из подсистем автомобиля. Современные автомобили могут содержать 100 и более ЭБУ, управляющие функции которых варьируются от управления двигателем и гидроусилителем руля до управления стеклоподъемниками. ЭБУ также управляют функциями пассивной безопасности, такими как подушки безопасности, и даже основными функциями активной безопасности, такими как автоматическое экстренное торможение. Все устройства внутри автомобиля связаны между собой общей CAN (Controller Area Network) шиной, по которой проходит обмен данными между ЭБУ. Данные с CAN шины являются ценным источником информации в том числе и о поведении водителя и могут быть использованы для

составления его профиля. Однако CAN шина физически находится внутри автомобиля и доступ к ней является достаточно сложной задачей. Кроме того, непосредственное подключение к CAN шине может повлечь за собой неисправность транспортного средства и дальнейшая его эксплуатация может оказаться невозможной. Существует альтернативный метод для получения данных с CAN шины автомобиля. Начиная с конца 90-х годов и начало 2000-х для автомобилей становится обязательный стандарт OBD (On-Board Diagnostic). Это стандарт, который представляет собой обязательное внедрение диагностической системы в автомобиль. Диагностическая система представляет собой стандартизированный разъем (и интерфейс физического уровня), а также набор стандартных кодов для представления данных о состоянии различных систем автомобиля. Несмотря на наличие подобного стандарта, обычному пользователю получить желаемые данные всё равно оказывается достаточно трудно. Каждый параметр для получения данных имеет уникальный идентификатор. В большинстве случаев данные идентификаторы уникальны для каждого автопроизводителя, стандарт определяет ограниченный набор идентификаторов, которые можно получить и существует ограниченный набор публичных идентификаторов [2]. Для получения данных требуется устройство, которое может взаимодействовать с разъемом OBD-II. Сейчас на рынке существует большое количество устройств, которые вставляются в разъем OBD-II и передают данные проводным или беспроводным способом. Для исследования использовался доступный набор данных OCSLab security dataset [3]. Набор данных состоит из 51 параметра, полученного с помощью OBD-II. Данные собирались с 10 водителей, каждый из которых проехал в целом около 23 км по дорогам трёх типов: городская дорога, загородная автомагистраль и парковка.

Разработка модели идентификации водителя

Из исходного набора данных были убраны параметры, не определенные в стандарте OBD-II, а также сильно коррелирующие параметры. К отобранным таким образом параметрам были добавлены еще 2: ускорение автомобиля и рывок скорости автомобиля, представляющие собой первую и вторую производную скорости соответственно. После добавления дополнительных параметров, их конечное число стало равно 12. Следующим этапом обработки данных стало формирование скользящего окна и вычисление статистик на его основе. Размер и шаг каждого скользящего окна равны 30 с и 1 с соответственно. Для каждого окна по каждому из параметров посчитаны следующие статистики: среднее арифметическое, медиана, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, максимум, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса. Таким образом, количество статистических параметров составляет 84. После формирования окон и статистик на их основе, данные были нормализованы, т.к. данные имели различные единицы измерения и шкалы, для некоторых алгоритмов данное действие является обязательным.

Задача идентификации водителя представляет собой задачу классификации, каждый отдельный водитель представляет собой отдельный класс. Для решения данной задачи были выбраны несколько алгоритмов классификации: решающее дерево, метод ближайших соседей, алгоритм случайного леса, метод опорных векторов, а также алгоритм градиентного бустинга. Для определения качества решения были выбраны следующие метрики качества, которые используются для задачи классификации: Accuracy, Precision, F-score. Для оценки моделей использовалась кросс-валидация на 5 блоках. Предварительно данные перед кросс-валидацией не смешивались, чтобы избежать ситуации, когда в обучающую выборку попадут данные из i-го и (i+2)-го временного окна, а в контрольную выборку из (i+1)-ого временного окна. Результат сравнения алгоритмов представлен в табл.

1. Из таблицы можно выделить, что наилучшие результат показал алгоритм случайного леса, получив Accuracy равным 0,78 среди 10 водителей.

Таблица 1

Алгоритм	Accuracy	Precision	F-score
Решающее дерево	0.72	0.7	0.67
Случайный лес	0.79	0.77	0.74
Метод ближайших соседей	0.5	0.48	0.46
Метод опорных векторов	0.65	0.63	0.6
Градиентный бустинг	0.78	0.78	0.75

Разработка модуля для идентификации водителя

Данный модуль будет представлять собой сервис-компонент для операционной системы Android. Сервис будет содержать в себе несколько отдельных подмодулей, которые будут заниматься различными задачами, такими как сбор телематических данных, предобработка данных, оценивание данных заранее обученной моделью. Общая схема взаимодействия модуля представлена на рис. 1.

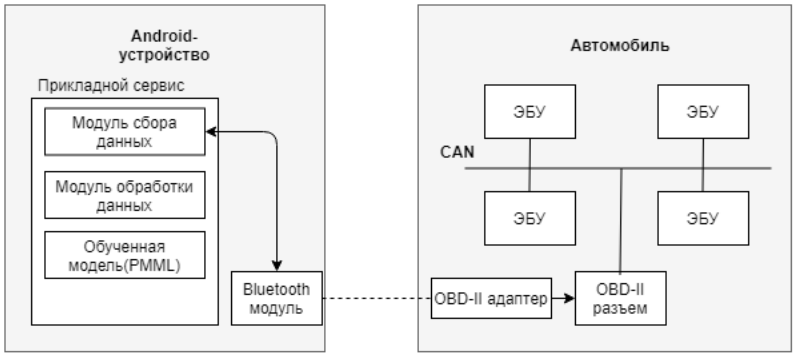


Рис.1. Общая схема модуля идентификации водителя

Прикладной сервис инкапсулирует в себе всю логику по решению задачи идентификации. С помощью технологий беспроводной связи Android-устройство может обмениваться данными с OBD-II адаптером, который в своё время может получать данные от внутренней сети автомобиля. В дальнейшем данные обрабатываются, как описано выше и передаются на оценку модели. Обученная модель загружается в формате PMML (Predictive Model Markup Language), что позволяет использовать обученную модель в различных приложениях.

Заключение

В рамках данной работы было проведено исследование задача идентификации водителя на основе телематических данных, полученных с помощью OBD-II. Показано, что данная задача может быть сведена к классической задаче классификации, где водитель соответствует определенному классу. Представлены методы предобработки данных, а также сравнение алгоритмов машинного обучения. Результатом построения является модель, в основе которой лежит алгоритм случайного леса, который показал максимальное значение метрики Accuracy равным 0,79 для 10 водителей. В работе также представлена общая схема прикладного модуля для операционной системы Android, который позволит решать данную задачу в режиме реального времени. В рамках дальнейшей работы по данной теме

планируется разработка моделей для решения других задач, связанных с телематическими данными, а также разработка расширяемого прикладного модуля для ОС Android.

Список литературы

1. B.I. Kwak, J. Woo and H.K. Kim, Know your master: Driver profiling-based anti-theft method, 14th Annual Conference on Privacy, Security and Trust (PST) 2016, Dec.2016, pp. 211-218.
2. K. Uvarov, A. Ponomarev, Driver Identification with OBD-II Public Data, 28th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), 2021, pp. 495-501.
3. OCSLab Security Dataset URL: https://ocslab.hksecurity.net/Datasets/driving-dataset (дата обращения 1.04.2021)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОНЛАЙН-ДОСОК (ONLINE WHITEBOARDS) ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ

Черных А. А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования рынка виртуальных досок для совместной удалённой работы, сформирован перечень тех веб-приложений, инструменты которых отвечают целям и задачам онлайн-обучения. Был определён минимальный функционал, необходимый для преподавания точных наук, и выбраны приложения, обладающие таким функционалом. В ходе анализа были выявлены отличия в возможностях, предоставляемых сервисами, сформулированы требования к инструментам, отсутствующим во всех рассмотренных приложениях, которые позволили бы повысить эффективность образовательного процесса.

Ключевые слова: онлайн-доска, online whiteboard, визуальная среда, дистанционное обучение

Введение. Продолжительное время вопрос об использовании технологических инноваций в образовании оставался дискуссионным для педагогического сообщества. В нынешних же условиях пандемии COVID-19 виртуальная среда оказалась единственным доступным пространством общения между преподавателями и учениками, в связи с этим существующие методы обучения были подвергнуты изменениям, возникла необходимость в новых инструментах и практиках. Несмотря на то, что общее рабочее онлайн-пространство (онлайн-доска) не является ключевой необходимостью для проведения занятий (в отличие от средств голосовой и видеосвязи), оно открывает дополнительные возможности как для учителя, так и для учащегося, позволяет значительно повысить эффективность образовательного процесса.

Развитие информационных технологий на протяжении последних десятилетий и массовое распространение персональных компьютеров стимулировали появление онлайн-досок, а ограничения и повсеместный переход на дистанционный формат работы и учёбы обеспечили им высокий спрос. Например, лишь за 2020-й год сервис Miro (до 2019 года — RealtimeBoard), являющийся одним из популярных представителей таких решений, увеличил число сотрудников в два раза [1], а число пользователей — в три [2]. Выбор платформ для взаимодействия в визуальной среде широк, каждая из них имеет свои специфические особенности и предназначена для выполнения различных задач (планирования командной работы, проектирования и создания концептов и др.), однако, далеко не все веб-приложения (даже те, которые заведомо ориентированы на дистанционное образование)

подходят для организации учебных занятий по точным наукам: алгебре, геометрии, физике.

Актуальность исследования объясняется, с одной стороны, растущим спросом на решения по сопровождению обучения в дистанционном формате, а с другой — нехваткой качественного ПО для преподавания математических предметов. Целью исследования является определение таких сервисов, которые бы соответствовали запросам учителя и учащегося при освоении технических дисциплин в удалённом режиме. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать рынок интерактивных онлайн-досок, выявить преимущества и недостатки существующих продуктов, определить базовые функции ПО, необходимые для использования таких досок в процессе онлайн-обучения, осуществить сравнение и отбор оптимальных веб-приложений, выделить их уникальные возможности, а также функции, которые не реализованы ни в одном из рассматриваемых решений. Материал исследования составляют все онлайн-доски с возможностью «рукописного ввода», которые удалось найти автору статьи в свободном доступе.

Анализ рынка интерактивных онлайн-досок. Сегодня даже в таком узком сегменте рынка приложений для коллективной работы, как интерактивные онлайн-доски представлено множество предложений. В рамках данного исследования основной фокус был направлен на ПО и средства с возможностью «рукописного ввода». В итоге, удалось найти 42 виртуальных доски, в которых был реализован этот инструмент. Затем были выделены функциональные особенности выбранных решений и определены те, которые могут быть полезными при дистанционном обучении. После знакомства с функционалом платформ стало ясно, что только часть из них целесообразно использовать в сфере онлайн-образования. Для того, чтобы провести сравнительный анализ, имеющий практическую ценность, было решено ограничить выборку теми онлайн-досками, которые соответствуют минимальным техническим требованиям (см. рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	№	Доска		Причина	№	Доска		Причина	№	Доска		Причина
2	1	Ayoa	-	Нельзя свободно писать	15	Jamboard	-	Не объектный	29	sBoard	-	Работает очень нестабильно
3	2	Bitpaper	-	Нет масштабирования	16	iDroo	+		30	Scratchwork.io	-	Нельзя работать с фигурами
4	3	Bramble.io	-	Не объектный	17	inVision	-	Нельзя установить фон "в клетку"	31	Scribblar	-	Нет масштабирования
5	4	Cacoo	-	Нельзя свободно писать	18	Lessonspace	+		32	Sketchboard	-	Нельзя работать с фигурами
6	5	Canvas chrome app	-	Не объектный	19	Limnu	-	Нельзя работать с фигурами	33	Sketchpad	-	Не векторный
7	6	Classroom Screen	-	Нельзя свободно писать	20	LiveBoard	-	Не объектный	34	Tutorialspoint	-	Не объектный
8	7	Collaboard	+		21	LucidChart	-	Нельзя установить фон "в клетку"	35	TutorRoom	-	Не объектный
9	8	ConceptBoard	+		22	Math Learning Center Whiteboard	-	Не объектный	36	Twiddla	-	Нельзя работать с фигурами
10	9	Deskle	+		23	Miro	+		37	Vedamo	-	Не бесконечное полотно
11	10	Draw.chart	-	Не объектный	24	Mural	-	Нельзя свободно писать	38	WhiteboardFox	-	Нельзя работать с фигурами
12	11	Explain Everything	-	Не объектный	25	Notebookcast	-	Не объектный	39	Whiteboard.chat	-	Не бесконечное полотно
13	12	GroupBoard	-	Не объектный	26	o-Whiteboard	-	Не объектный	40	Whiteboard.fi	-	Не бесконечное полотно
14	13	Gynzy	-	Нет масштабирования	27	Padlet	-	Нельзя свободно писать	41	Witeboard	-	Не объектный
15	14	Heyfli	-	Не объектный	28	Ryeboard	-	Нельзя установить фон "в клетку"	42	Ziteboard	-	Не объектный

Рис. 1. Таблица с результатами проверки онлайн-досок на соответствие требованиям

На основе эмпирических данных были разработаны следующие критерии:

1. Веб-приложение;
2. Бесконечное полотно;
3. Объектная векторная модель, то есть, каждый нарисованный элемент является объектом, который можно изменять, перемещать и т. д.;

4. Коллаборативность, то есть, доступ к онлайн-доске есть сразу у нескольких пользователей;
5. Возможность добавления геометрических фигур;
6. Возможность установки фона «в клетку»;
7. Функция масштабирования;
8. Свободное письмо. Поскольку основным функционалом некоторых из найденных приложений является построение диаграмм, в них для создания рисунка «от руки» необходимо добавлять его отдельно, через «Вставку» или аналогичным образом, что неприемлемо для целей обучения точным наукам.

После проверки решений на соответствие требованиям из 42-х сервисов осталось 6: Collaboard, Deskle, LessonSpace, ConceptBoard, IDroo и Miro.

Сравнительный анализ оптимальных продуктов. Среди предложений, упомянутых в таблице выше, есть одно, которое отвечает установленным требованиям, но не было учтено при анализе — платформа sBoard. Эта онлайн-доска обладает простым и лаконичным интерфейсом, богатым функционалом, уникальной опцией авторизации через российские социальные сети, но работает нестабильно и медленно, поэтому в данный момент не является пригодной к использованию. Теперь перейдём к описанию преимуществ и недостатков, выявленных в процессе анализа 6-ти самых оптимальных приложений.

1. Основной задачей, которую решает сервис *Collaboard*, является построение схем и диаграмм. В нём нет быстрого доступа к функциям, которые часто используются в процессе обучения математике (добавление геометрической фигуры на холст, выделение и перемещение объектов и др.), поэтому данное приложение будет не самым удобным помощником для учителя [3].

2. *Deskle* обладает такими же недостатками, как и sBoard. Несмотря на это, им можно пользоваться, но низкая скорость работы и периодические сбои будут сильно влиять на эффективность образовательного процесса [4].

3. *LessonSpace* соответствует разработанным минимальным требованиям, но при более детальном рассмотрении выяснилось, что этой виртуальной доски не хватает для решения многих задач, возникающих во время занятий. Например, толщину пера можно выбрать только из трёх предложенных вариантов, чего недостаточно при построении геометрических чертежей (количество доступных цветов также ограничено). Но главным минусом этого решения является отсутствие бесплатного тарифного плана с базовыми функциями, который есть у остальных приложений [5].

4. *ConceptBoard* позиционируется как решение для схем, диаграмм, графиков и прочего, но подходит и для визуального сопровождения обучения. По функциональности и удобству использования он превосходит вышеописанные сервисы, однако, небольшие трудности при работе с ним всё же возникают. Например, некоторые фигуры по умолчанию примагничиваются друг к другу, что удобно при построении диаграмм, но не при решении задач по геометрии, кроме того, в этой онлайн-доске нельзя быстро построить несколько отрезков, ломаную линию, что тоже замедляет процесс обучения [6].

5. *IDroo* обладает одним из самых удобных и минималистичных интерфейсов среди прочих, работает быстро, хотя и не всегда стабильно. Содержит весь базовый функционал, но лишён некоторых полезных мелочей, таких как пресеты ручек, большой выбор горячих клавиш и др. В нём нет возможности настроить управление, но тот единственный вариант, который предлагают разработчики, является, по моему мнению, одним из самых удобных для работы с мышью. Предусмотрена поддержка устройств с сенсорным экраном, но приложение не подготовлено для взаимодействия с ним с помощью тачпада [7].

6. *Miro* является модульным решением, так как стандартный функционал приложения пользователь может расширить, установив дополнительные плагины. С их помощью

можно настроить взаимодействие доски с различными сервисами или работать с элементами, которые недоступны в приложении по умолчанию. Но некоторых функций этой интерактивной доске всё равно не хватает (например, вращать можно только геометрические фигуры, а рукописные — нет, нельзя задать толщину пера с точностью до пикселя, поэтому, сменив толщину, невозможно вернуться к исходной). Также стоит отметить, что Miro работает медленнее других решений (между нажатием и выполнением действия присутствует ощутимая задержка) [8].

Итак, в ходе сравнительного анализа было установлено, что решения Collaboard, Deskle и Lessonspace не способны обеспечить эффективное сопровождение образовательного процесса в области точных наук. Далее были детально рассмотрены и сопоставлены технические характеристики оставшихся приложений (см. табл. 1). Это позволило определить среди них наиболее функционально богатого представителя, а также выявить возможности, которые не представлены ни в одной из исследуемых интерактивных досок.

Таблица 1

Сравнительная таблица функций интерактивных онлайн-досок

		ConceptBoard	IDroo	Miro
	Стабильность работы	+	-	+
	Скорость работы	+	+	-
Управление	Возможность настроить управление	+	-	+
	Навигация без клавиатуры	+	+	+
	Большое количество горячих клавиш	+	-	+
	"Карта" полотна	+	-	+
	Примагничивание к клеточкам	-	-	-
Рисование	Быстрая работа с геометрическими фигурами	-	+	-
	Возможность создания пресетов ручек	+	-	+
	Различные режимы ластика	-	-	-
	Точно настроить ширину пера	+	+	-
	Задать свой цвет	+	+	+
	Вставить формулу	-	+	-
Орг.	Бесплатный план	+	+	+
	Логин через соцсети	+	+	+

Таким образом, ни одно из приложений не имеет следующих функций:

1. Возможность стирать не только объекты целиком, но и части объектов. Так, во всех описанных решениях есть возможность удалить через выделение или стереть ластиком объект целиком (геометрическую или рукописную фигуру), но не его фрагмент. Пользователю приходится удалять объект и рисовать уже исправленный, что значительно замедляет процесс обучения;

2. Примагничивание фигур к линиям сетки. Такой функционал позволил бы повысить эффективность занятий по геометрии в целом, а также улучшить опыт при занятиях алгеброй (работа с координатной прямой, плоскостью, графиками функций).

Заключение. В ходе настоящего исследования были собраны и структурированы данные о существующих предложениях на рынке интерактивных онлайн-досок, определены преимущества и недостатки этих продуктов, разработан набор требований, являющихся

ключевыми при использовании онлайн-досок в сфере дистанционного обучения, на основе критериев были выбраны веб-приложения, которые лучше других подходят для преподавания точных наук, а также установлены важные функции, которых нет ни в одном из решений. Приложение, содержащие такие функции и лишённое указанных в анализе недостатков, позволило бы проводить занятия по математике и физике более качественно и продуктивно, поэтому исследование в этом направлении будет продолжено с целью разработать проект подобного приложения.

Список литературы

1. Khusid A. 2020: the year that tested our resilience and adaptability // Miro: blog [электронный ресурс]. 2020. URL: https://miro.com/blog/2020-the-year-that-tested-our-resilience-and-adaptability/ (дата обращения: 10.04.2021).
2. Khusid A. 10 million cursors, working together in Miro // Miro: blog [электронный ресурс]. 2020. URL: https://miro.com/blog/10-million-in-miro/ (дата обращения: 10.04.2021).
3. Collaborative online whiteboard // Collaboard [электронный ресурс]. URL: https://www.collaboard.app/ (дата обращения: 10.04.2021).
4. Deskle // Deskle [электронный ресурс]. URL: https://deskle.com/ (дата обращения: 10.04.2021).
5. Lessonspace [электронный ресурс]. URL: https://www.thelessonspace.com/ (дата обращения: 10.04.2021).
6. Collaborative online whiteboard // ConceptBoard [электронный ресурс]. URL: https://conceptboard.com/ (дата обращения: 10.04.2021).
7. Online educational whiteboard // IDROO [электронный ресурс]. URL: https://idroo.com/ (дата обращения: 10.04.2021).
8. An Online Visual Collaboration Platform for Teamwork // Miro [электронный ресурс]. URL: https://miro.com/ (дата обращения: 10.04.2021).

НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТАЛИ

Ю. В. Шанин [1], А. С. Бондарь[1], Ф. В. Чмиленко[1], Ци Чжан[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

[2]*Инженерный Институт Сюй Чжоу, Сюй Чжоу, Китай*

Аннотация. В статье предлагается решение задачи прогнозирования теплопроводности различных марок стали при различных температурах. Для решения этой задачи авторы рассматривают возможность использования нейронной сети, основанной на байесовском методе. Нейронная сеть была построена с использованием программного обеспечения Matlab. Целью данной статьи является определение оптимальной структуры сети для обеспечения наибольшей точности прогнозирования как на обучающем наборе, так и на тестовом наборе. Большое внимание уделяется анализу полученных результатов для различного числа скрытых нейронов и их сравнению с результатами других авторов. Установлено, что наибольшее влияние на величину теплопроводности оказывает величина температуры и соотношение легированных элементов. Полученные результаты имеют прямое практическое применение.

Ключевые слова: теплопроводность, сталь, байесовский метод, нейронная сеть, скрытый нейрон, Matlab, легирующие элементы, прогнозирование

Введение

В настоящее время в справочной литературе имеется ограниченное количество данных с приемлемой точностью о физических, электромагнитных и механических свойствах сталей. Таким образом, становится актуальной задача аппроксимации этих свойств на основе известных данных. Теплопроводность отличается от других свойств тем, что обладает наибольшим количеством экспериментальных данных. Методы искусственного интел-

лекта, включая использование нейронных сетей, хорошо зарекомендовали себя для решения данного круга задач.

H. K. D. H. Bhadeshia и D. J. C. Mackay были одними из первых по использованию нейронных сетей к задачам аппроксимации физических свойств стали [1]. Они применили программное обеспечение, разработанное D. J. C. Mackay для обучения нейронных сетей на основе байесовского подхода [2] к задачам материаловедения, в частности к определению теплопроводности стали в зависимости от концентрации определенных легирующих элементов и температуры. T. Filetin, I. Žmak, D. Markučič, и D. Novak не раз пытались решить данную проблему [3, 4]. Однако для создания обучающего набора они использовали очень небольшой набор источников [5-7]. M. J. Peet, H. S. Hasan и H. K. D. H. Bhadeshia в работе [8] также решили эту проблему с помощью программного обеспечения D. J. C. Mackay.

Данные для обучения и тестирования нейросети

Авторы данной статьи первоначально использовали исходные данные из [8, 9]. Однако, выявив недостатки в обучающем наборе, авторы приступили к созданию собственной базы данных для обучающих наборов. На данный момент база данных содержит 3049 значений теплопроводности при заданной температуре для более чем 300 марок сталей. Данные по обучающим наборам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обучающие данные

Переменная	Диапазон данных	
	[9] диапазон	Авторский диапазон
Входные переменные: химический состав		
C, %	0.00-1.22	0.0014-1.62
Mn, %	0.00-13.00	0.00-24.00
Ni, %	0.00-63.00	0.00-75.61
Mo, %	0.00-4.80	0.00-29.20
V, %	0.00-3.00	0.00-3.68
Cr, %	0.00-30.40	0.00-28.67
Cu, %	0.00-0.69	0.00-3.50
Al, %	0.00-11.00	0.00-5.15
Nb, %	0.00-3.00	0.00-4.25
Si, %	0.00-3.50	0.00-2.18
W, %	0.00-18.50	0.00-18.45
Ti, %	0.00-1.40	0.00-3.50
Co, %	0.00-55.90	0.00-46.22
P, %	0.00-0.04	0.00-0.35
S, %	0.00-0.05	0.00-0.26
Входная переменная: температура		
T, K	-200.00-1571.17	0.00-1200.00
Выходная переменная: теплопроводность		
q, $В \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$	10.90-83.82	9.60-79.97

Особенности применяемой нейросети

Для создания нейронной сети была использована программа Matlab Deep Learning Toolbox R. 2020b. Нейронная сеть имеет 16 входных параметров (легирующие элементы

стали в процентах и значение температуры) и один выходной параметр (теплопроводность). Порядок ввода данных соответствует таблице 1.

Оптимальное количество скрытых нейронов было оценено с помощью тестового набора, и оно находится в диапазоне от пяти до восьми. Структура разработанной нейронной сети с 8 скрытыми нейронами показана на рисунке 1.

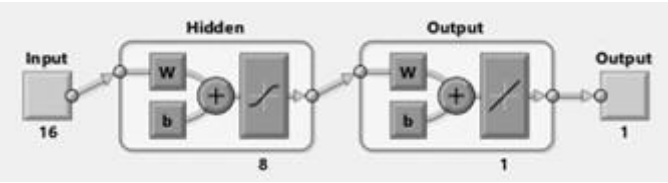


Рис. 1. Структура разработанной нейросети

Один тестовый набор [8] использовался для ранжирования сетей, другой – для окончательной верификации. На данном этапе исследований было решено найти по одной лучшей сети с перспективным диапазоном скрытых нейронов (от 5 до 8). Сети выбирались по максимальному значению коэффициента детерминации R_{2test} для тестового набора, когда этот коэффициент меньше коэффициент детерминации тренировочного набора R_{2train}.

Оценка влияния входных элементов

Следующий этап исследования был посвящен оценке влияния входных параметров. При реализации байесовского подхода D. Mackay [2] такая оценка происходит автоматически. В данной работе был использован алгоритм взвешивания соединений [10, 11].

Результаты исследования представлены на рисунке 2.

Анализ показал, что существенное влияние на теплопроводность стали оказывает величина температуры, а также процентное содержание никеля, молибдена и ниобия.

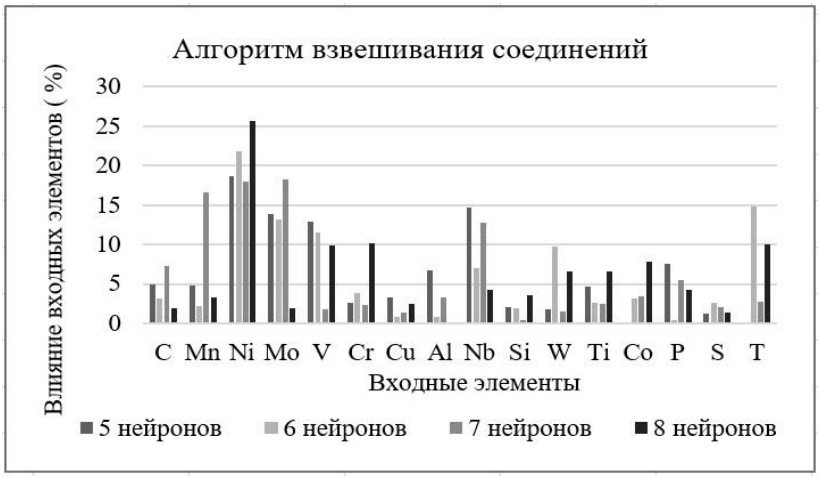


Рис. 2. Влияние входных элементов

Результаты моделирования сети

Для каждой из четырех конфигураций сети был выполнен поиск в 10 000 итераций. Результаты лучших сетей по описанному выше критерию приведены в таблице 2. Результат усреднения четырех сетей значительно лучше, чем у каждой из них. Это также лучше, чем результат работы сети, представленной в [8].

Таблица 2

Результаты проверки тестового набора

Параметры	Количество скрытых нейронов				Средняя	Сеть [9]
	5	6	7	8		
MSE	1.9953	1.8503	1.8338	1.8729	1.5607	4.8539
MAE	1.0712	1.0342	0.9663	1.1059	0.9471	1.8775
R2	0.9726	0.9746	0.9748	0.9743	0.98143	0.9555

В таблице 3 приведены результаты выбранных сетей на невидимом тестовом наборе. Следует отметить, что сеть с 8 нейронами превышает средние результаты. Усреднение работы нескольких сетей, если и не повышает точность, то повышает надежность для получения приемлемого результата.

Таблица 3

Результаты проверки тестового набора

Параметры	Количество скрытых нейронов				Средняя	Сеть [9]
	5	6	7	8		
MSE	1.9953	1.8503	1.8338	1.8729	1.5607	4.8539
MAE	1.0712	1.0342	0.9663	1.1059	0.9471	1.8775
R2	0.9726	0.9746	0.9748	0.9743	0.98143	0.9555

На рисунке 3 показано сравнение результатов для популярной нержавеющей стали 304L.

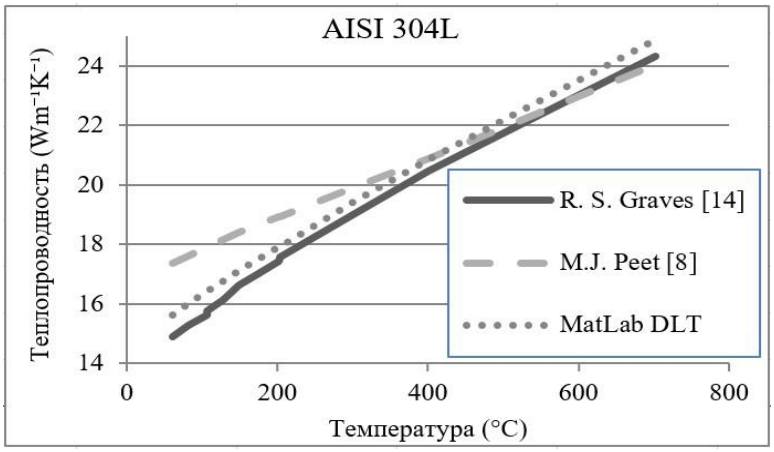


Рис. 3. Графики теплопроводности для AISI 304L

Заключение

Исследование подтвердило, что искусственные нейронные сети, созданные в программе MatLab Deep Learning Toolbox на основе байесовского подхода, могут успешно предсказывать теплопроводность сталей. Однако полученные результаты превысили результаты работы [8] в основном за счет увеличения объема обучающих данных. Поэтому для того, чтобы соответствовать возможностям программы D. Mackay [2], необходимо реализовывать дополнительные вычисления с использованием программного обеспечения Matlab, включающие работу с матрицей Гесса.

Благодарности

Авторы выражают благодарность авторам статьи [8] за открытый доступ к обученным нейронным сетям.

Список литературы

1. L. Gavard, H. K. D. H. Bhadeshia, D. J. C. MacKay. Bayesian neural network model for austeninte formation in steels. Materials Science and Technology, Vol. 12, June 1996.
2. Cavendish Laboratory, Cambridge. Available at: http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/bigback/ (accessed 10 June 2020).
3. Filetin, T., Žmak, I., Markučič, D., Novak, D.: Determination of the physical properties of heat treatable steels, Proceedings of the 8th Seminar of the International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering, Zagreb, 2001, pp. 399-406
4. Žmak, I., Filetin, T. (2010). Predicting thermal conductivity of steels using artificial neural networks. Transactions of FAMENA, 34(3): 11-20
5. Bugardt, K., Spyra, W.: Wärmeleitfähigkeit unlegierter und legierter Stähle und Legierungen bei temperaturen zwischen 20 und 700 ºC, Archiv für das Eisenhüttenwesen, 36 (4), 1965, pp. 1-11
6. Physical constants of same commercial steels at elevated temperatures, The British Iron and Steel Research Association, Butterworths Scientific Publ., London 1953.
7. Richter. Die Wichtigsten Physikalishen Eigenschaften von 52 Eisenwerkstoffen. Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf, 1973.
8. M.J.Peet, H.S.Hasan, H.K.D.H.Bhadeshia. Prediction of thermal conductivity of steel. International Journal of Heat and Mass Transfer Volume 54, Issues 11–12, May 2011, Pages 2602-2608.
9. Materials Algorithms Project Program Library. Available at: https://www.phasetrans.msm.cam.ac.uk/map/steel/programs/thermalmodel10.html (accessed 16 August 2020).
10. Julian D. Olden, Michael K. Joy b, Russell G. Death. An accurate comparison of methods for quantifying variable importance in artificial neural networks using simulated data. Ecological Modelling 178 (2004) 389–397.
11. Julian D. Olden, Donald A. Jackson. Illuminating the ‘‘black box’’: a randomization approach for understanding variable contributions in artificial neural networks. Ecological Modelling 154 (2002) 135–150.

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ

Аплачкина Е.А., Шевская Н.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. С развитием интернета всё больше людей стали интересоваться рисованием, т.к. появилось много самоучителей, онлайн-уроков и курсов, что приводит к более быстрому повышению навыка рисования. Начинающим художникам удобно делиться своим творчеством в сети, но не всегда можно получить объективную оценку своих навыков, а на художественную школу или занятия с учителем зачастую не хватает времени и денег. Рассматриваемая в данной статье модель является попыткой создать систему способную помочь людям оценить их произведения и усовершенствовать навыки рисования.

Ключевые слова: свёрточные нейронные сети, художественное произведение, модель

Введение

Сейчас почти каждый человек может мгновенно сфотографировать, что его окружает и показать это всему миру. Несмотря на все преимущества фотографий, человечество не перестало создавать картины, а даже наоборот, количество заинтересованных в развитии художественных навыков растет, но не у всех есть возможность получить объективную оценку своих произведений. Решить данную проблему могут помочь нейронные сети.

Модель, представленная в данной статье, создана на основе архитектуры InceptionV3[1], предобученной на ImageNet[2]. Было рассмотрено[3] несколько архитектур нейронных сетей, созданных для оценки изображений (фотографий). Выбор данной архитектуры был обусловлен тем, что такие модели для оценки изображений как NIMA: Neural Image Assessment[4] и Effective Aesthetics Prediction with Multi-level Spatially Pooled Features[5] основаны на Inception архитектуре.

Датасет

Для обучения и валидации разработанной модели был создан датасет, включающий в себя картины, разделенные на 6 категорий по признакам, благодаря которым можно классифицировать допущенные в картине ошибки или их отсутствие. Каждой категории присвоен свой порядковый номер: 0 – категория изображений без ошибок, 1 – категория изображений с заваленным влево горизонтом, 2 – категория нереалистичных изображений, 3 – категория изображений с заваленным вправо горизонтом, 4 – категория слишком темных изображений, 5 – категория слишком светлых изображений.

Описание разработанной модели

Для того чтобы полностью обучить InceptionV3 с нуля, сети требуется большое количество изображений в датасете и много времени для обучения, поэтому было принято решение дообучить нейросеть, уже предобученную на датасете ImageNet.

Для наилучшего извлечения признаков были настроены только верхние слои предварительно обученной модели, потому что в сверточной нейронной сети чем выше

уровень, тем он более специализирован. Цель тонкой настройки – адаптировать эти специализированные уровни для работы с новым набором данных. В разработанной модели были взяты слои InceptionV3 начиная с mixed6 и выше.

В качестве функции потерь была взята категориальная кроссэнтропия, т.к. она более всего подходит для классификации на несколько категорий.

Тренировка нейросети производилась средствами облачного сервиса Google Colab.

Экспериментальные результаты

В ходе эксперимента были классифицированы картины с помощью разработанной нейросети. Первой строкой выводится выходной вектор, второй строкой выводится сообщение о том, к какой категории относится изображение.

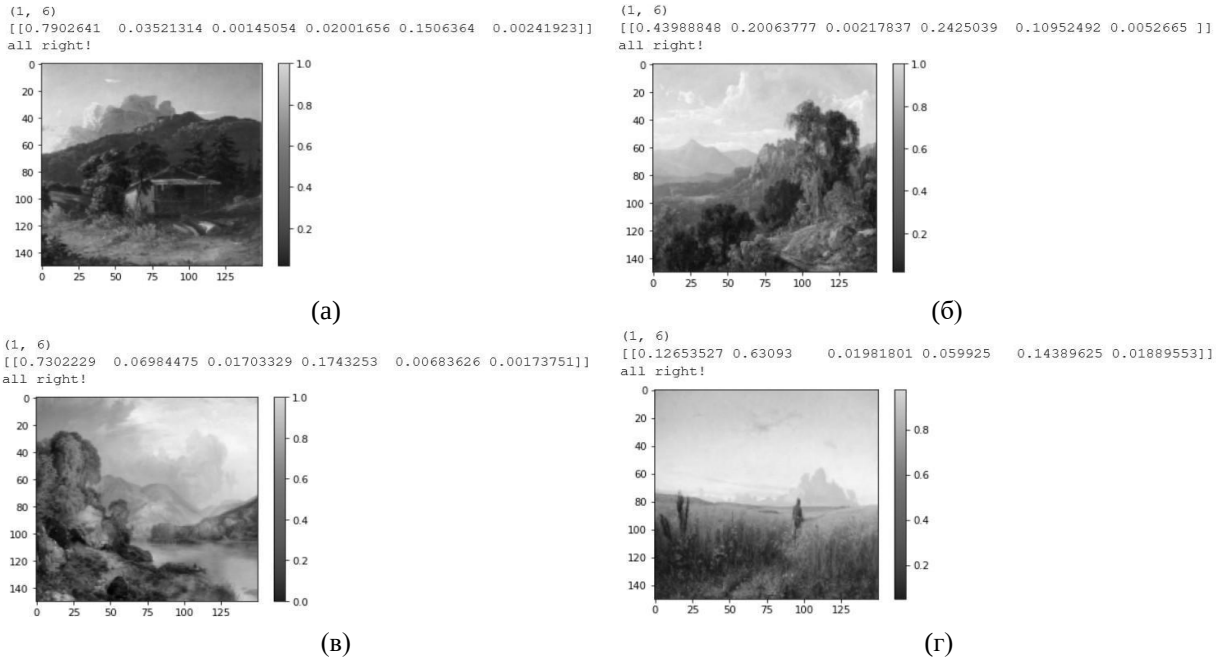


Рис. 1. Различные картины, классифицированные как «без ошибок». (а) верно определена категория несмотря на объект, находящийся в тени. (б) верно определена категория несмотря на рельеф, более выраженный справа. (в) верно определена категория несмотря на рельеф, более выраженный слева. (г) верно определена категория изображения без выраженного рельефа, с большим участком светлого неба.

Изначально опознанные как «без ошибок» изображения были преобразованы, вследствие чего стали принадлежать другой группе классифицируемых изображений.

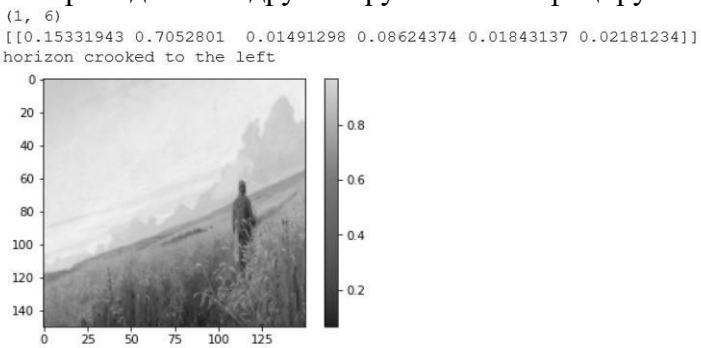


Рис. 2. Изображение, с заваленным налево горизонтом

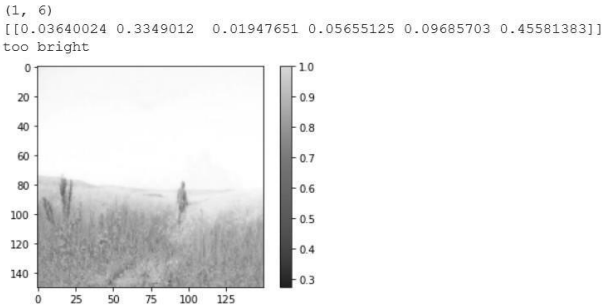


Рис. 3. Слишком светлое изображение

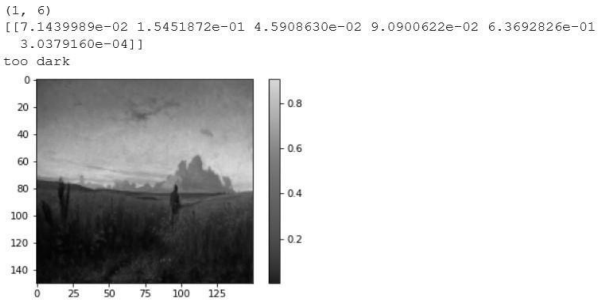


Рис. 4. Слишком темное изображение

Также модель может распознать реалистична картина или нет.

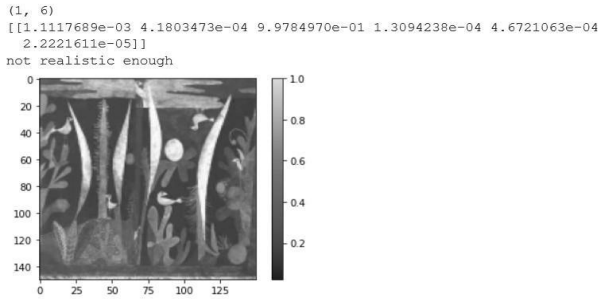


Рис. 5. Нереалистичное изображение

Характеристики

На рисунках 6 и 7 представлены графики точности и потерь соответственно. Темно-серый график – тренировочные данные, светло-серый график – валидационные данные.

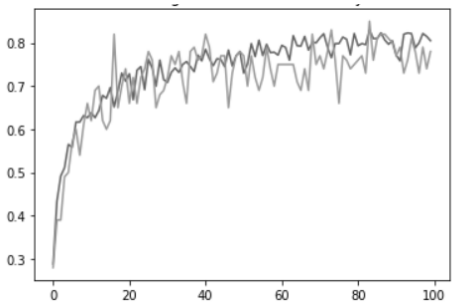


Рис. 6. График точности предсказаний на тренировочном и валидационном наборах данных

Был выполнен анализ того, насколько точно разработанная нейросеть определяет принадлежность изображений тестовой выборки к каждой категории. Результаты анализа

представлены в таблице 1. Тестовая выборка для каждой категории содержит 100 изображений и состоит из изображений не присутствующих в тренировочном датасете.

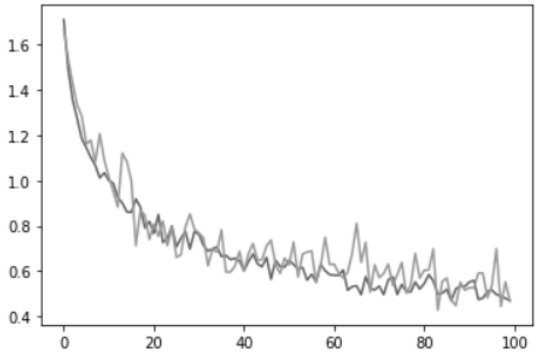


Рис. 7. График потерь на тренировочном и валидационном наборах данных

Таблица 1

Процент ошибок при определении категории изображений тестовой выборки

№ категории	0	1	2	3	4	5
Процент ошибочно определенных изображений, %	14	32	8	35	16	3

Из данной таблицы можно сделать вывод, что труднее всего нейросети определить, верно ли изображена линия горизонта в работе. Также можно посчитать, что средняя точность нейросети составляет 82%.

Заключение

В данной статье рассмотрена разработанная модель, оценивающая ошибки допущенные в художественных произведениях. Средняя точность обученной модели нейронной сети равна 82%, следовательно довольно высока вероятность правильно определить ошибку, допущенную в работе. Меньше всего точность распознавания ошибки изображения линии горизонта в работе, в дальнейшем планируется свести к минимуму данный недостаток, а также расширить количество выявляемых ошибок.

Список литературы

1. Inception V3 model for Keras. URL: https://github.com/keras-team/keras-applications/blob/master/keras_applications/inception_v3.py (дата обращения: 17.03.2021)
2. Deng J. et al. Imagenet: A large-scale hierarchical image database //2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – Ieee, 2009. – С. 248-255.
3. Aplachkina E.A., Belov V.A., Shevskaya N.V. Investigation of Approaches to Computerized Evaluation of Objects of Art, Proceedings of IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 2021.
4. Hossein Talebi, Peyman Milanfar, “NIMA: Neural Image Assessment”, 2018
5. V. Hosu. B. Goldlucke, and D. Saupe, “Effective Aesthetics Prediction with Multi-level Spatially Pooled Features”, 2019.

СРЕДСТВА АНАЛИЗА ИНТОНАЦИОННЫХ РИСУНКОВ РЕЧИ

Белоусов Е. О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе обозреваются существующие системы анализа речи на предмет способности определить и дать характеристику интонационного портрета по записи отрывка человеческой речи. Рассматриваются такие системы как «Speech Analyzer» (SIL Language Development) и «Компьютерная система анализа и интерпретации интонации речи» (Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси). Определяется возможность решения поставленной задачи указанными системами, выделяются сильные и слабые стороны каждой, предлагается направление дальнейшей работы в данной сфере.

Ключевые слова: интонация, публичные выступления, интонационный портрет, интонационная конструкция, паттерн интонации, интеллектуальные системы анализа речи.

Введение

Интонация – как совокупность мелодики, ритма, громкости, тембра и темпа речи [1], является одним из важных аспектов речи для устной коммуникации и публичных выступлений. Выбор интонации способен влиять на внимание слушателей, корректность понимания материала и общий объём его усвоения публикой. Одной из сложных задач анализа речи является анализ интонации. Интеллектуальные системы анализа речи призваны решить данную проблему.

Постановка задачи

Данная работа посвящена обзору существующих решений задачи определения и анализа интонационного рисунка человеческой речи. Представленные системы рассматриваются со стороны применимости алгоритма/программного продукта для анализа интонации (построения интонационного портрета и определения его характеристик). Необходимо определить преимущества и недостатки каждой системы, обозначить перспективы дальнейшей работы в данном направлении.

Интонационный рисунок речи

Интонационный рисунок (интонационная конструкция или паттерн интонации) – совокупность интонационных признаков, достаточных для дифференциации значений высказываний и передачи коммуникативного типа высказывания, смысловой важности его составляющих и актуального членения [2].

В общем случае рисунок интонации создаётся изменениями силы и высоты голоса, то есть частоты звукового сигнала [3]. Таким образом, интонационную конструкцию можно представить как зависимость частоты звукового сигнала речи от времени: чем выше частота, тем громче и выше голос оратора.

В данный момент, известно ограниченное количество интеллектуальных систем анализа речи, представляющих возможность получить и обработать данные об интонации речи по записанному аудиофайлу. Перейдём к их рассмотрению.

Speech Analyzer

«Speech Analyzer» – программное обеспечение (ПО) от команды разработчиков SIL Language Development, позволяющее проводить акустический анализ речи [4]. При помощи инструментов ПО «Speech Analyzer» исследователь может получить данные о

паттерне интонаций в речи, записанной в аудиофайле формата WAV (waveform audio file format). Пример получения паттернов интонаций представлен на рисунке 1.

Данный программный продукт доступен только для операционной системы (ОС) Microsoft Windows. Проект редко поддерживается командой разработчиков, об этом свидетельствуют отметки о датах выпуска новых версий в открытом репозитории с исходным кодом на сервисе GitHub [5]. Алгоритм построения интонационного рисунка по аудиофайлу разработчиками не документируется.

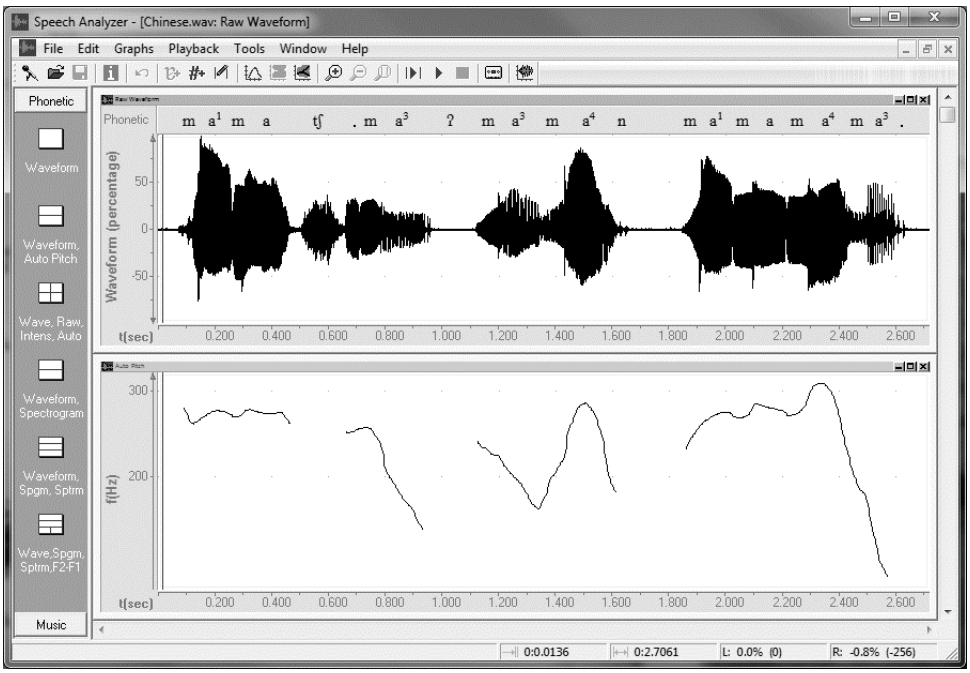


Рис. 1. Извлечение паттернов интонаций речи в ПО «Speech Analyzer» (сверху – форма сигнала с речью на китайском языке, снизу – рисунок интонации речи)

Рассматриваемая система предлагает легковесный функционал для первичного анализа аудиофайлов для построения интонационного рисунка речи. Подобный инструмент может быть полезен для быстрого анализа паттерна интонации в первом приближении, однако не даёт какой-либо другой полезной информации об этом рисунке и характере интонации в целом.

Компьютерная система анализа и интерпретации интонации речи

«Компьютерная система анализа и интерпретации интонации речи» (авторы: Б. М. Лобанов, В. А. Житко, Ю. А. Здоронок) – компьютерная система обучения речевой интонации, разработанная сотрудниками Объединённого института проблем информатики НАН Беларуси [6-7]. В основе системы лежат алгоритмы анализа и интерпретации интонации в произнесении, использующие концепцию универсальных мелодических портретов (UMP, universal melodic portraits) акцентных единиц для представления интонаций фраз.

Акцентные единицы – набор из одного или нескольких фонетических слов, состоящих только из одного полностью ударного слога. Состав [6-8]:

- предъядерная часть (все фонемы, предшествующие полностью ударному слогу);
- ядро (полностью ударный слог);

- заядерная часть (все фонемы, следующие за ядром).

Универсальные мелодические портреты (UMP) – набор нормализованных графиков зависимостей частоты аудиосигнала интонационной конструкции от времени (мелодические кривые) [8]. При этом нормализация по времени осуществляется путём приведения всех участков акцентных единиц к стандартной длине. Нормализация по частоте по следующей формуле:

$$F_0^N = (F_0 - F_{0\,min})/(F_{0\,max} - F_{0\,min}),$$

где F_0 – основной тон мелодической кривой, $F_{0\,min}$ – минимальное значение частоты основного тона, $F_{0\,max}$ – максимальное значение частоты основного тона.

Проводимые нормализации позволяют устранить различия мелодических кривых, связанные с индивидуальными особенностями голоса диктора/оратора/докладчика. Пример универсального мелодического портрета представлен на рисунке 2 [8].

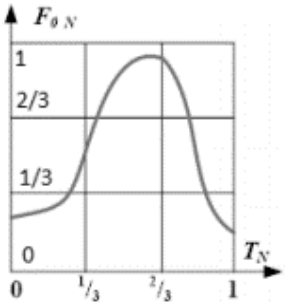


Рис. 2. Пример универсального мелодического портрета

Данное программное обеспечение разработано для обучения речевой интонации людей, изучающих иностранный язык. Суть работы заключается в сравнении интонации фразы, произнесённой учащимся, с той же фразой, записанной заранее, к примеру, учителем, из базы таких фраз. На рисунке 3 представлен результат работы – сравнение точности интонации учащегося и образца [7].

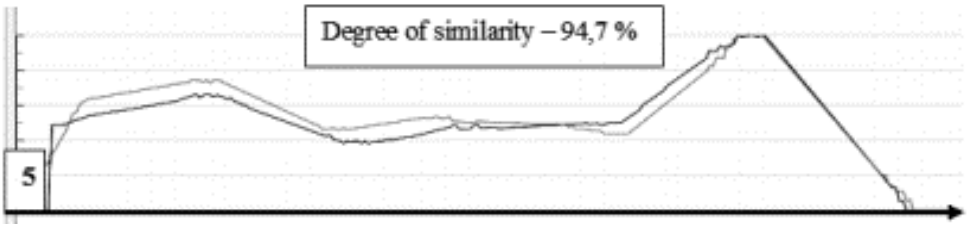


Рис. 3. Пример результата работы системы анализа и интерпретации интонации речи

Несмотря на то, что данная система интонационного анализа в приоритете направлена на сферу изучения иностранных языков (в частности, обучения речевой интонации), она позволяет выявлять интонационные и эмоциональные факторы речи человека, что также может послужить основой для создания механизма оценивания выбора интонации оратором.

Состояние задачи анализа интонации речи

Рассмотренные в данной работе системы анализа речи в большинстве предоставляют возможность построения интонационного рисунка речи человека. При этом «Компьютерная система анализа и интерпретации интонации речи» способна также сравнивать полученный интонационный паттерн с эталоном, записанным в некоторой базе данных.

Тем не менее, обе системы не предоставляют возможности получить некоторую характеристику интонации по полученному паттерну. Вследствие этого практическая польза получения интонационного рисунка падает. Отсутствие инструментов анализа паттернов может быть связано с рядом причин, например, интонационные конструкции в разных языках выглядят по-разному, что, в свою очередь, требует реализации анализатора под особенности интонационных конструкций определённого языка. Поэтому разработать систему, способную работать с записями речей на разных языках, задача трудоёмкая, такой функционал не представлен в рассмотренных программных продуктах. Однако, данную проблему можно начать решать с разработки анализатора под паттерны интонаций определённого языка, постепенно добавляя в будущем поддержку других, наиболее востребованных.

Кроме того, система анализа интонации способна приносить практическую пользу в составе других, более широких систем анализа и обработки речи. Примером таких систем являются тренажёры публичных выступлений. Как уже отмечалось ранее, интонация играет важную роль в устной коммуникации, так, если речь оратора монотонна, а интонации не соответствуют характеру излагаемого материала, то повествование становится тяжёлым для восприятия публикой. Одним из базовых критериев оценки качества интонации может стать величина разницы между локальными экстремумами в интонационном рисунке: если разность между экстремумами велика (допустимую разницу необходимо определить отдельно), то наблюдается резкая смена интонации в речи, следовательно, докладчику необходимо учесть это при следующем выступлении. На рисунке 4 изображён интонационный рисунок фразы «Как дела?», произнесённой женским голосом, график был получен средствами языка программирования Python и библиотеками для обработки звуковых сигналов libROSA и Parselmouth. Можно заметить, что резкие перепады интонации отсутствуют, а сам рисунок соответствует паттерну вопросительной фразы в русском языке (понижение интонации в середине фразы, затем повышение интонации к концу фразы).

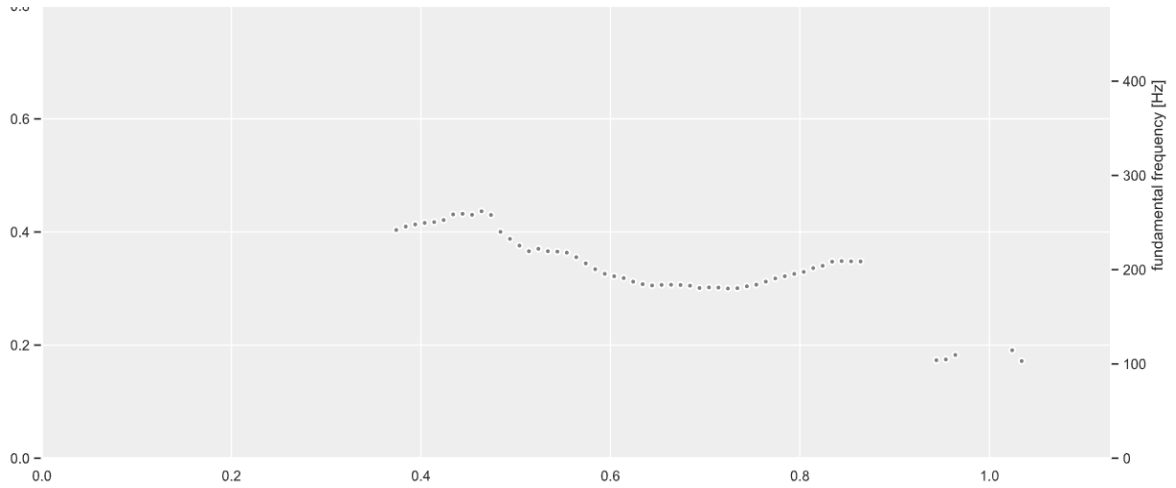


Рис. 4. Интонационный рисунок фразы «Как дела?», произнесённой женским голосом

Помимо этого, идею сравнения двух паттернов речи (натурного с эталонным), реализованную в «Компьютерной системе анализа и интерпретации интонации речи», можно расширить до сопоставления интонационного рисунка с информационным материалом,

озвученным на записи. Данный механизм позволит составлять комплексную оценку речи оратора, корректируя потенциальные недочёты.

Заключение

Рассмотренные в рамках данной работы информационные системы анализа интонации показали свою пригодность в сфере построения интонационного рисунка речи по записанному аудиофайлу, однако, из-за отсутствия средств комплексного анализа построенных рисунков, практическая польза продуктов падает. «Компьютерная система анализа и интерпретации интонации речи», разработанная сотрудниками Объединённого института проблем информатики НАН Беларуси, является наиболее продвинутой, предлагает полезный функционал сравнения натурного и эталонного интонационных рисунков. Ни одна из рассмотренных систем не решает в полной мере задачу определения и анализа интонационного паттерна человеческой речи. Выделены потенциальные направления развития решений данной проблемы.

Список литературы

1. Кодзасов С. В., Кривнова О. Ф. Общая фонетика. — М.: РГГУ, 2001. — 592 с.
2. Торсуева И. Г. Интонация // Лингвистический энциклопедический словарь / Главный редактор В. Н. Ярцева. — М.: Советская энциклопедия, 1990. — 685 с.
3. Жаркова Т.И. Интонация как звуковой рисунок в общении представителей иноязычных лингвосоциумов // Инновационное развитие профессионального образования. 2016. №1 (09).
4. Speech Analyzer: A computer program for acoustic analysis of speech sounds [Электронный ресурс]. URL: https://software.sil.org/speech-analyzer/ (дата обращения: 26.02.2021).
5. GitHub: Repository of “Speech Analyzer: A computer program for acoustic analysis of speech sounds” [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/sillsdev/SpeechAnalyzer (дата обращения: 26.02.2021).
6. Lobanov B., Zhitko V., Zdaranok Y. Computer-Based System Of Analysis And Interpretation Of Speech Intonation / International Congress On Computer Science: Information Systems And Technologies. – 2016. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/309741827_Computer-Based_System_Of_Analysis_And_Interpretation_Of_Speech_Intonation (дата обращения: 06.03.2021).
7. Lobanov B., Zhitko V. An Intelligent System of Speech Intonation Analysis and Training / Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: OSTIS-2018. – 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/324007335_An_Intelligent_System_of_Speech_Intonation_Analysis_and_Training (дата обращения: 06.03.2021).
8. Lobanov B., Tsirulnik L., Zhadinets D., Karnevskaya H. Language- and Speaker Specific Implementation of Intonation Contours in Multilingual TTS Synthesis / United Institute of Informatics Problems N.A.S & Minsk Linguistic State University. – Minsk, 2008. [Электронный ресурс]. URL: http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2014/materials/pdf/LobanovBMOkrutTI.pdf (дата обращения: 06.03.2021).

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Бимбетов Ф., Татарникова Т.М.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Рассматриваются популярные приложения с функциями геолокации и способы определения местоположения интересуемого объекта. Выявлены погрешности в определении геопозиции и геолокации мобильных устройств, в результате чего приложение может выдавать некорректные результаты. Предложен алгоритм, позволяющий избавиться от избыточных координат. Алгоритм основан на рекурсивной проверке значения точности калибровки координат.

Ключевые слова: приложение, геолокация, геопозиция, погрешность геолокационных данных, калибровка координат

Введение

Функция геолокации в мобильных приложениях позволяет клиентам эффективно планировать свое время, действия, выбор. Благодаря этой функции клиенту доступна не только описательная информация об интересуемом объекте, но и его привязка к местности [1].

Геолокация – это идентификация или оценка реального географического местоположения объекта, такого как мобильный телефон, базовая станция или любое другое устройство, подключенное к Интернету. Функция геолокации заключается в генерации набора географических координат местоположения объекта.

Самыми популярными в настоящее время приложениями с функциями геолокации являются [2,3]:

- Яндекс.Карты, Google Maps с наложенными мобильными сервисами, позволяющими определять пробки на дорогах;
- Instagram, Vkontakte, Facebook, так называемые **геосоциальные приложения, позволяющими** друзьям делится контентом на основе местоположения;
- UBER и LYFT, приложения, реализующие услуги по требованию – вызов такси, в котором водитель и абонент могут отслеживать местоположение друг друга на карте, подавать и принимать заявку на услугу, строить маршрут и т.п.;
- **приложения электронной коммерции** eBay, Amazon и другие, повышающие качество логистики, доставки, пользовательского опыта;
- **приложения для прогноза погоды**, например, Yahoo.Погода, использующие данные о местоположении пользователя или запрашиваемой местности;
- **приложения для поддержания здоровья, такие как** Runtastic и RunKeeper, позволяющие отслеживать физическую активность пользователя

и еще много других.

Способы определения местоположения

Для разработки мобильного приложения с функциями геолокации, нужны услуги по определению местоположения и карты [4]. Услуги добавляются с помощью API – набора правил для взаимодействия приложений с операционными системами. У каждой операционной системы есть свой набор API.

Существует несколько способов определения местоположения:

– по GPS с помощью сигналов со спутников. Мобильное устройство с включенной геолокацией непрерывно принимает сигнал не меньше, чем от 3-х спутников одновременно. Время, за которое пришел сигнал, умноженное на скорость, с поправками на неточности дает расстояние до объекта;

– с помощью вышек сотовой связи по технологии Cell ID (идентификатор соты). Идентификатор соты, которую использует клиент, находят в базе данных, что и является обозначением местоположения;

– при получении мобильным устройством комбинированной информации со спутника и сервера с помощью Assisted GPS. Передача происходит через интернет – по сотовой связи или Wi-Fi;

– по технологии “Bluetooth low energy” (BLE) с помощью маяков. Такой способ геолокации подходит для закрытых помещений и приложений, работающих без интернета. Маяки устанавливают в магазинах, музеях, аэропортах, чтобы оповещать клиентов о важной информации, имеющей отношение к конкретному месту и/или времени.

– с помощью беспроводной сети Wi-Fi, когда включенные в устройстве функции GPS и Wi-Fi определяют местоположение пользователя и активную Wi-Fi-сеть. В дальнейшем для геолокации достаточно включенного Wi-Fi.

– система оповещения Геофенсинг при пересечении пользователем виртуального периметра, установленного вокруг определенных точек на географической или топографической карте, или карте объекта. Например, если ребенок покидает обозначенную зону, приложение с геофенсингом предупреждает родителей; работодатель может узнавать о прибытии и уходе с работы сотрудников. С помощью геофенсинга приложение для умного дома снизит температуру обогрева помещения, если оно пустое.

Математическая модель корректного определения местоположения

При разработке приложений должно быть дано описание использования геолокации. Например: проложить путь, пройденный за определенное время, сделать расчеты по количеству шагов, расстояния, сожженных калорий и т.п.

Поскольку геолокационные данные имеют определенную погрешность, то при обработке исходных данных получается не полная картина происходящего. Для получения точных результатов, нужно корректно обрабатывать исходные данные, которые предоставляются в качестве координат широты и долготы [5].

Рассмотрим мобильное приложение "Такси". Мобильное приложение в смартфоне получает геолокационные данные и начинает обработку координат с прорисовкой оптимального маршрута и поиском ближайшего автомобиля. На примере этого приложения выявлены некоторые погрешности в определении геопозиции и геолокации мобильных устройств.

Первая погрешность – установление геолокации – заключается в том, что когда пользователь, например смартфона с включенным приложением, которое отслеживает геолокацию находится в одном местоположении (не двигается), то приложение получает массив координат за n-ое время, что свидетельствует об активности пользователя. Таким образом, при считывании геолокационных данных со смартфона возникают погрешности установления координат. При просмотре выстроенного пути, пройденного пользователем за определенный промежуток времени, он получает ломанную характеристику, которая сигнализирует о том, что пользователь не находился только на одном месте.

Вторая погрешность – определение геопозиции – заключается в дискретных координатах, возникающих в определенных местностях и которые сами по себе содержат погрешность определения геопозиции.

Для решения первой задачи по устранению некорректно полученных координат разработана математическая модель. Ее суть заключается в том, что весь массив координат разбивается на массивы по n координат, где n можно будет в дальнейшем задавать при переводе в программный код.

Пусть a_1, a_2, a_3, ..., a_n – это координаты местоположения объекта, S – это значение точности калибровки координат, в метрах. Выполняя перебор координат внутри каждого массива, производится расчет расстояния S до тех пор, пока расстояние между координатами не станет меньше заданного S. Как только расстояние между рассматриваемыми координатами a_i и (a_{i+k}), $i,k<n$ становится больше S, то начинается рекурсивный подсчет расстояния между координатами (a_{i+1}) и (a_{i+2}), (a_{i+3}), (a_{i+4}), …, a_k, затем между (a_{i+2}) и (a_{i+3}), (a_{i+4}), ..., a_k и так далее. Если расстояние между (a_{i+1}) и (a_{i+2}) меньше S, то координата (a_{i+1}) удаляется из массива, что позволяет избавиться от избыточных координат.

В настоящее время предложенный алгоритм внедряется в альтернативное приложение и планируется проведение натурного эксперимента для подтверждения корректности работы предложенного алгоритма.

Список литературы

1. Стрельникова А.В., Бурова А.А. Геолокация в исследовательских целях: геометки как источник данных // ИНТЕРАКЦИЯ. ИНТЕРВЬЮ. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ. 2020. Т. 12. №2. С. 65-80. DOI: 10.19181/inter.2020.12.2.4
2. Иванова К.А. Право граждан на защиту геолокации и конфиденциальность в сети Интернет // Актуальные проблемы российского права. 2020. Т.15. №9. С. 32-38.
3. Татарникова Т.М., Степанов С.Ю., Петров Я.А., Сидоренко А.Ю., Вагизов М.Р. Концептуальная модель анализа состояния территорий по данным дистанционного зондирования Земли // Информация и космос. 2020. № 3. С. 124-130.
4. Иванов А.Е., Лясин Д.Н. Синтез технологии дополненной реальности и геолокации для создания навигационных мобильных приложений // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru/2016/article/2016018318 (дата обращения: 23.04.2021).
5. Баринов В.Р. Оптимизация работы с массивами при помощи кривой Гильберта на примере геолокации // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 5. URL: http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18939 (дата обращения: 23.04.2021).

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ВЫРАЖЕНИЯ ЛИЦА НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Дементьев М.Е., Борисенко К.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье описан процесс создания и реализации алгоритма машинного обучения, позволяющего распознать выражение лица и мимику человека в режиме реального времени. По результатам проведенной работы была создана модель нейронной сети, удовлетворяющая поставленным требованиям. Заключительным этапом стала оценка результатов работы полученной модели.

Ключевые слова: распознавание мимики, машинное обучение в мобильной разработке, интеллектуальный анализ данных в обработке видео.

Цифровые технологии стали неотъемлемой частью современной жизни. Важным элементом цифрового общества является искусственный интеллект, который выполняет множество функций в профессиональной деятельности и повседневной жизни человека. В последние годы на новый уровень выходит машинное обучение в мобильной разработке [1]. Широко востребованным направлением становится, в частности, распознавание человека на изображении. Данная технология может быть использована в приложениях дополненной реальности для взаимодействия с виртуальными объектами, создании усовершенствованных игровых механик. Кроме того, большое распространение она может получить среди людей с ограниченными возможностями и тех, кто перенес тяжелые заболевания, так как сделает возможным создание интерфейсов управления при помощи мимики и поможет в реабилитации. [2]. Исходя их вышесказанного, одной из актуальных и важных задач машинного обучения является разработка алгоритмов по распознаванию выражения лица человека на мобильных устройствах.

В настоящей работе рассматриваются основные этапы разработки и реализации алгоритма машинного обучения для создания новых возможностей взаимодействия с мобильным телефоном в режиме реального времени при помощи мимики человека.

В ходе предварительной подготовки создания алгоритма была проделана работа по обзору аналогов, выбору метода решения, сбору данных и их обработке [3].

Дальнейшая работа по созданию и реализации алгоритма нейронной сети по распознаванию мимики человека осуществлялась в несколько этапов.

Выбор и описание архитектур нейронных сетей. Для выполнения этой задачи были использованы две нейронных сети. Первая – для детектирования лиц (BlazeFace), вторая – для классификации эмоций (MobileNetV2) (рисунок 1).

Рис. 1. Алгоритм распознавания эмоций

- BlazeFace

В качестве нейронной сети для детектирования лиц была выбрана BlazeFace [4]. Данная платформа от Google специально адаптирована и оптимизирована для вывода на мо-

бильных графических процессорах. Она использует адаптированную из среды Shot Multibox Detector (SSD) и обладает микросекундным временем отклика, в то время как классические методы поиска лица на изображении (Виоллы-Джонса или Гистограммы направленных градиентов (HOG)) такими критериями не обладают. Блоки архитектуры представлены на рисунке 2.

- MobileNetV2

Для классификации эмоций была использована такая архитектура сверточной сети как MobileNetV2 [6]. Данная архитектура тоже адаптирована для использования машинного обучения на мобильных устройствах и подходит для решения задачи классификации изображений. Расширяющийся сверточный блок MobileNet (expansion convolution block) состоит из трех слоев:

1) Точечная свертка (pointwise convolution) с большим количеством каналов, которая отображает входной тензор в пространстве большой размерности.

2) Глубинная свертка (depthwise convolution) с ReLU6-активацией [7]. Данный слой, в зависимости от шага свертки (stride), формирует новый тензор без смены числа каналов.

3) Слой узкого места (bottleneck layer). Свертка 1*1 с линейной функцией активации, основная цель которой – понизить число каналов. Блоки сверточной сети MovileNetV2 представлены на рисунке 3.

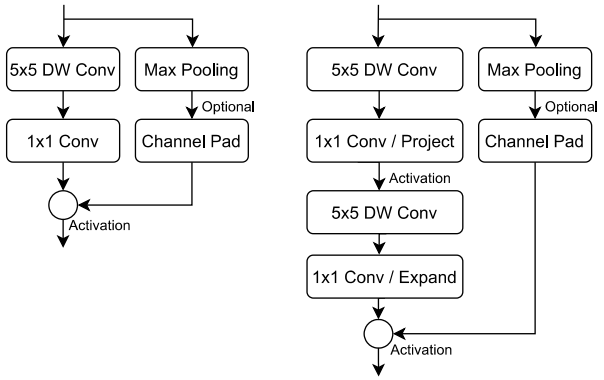


Рис. 2. BlazeBlock (слева) и двойной BlazeBlock

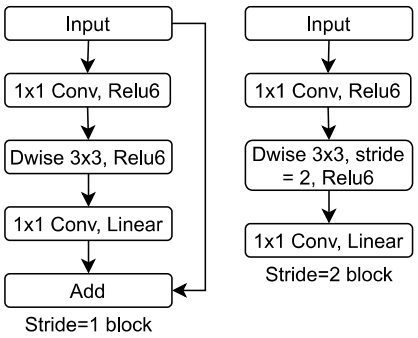


Рис. 3. Сверточный блок MobileNetV2 со сдвигом (stride)

Обучение нейронной сети в рамках нескольких экспериментов.

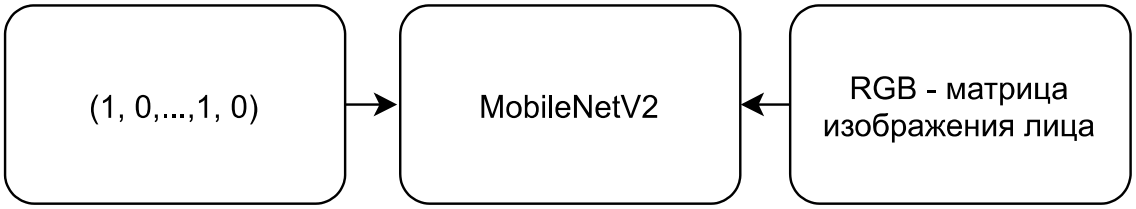


Рис. 4. Исходные данные для обучения MobileNetV2

Процесс обучения нейронной мульти-лейбл сети с архитектурой MobileNetV2 состоял из подачи на вход наборов. Каждый набор состоит из двух элементов – изображение и кортеж. Изображения были обработаны ранее и преобразованы в RGB формат; кортеж со-

ответствует эмоции, представленной на изображении (рисунок 4). Для обучения классификатора была использована функция потерь focal loss, которая применяется при несбалансированных выборках.

Во время обучения нейронной сети был проведен ряд экспериментов:

- Обучение на 1/6 части выборки (рисунки 5-10).

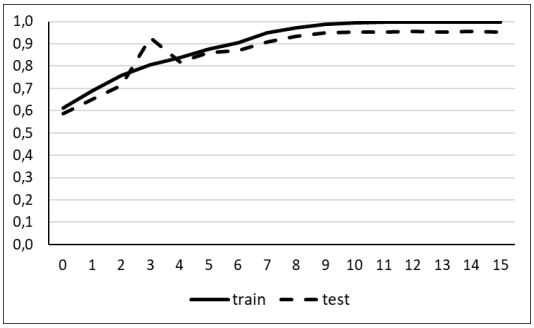


Рис. 5. Точность (accuracy). Эксперимент №1. 1/6 часть выборки. Без аугментации

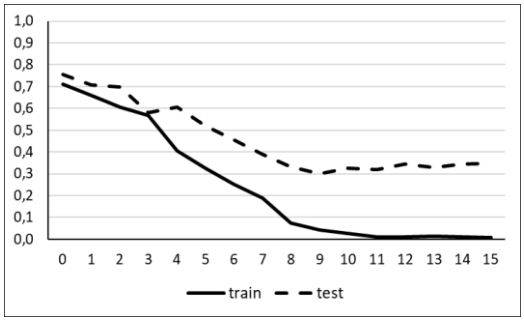


Рис. 6. Потери (loss). Эксперимент №1. 1/6 часть выборки. Без аугментации

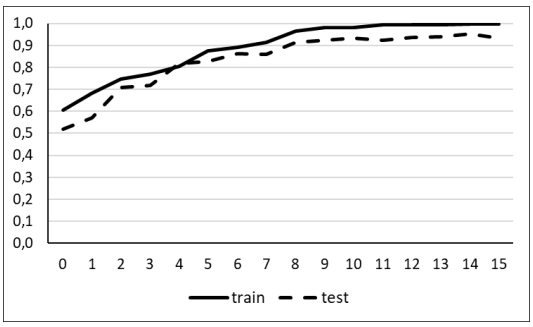


Рис. 7. Точность (accuracy). Эксперимент №2. 1/6 часть выборки. Без аугментации.

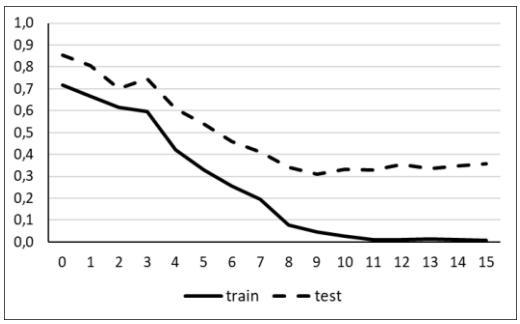


Рис. 8. Потери (loss). Эксперимент №2. 1/6 часть выборки. Без аугментации.

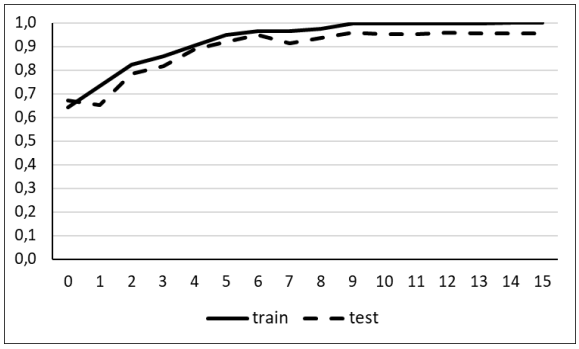


Рис. 9. Точность (accuracy). Эксперимент №3. 1/6 часть выборки. Без аугментации.

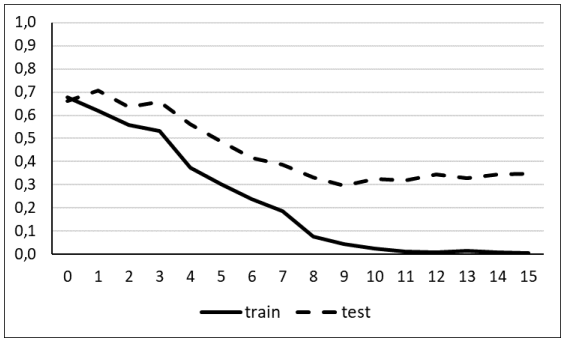


Рис. 10. Потери (loss). Эксперимент №3. 1/6 часть выборки. Без аугментации.

- Как видно из результатов предыдущих экспериментов, обучение на 1/6 части выборки привело к переобучению во всех трех случаях. Исходя из этого, следующим экспериментом стало обучение на 5/6 части выборки. Переобучения не происходило, поэтому процесс продолжался вплоть до 180 эпохи. Результаты представлены на рисунках 11-12.
- На результатах предыдущего эксперимента (№4) были замечены сильные скачки на тестовой выборке. Исходя из этого было предпринято решение произвести обучение на той

же части выборки, но с применением аугментации (Heavy Augmentation) [8]. Результаты последнего эксперимента представлены на рисунках 13-14.

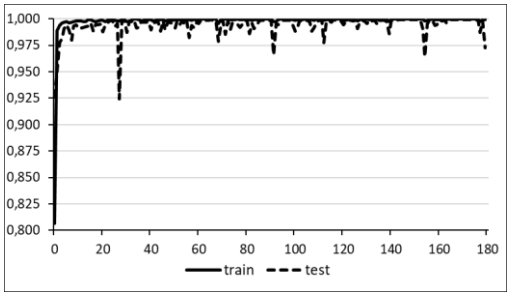


Рис. 11. Точность (accuracy). Эксперимент №4. 5/6 часть выборки. Без аугментации.

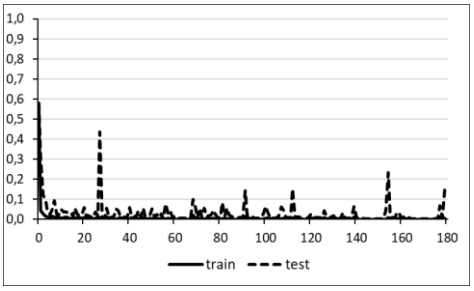


Рис. 12. Потери (loss). Эксперимент №4. 5/6 часть выборки. Без аугментации.

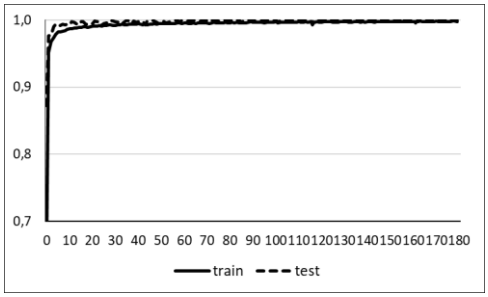


Рис. 13. Точность (accuracy). Эксперимент №5. 5/6 часть выборки. С использованием аугментации.

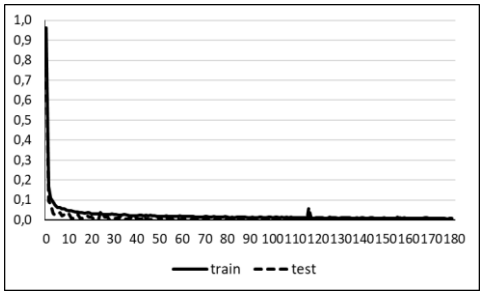


Рис. 14. Потери (loss). Эксперимент №5. 5/6 часть выборки. С использованием аугментации.

Как видно из проведенных экспериментов, большой объем обучающей выборки смог предотвратить переобучение модели, а использование аугментации минимизировало скачки на тестовой выборке.

Таким образом, реализация алгоритма распознавания выражения лица на мобильных устройствах осуществлялась в несколько этапов:

- Создание алгоритма нейронной сети для распознавания выражения лица человека, который учитывает ограничения мобильных устройств и способен работать на них.
- Описание выбранных архитектур нейронных сетей.
- Обучение нейронной сети в рамках нескольких экспериментов.
- Оценка результатов работы полученной модели.

Результатом проведенной работы стало создание модели нейронной сети по распознаванию комбинированной мимики человека. Точность распознавания после последнего эксперимента с применением аугментации на тестовой выборке составила, в среднем, больше 99.95%. Достоинством данной модели является возможность интеграции в мобильное устройство, а также работы на нем в режиме реального времени. Дальнейшим этапом работы станет внедрение полученной модели в мобильное IOS/Android-приложение ВКонтакте. Результат данной работы будет использоваться в видеозвонках для детектирования эмоций и для игровых механик в Клипах.

Список литературы

1. Топ-5 сфер применения систем распознавания объектов (2018). Available at: https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/433544/

2. Психоэмоциональный тренажер, восстанавливающий мимику у людей, перенесеших инсульт (2020). Available at: http://profil.mos.ru/inj/proekty/2020-06-17-14-16-18.html

3. Дементьев М.Е., Борисенко К.А. Разработка алгоритма распознавания выражения лица на мобильных устройствах: этап сбора и обработки данных // Сборник докладов студентов и аспирантов на научно-техническом семинаре кафедры МОЭВМ. СПб, 2021. С. 40-44.
4. Машинное обучение в мобильной разработке: перспективы и децентрализация (2019). Available at: https://habr.com/ru/company/piter/blog/450798/
5. Google BlazeFace Performs Submillisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs (2019) Available at: https://medium.com/syncedreview/google-blazeface-performs-submillisecond-neural-face-detection-on-mobile-gpus-ff012b8afe87
6. Polling Pyramid Network for Object Detection (2018). Pengchong Jin, Vivek Rathod, Xiangxin Zhu
7. MobileNet: меньше, быстрее, точнее (2018). Available at: https://habr.com/ru/post/352804
8. Convolutional Deep Belief Networks on CIFAR-10 (2010). Alex Krizhevsky
9. Example: Basics. Heavy Augmentation (2020). Available at: https://imgaug.readthedocs.io/en/latest/source/examples_basics.html#heavy-augmentations

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Дерябина П.С., Шевская Н.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье описаны особенности использования рекомендательных алгоритмов для торговых автоматов (вендинговых машин). Вендинговая машина – это автомат со значительно ограниченным ассортиментом продуктов, как правило, одного-двух типов (закуски, сигареты, линзы), используемый в обычном режиме, который также не предоставляет никакой дополнительной информации о покупателе, что накладывает некоторые ограничения на прогнозирование релевантных продуктов. Для увеличения спроса на продукцию вендинговых машин предлагается рассмотреть применение современных методов машинного обучения в области рекомендации продукции в вендинговой торговле. В работе приводится описание прогнозирующей релевантные товары модели, использующей ансамблевый подход на основе бэггинга и случайного леса. Предложенная модель протестирована на различных наборах данных и достигает 78% точности.

Ключевые слова: вендинговая машина, машинное обучение, ансамбль методов

Введение

С повышением доли цифровизации в современном мире методы машинного обучения приобретают все большую популярность в различных сферах жизни человека, в том числе в такой сфере экономики, как вендинговая торговля. Эффективный метод увеличения продаж – построение рекомендательных систем, но зачастую рекомендательные системы подразумевают сбор информации о пользователях, пользующимися услугами торговых точек. Устройство вендинговой машины не предполагает возможности предложить рекомендацию по конкретному продукту, выбранному по какому-либо алгоритму среди всех других продуктов, так чтобы покупатель мог отдельно обратить внимание на данный товар. Все товары, содержащиеся в вендинговой машине, сразу доступны для выбора, ограниченный ассортимент товаров позволяет покупателю быстро просмотреть все товары и выбрать тот, который ему нужен. Таким образом, задача рекомендаций в вендинговой торговле сводится к формированию особого ассортимента товаров, который будет располагаться в торговом автомате и который будет учитывать предпочтения покупателей, свойственных расположению того или иного торгового автомата.

Сбор информации о продажах вендинговой машины

В начале торговых операций, при первоначальной настройке торгового автомата на новом месте отсутствуют какие-либо данные о продажах, и предпочтения клиентов в таком месте расположения торгового автомата, как правило, недоступны. Тем не менее, в качестве набора продуктов, отвечающего универсальным требованиям покупателей, можно выбрать набор продуктов, охватывающий как можно больше атрибутов. Для выбора такого подмножества продуктов, которое содержит наибольшее количество атрибутов, формулируется задача покрытия множества [1]. В этой статье не обсуждаются методы решения задачи покрытия, предполагается, что начальный набор товаров удовлетворяет условию универсальности.

Далее запускается работа вендинговой машины с универсальным набором продуктов, и в результате через некоторое время работы торгового автомата появляется множество транзакций, из которых можно извлечь информацию об актуальности того или иного продукта. Вид информации, которую необходимо извлечь, представляет собой соответствие каждому продукту его продаж, которые характеризуют популярность товара в данном месте.

Ансамблевый подход

Для получения лучшей точности предсказания используется ансамбль алгоритмов – совокупность алгоритмов, обучаемых различным образом совместно, все результаты которых впоследствии будут учтены в финальном прогнозе (путем усреднения или голосования). Модель называется сильной, если она допускает минимальное количество ошибок классификации, слабая же модель не является точной и допускает некоторое количество ошибок. Задача ансамбля на основе слабых моделей построить сильную.

Чтобы создать какое-то количество слабых моделей, был применен подход бутстрэпа [2]. Подход заключается в следующем: из исходной выборки X размера N генерируется какое-то заданное количество выборок размера A путем случайного выбора элементов с возвращением из исходного множества X. При достаточно больших значениях N и A полученные выборки размера A будут иметь истинное неизвестное распределение множества X.

Далее опишем подход, называемый бэггингом. Множество слабых моделей в данном подходе обучаются независимо на независимых выборках, которые получаются в результате применения подхода бутстрэпа. После обучения имеем A слабых моделей w_1, …, w_A, по которым вычисляем итоговое значение предсказания – среднее этих значений.

Случайный лес

В качестве слабых моделей в данной работе были выбраны деревья решений [3]. Данные с большим количеством признаков удобно классифицировать с помощью деревьев с большим значением глубины, но большое значение глубины может приводить к переобучению, агрегация же таких деревьев с помощью методов бэггинга может решить эту проблему. Случайный лес – совокупность деревьев решений в качестве слабых моделей в методе бэггинга.

Дерево решений – это структура данных в виде дерева, в вершинах которого находятся вопросы вида «Если.., то..», а ребра такого дерева в зависимости от ответа на вопрос родительской вершины перенаправляют к следующей вершине (вопросу) до тех пор, пока не попадется лист, который отвечает на вопрос какому классу принадлежит

данная точка, прошедшая весь путь от корня к данному листу. Таким образом, путь от корня к листу может быть только один и пример (точка данных), должен удовлетворять всем условиям, находящимся в вершинах этого пути.

Общие принципы построения правил деревья решений:

На вход в вершину подается подвыборка размеченных данных. В случае если все данные соответствуют одному классу, то вершина считается листом, который классифицирует примеры, прошедшие до данного листа, соответственно тому классу, которому принадлежит подвыборка данных.

Если на вход в вершину подается подвыборка, соответствующая разным классам, то далее выбирается один признак A_i подвыборки. Предполагается, что разные классы чаще будут содержать разные значения выбранного признака A_i, и тогда можно сформировать множество $(a_1, a_2, \dots, a_p)$ где a_i – уникальное значение признака, i – число уникальных значений признака. Далее формируется множество подмножеств $(S_1, S_2, \dots, S_p)$, состоящее из множеств с одинаковым значением выбранного признака A_i. Данные подмножества будут являться входами для следующих вершин, в которых вышеописанный алгоритм будет повторяться, пока вершина не станет листом.

Признак, по которому будет происходить разбиение, выбирается простым перебором среди всех признаков на основании критерия. В данной работе был использован критерий Джини [4].

Использованные данные

Для тестирования модели были использованы три набора данных продаж разных категорий: товары продуктовых магазинов [5], товары супермаркета [6], нижнее белье [7]. Характеристики данных приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики разных наборов данных

Набор данных	Число записей	Число признаков	Измерение продаж
Товары продуктового магазина	10000	6	Число продаж
Товары супермаркета	30000	7	Число продаж
Товары нижнего белья	120000	400	Рейтинг покупателя

Как видим, продажи для товаров нижнего белья измеряются в рейтинге, который каждому товару дал покупатель. Было решено прогнозировать именно значение рейтинга, высокое значение которого соответствует высокому значению продаж и отражает предпочтения покупателей, свойственные конкретной локации автомата.

Несмотря на то, что в предложенных данных часто встречается информация о покупателях (идентификаторы конкретных покупателей, варианты оплаты заказов), такая информация не была использована в данной статье, так как исходная задача не предполагает наличия такого рода данных.

Результаты

Результаты работы вышеописанной модели для трех наборов данных разного типа сведены в таблицу 2. В качестве точности предсказания модели принимается

коэффициент детерминации $R^2 = 1 - \frac{u}{v}$, где $u = \sum(\tilde{y}_i - y_i)^2$, $v = \sum(\bar{y} - y_i)^2$, где $\tilde{y}_i$ – предсказанные значения продаж, y_i – истинные значения продаж, $\bar{y}$ – среднее истинных значений продаж.

Таблица 2

Точность модели для разных наборов данных

Набор данных	Точность модели
Товары продуктового магазина	81%
Товары супермаркета	75%
Товары нижнего белья	91%

Как видно, результирующая точность модели достигает наибольшего значения на данных о нижнем белье, это может быть связано с тем, что именно эти данные имеют самый большое число записей и число признаков.

Заключение

Рассмотренный ансамблевый подход в задаче рекомендации вендинговой продукции предлагает способ формирования набора товаров для конкретных вендинговых машин. Предложенная модель учитывает особенности вендинговой торговли: отсутствие информации о пользователе, ограниченный ассортимент товаров примерно одного вида. Также описанная модель достигает максимальной точности 91% на данных о товарах нижнего белья, в связи с чем отмечается необходимость дальнейшей работы в области разработки модели предсказания релевантных товаров для вендинговых машин, а именно: исследование пространства параметров разработанной модели, исследование пространства признаков данных для обучения с целью выявления каких-либо зависимостей, поиск новых подходящих данных для обучения.

Список литературы

1. Deryabina P. S., Iolshina V. M., Markova A. V., Shevskaya N. V., Belov V. Challenges and Perspectives of Recommender Systems in Vending Machines //2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). – IEEE, 2021. – С. 284-289.
2. Efron B., Tibshirani R. The bootstrap method for assessing statistical accuracy //Behaviormetrika. – 1985. – Т. 12. – №. 17. – С. 1-35.
3. Somvanshi M. et al. A review of machine learning techniques using decision tree and support vector machine //2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA). – IEEE, 2016. – С. 1-7.
4. Lerman R. I., Yitzhaki S. A note on the calculation and interpretation of the Gini index //Economics Letters. – 1984. – Т. 15. – №. 3-4. – С. 363-368.
5. Датасет «Corporación Favorita Grocery Sales Forecasting» [Электронный ресурс] URL: https://www.kaggle.com/c/favorita-grocery-sales-forecasting/overview (дата обращения 12.04.2021).
6. Датасет «Brazilian E-Commerce Public Dataset by Olist» [Электронный ресурс] URL: Brazilian E-Commerce Public Dataset by Olist | Kaggle (дата обращения 12.04.2021).
7. Датасет «Innerwear Data from Victoria's Secret and Others» [Электронный ресурс] URL: https://www.kaggle.com/PromptCloudHQ/innerwear-data-from-victorias-secret-and-othersoverview (дата обращения 12.04.2021).

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ПОИСКА ПЛАГИАТА В GIT-РЕПОЗИТОРИЯХ

Есиков О.И.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В этой работе выполнен обзор следующих методов выявления плагиата в исходных кодах программ: строковые методы, метрические методы, метод отпечатков, алгоритм Хескела, алгоритм жадного строкового замощения. Выполнено сравнение этих методов на основе сформулированных критериев для поиска плагиата в git-репозиториях. В результате установлено, что наиболее подходящим является использование сразу двух алгоритмов для разных задач: метод отпечатков или алгоритм Хескела для поиска схожих файлов, алгоритм жадного строкового замощения для поиска схожих фрагментов исходного кода. Представлены основные идеи, используемые при реализации web-приложения для поиска плагиата в github-репозитории.

Ключевые слова: плагиат, исходный код, github

I. Введение

С каждым годом количество проектов с открытым исходным кодом продолжает увеличиваться. Согласно официальной статистике github за 2020 год на сервисе было создано 60 млн новых репозиториев [1]. Среди этих репозиториев многие используются в сфере современного IT-образования. Задания по программированию в университетах из года в год переходят вообще не изменяясь, или с минимально вносимыми изменениями, а работы загружаются в общий git-репозиторий. Не составляет большого труда найти готовое решение на таких популярных ресурсах, как github, stackoverflow или взять с ветки коллеги в общем репозитории. При проверке задания возникает такая проблема, как выявление плагиата в интеллектуальной собственности. Выполнять вручную проверку каждого решения очень долго, утомительно и малоэффективно, поэтому существует потребность в инструменте, который бы выполнял проверку на плагиат исходного кода.

Предметом исследования являются методы поиска плагиата исходного кода, позволяющие обеспечить эффективную работу в условиях проверки большого количества репозиториев с большим количеством файлов. Объект исследования – программные системы поиска плагиата. Целью данной работы является разработка web-приложения для поиска плагиата в студенческих работах по программированию на языке C в github-репозитории.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить существующие методы выявления плагиата в исходных кодах программ.
2. Провести сравнительный анализ методов и выбрать наиболее подходящий.
3. Разработать web-приложение.

II. Обзор методов выявления плагиата в исходных кодах программ

Методы выявления плагиата исходного кода принято классифицировать на следующие категории [2], в зависимости от используемого представления файла с исходным кодом:

- Строковые – исходный код представляется как есть в виде строки.
- Метрические – исходный код представляется в виде элемента n-мерного пространства.
- Основанные на построении последовательности токенов.

- Основанные на анализе абстрактных синтаксических деревьев.
- Основанные на анализе графов программных зависимостей.

Для поиска плагиата в студенческих работах в github-репозитории нецелесообразно применять методы, основанные на абстрактных синтаксических деревьях и графах программных зависимостей, в виду их высокой трудоёмкости [2]. Среди строковых и метрических алгоритмов сложно выделить определённые методы, как правило, эвристики для сравнения строк и характеристики программ для вектора метрик определяются непосредственно при реализации. В то же время существует множество различных методов, основанных на построении последовательности токенов, которые активно применяются в существующих системах поиска плагиата [3], поэтому они в сравнении представлены не категорией, а конкретными методами. Таким образом, рассмотрены следующие алгоритмы:

- Строковые

Строковые методы – поиск наибольшей общей подстроки двух строк с кодом.

- Метрические

Метрические методы – в качестве i-значения элемента n-мерного пространства выбирается количественная характеристика программы. Расстояние между двумя такими элементами будет определять степень схожести программ.

- Метод отпечатков

Метод отпечатков (метод идентификационных меток) – исходный код программы токенирзируется. В полученной строке токенов выполняется хеширование подстрок длины k. Выделяется некоторое множество значений хеша, которое характеризует исследуемую программу. Выполняется сравнение со значениями хеша для другой программы. Ключевым моментом является выбор оптимального k и множества значений хеша.

- Алгоритм Хескела

Алгоритм Хескела – исходный код программы токенизируется. Полученная строка токенов делится на n-граммы (подстроки длины n). Строится множество всех n-граммов. Вычисляется коэффициент сходства Жаккара.

- Алгоритм жадного строкового замощения

Алгоритм жадного строкового замощения – исходный код программы токенизируется. Выполняется поиск наибольших общих подстрок, состоящих из неотмеченных элементов. Символы, входящие в найденные подстроки, отмечаются. Если длина найденных подстрок остаётся больше порогового значения, то снова начинается поиск. Алгоритм возвращает множество общих непересекающихся подстрок.

Изучив обозначенные методы, сформирована таблица 1, в которой представлен сравнительный анализ этих методов по следующим критериям:

- Выявление совпадений первого, второго и третьего типа

Принято выделять 4 типа совпадений исходного кода [4]. Для успешного выявления плагиата в студенческих работах нет необходимости в выявлении совпадений четвёртого типа, поскольку это реализованные по-разному программы.

- Оценка сложности метода

Оценка сложности алгоритма является важным фактором, определяющим скорость сравнения программ, поскольку поиск в github-репозиториях подразумевает большое количество сравнений.

- Результат работы метода

Результат работы метода определяет целесообразность его применения.

Таблица 1

Сравнение методов по критериям

	Критерии		
Методы	Выявление совпадений	Сложность	Результат
Строковые	I тип – не всегда выявляет II и III тип – никогда не выявляет	$O(n^2)$	Совпадающие подстроки
Метрические	I тип – всегда выявляет II и III тип – не всегда выявляет	O(n)	% сходства
Метод отпечатков	I и II тип – всегда выявляет III тип – не всегда выявляет	O(n)	% сходства
Алгоритм Хескела	I и II тип – всегда выявляет III тип – не всегда выявляет	O(n)	% сходства
Алгоритм жадного строкового замощения	I и II тип – всегда выявляет III тип – не всегда выявляет	$O(n^3)$	Совпадающие подстроки

III. Выводы по итогам сравнения

Как видно из таблицы 1, среди рассмотренных методов не тех, которые всегда выявляют совпадения третьего типа, но, как правило, этого и не требуется, поскольку они способны выявлять совпадения при небольшом количестве изменений, допускаемыми совпадениями третьего типа. Большое количество изменений делает исходный код раздутым, трудночитаемым, включающим большое количество фиктивных операторов, что заметно визуально. Главным различием между методами является результат их работы, поэтому выбор используемого метода необходимо совершать с учётом цели выявления плагиата. Для установления факта заимствования или при анализе большого количества программ лучше всего подойдут алгоритм Хескела или метод отпечатков, а для поиска совпадающих фрагментов – алгоритм жадного строкового замощения.

IV. Выбор метода решения

Разрабатываемый инструмент должен осуществлять поиск плагиата в github-репозиториях с результатом в виде схожих фрагментов исходного кода. Для этого, исходя из проведённого обзора, наиболее оптимальным будет применение сразу двух методов – алгоритм Хескела для поиска схожих файлов + алгоритм жадного строкового замощения для поиска непосредственно схожих фрагментов для ранее обнаруженных файлов.

V. Разработка

Для обеспечения интеграции с существующей экосистемой решений разработка инструмента выполнена на языке Python с использованием фреймворка Flask. Архитектура приложения построена на паттерне Model-View-Controller. Упрощённая схема работы разработанного приложения представлена на рис. 1.

Используемые методы поиска плагиата работают с токенизированным представлением исходного кода, поэтому для языка программирования C был реализован токенизатор, обрабатывающий все основные конструкции языка. Для выделения токенов в исходном коде используются регулярные выражения, при чём некоторые фрагменты кода, для которых был выделен токен, необходимо заменить на пробелы, чтобы они не были повторно токенизированы, например, char* (указатель/тип char).

Для получения файлов с исходным кодом из url к github-репозиторию или директории в нём используется github API, параметры для которого извлекаются из url. Для поиска

плагиата в сети используются сервисы github, stackoverflow и searchcode. Поиск осуществляется по каждому имени функции в файле.

Для взаимодействия с пользователем реализован интерфейс, состоящий из двух web-страниц. На первой странице пользователь осуществляет ввод данных для поиска. На второй странице пользователю отображаются полученные результаты.

Рис. 1. Схема процесса работы приложения

С исходным кодом приложения можно ознакомиться на сервисе github (https://github.com/moevm/bsc_esikov).

VI. Выводы

В ходе выполнения работы была достигнута поставленная цель – разработано web-приложение для поиска плагиата в студенческих работах по программированию на языке C в github-репозитории. Для этого были изучены следующие методы выявления плагиата: строковый, метрический, метод отпечатков, алгоритм Хескела, алгоритм жадного строкового замощения. После чего был выполнен сравнительный анализ этих методов. Анализ проводился на основе следующих критериев: выявление совпадений первого, второго и третьего типа, оценка сложности метода, результат работы метода. На основе результатов анализа было установлено, что для анализа github-репозиториев нужно использовать комбинацию двух методов: алгоритм Хескела или метод отпечатков для поиска файлов с плагиатом, алгоритм жадного строкового замощения для поиска схожих фрагментов кода. Разработанное приложение успешно определяет плагиат, но его можно обойти добавив повсеместно в исходный код много фиктивных операторов. Для устранения этого недостатка можно добавить перед токенизацией кода фазу удаления фиктивных операторов. Также необходимо в дальнейшем провести исследование для оценки времени работы и предъявления требований к дисковому пространству.

Список литературы

1. The State of the Octoverse [Электронный ресурс]. URL: https://octoverse.github.com (дата обращения: 28.03.2021).
2. Agrawal M., Sharma D. K. A state of art on source code plagiarism detection //2016 2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT). – IEEE, 2016. – С. 236-241.
3. Gondaliya T. P., Joshi H. D., Joshi H. Source Code Plagiarism Detection'SCPDet': A Review //International Journal of Computer Applications. – 2014. – Т. 105. – №. 17.
4. Джаникян С. Д., Мартчян А. Г. Определение плагиата в исходных кодах работ студентов //Интеллектуальный потенциал XXI века. – 2015. – С. 50.

ПРИМЕНЕНИЕ ITEM RESPONSE THEORY ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ

Калганов Р.Г, Тодиков С.И, Мазуркевич Д.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье приведено описание решения по построению индивидуальных образовательных траекторий на основе Item Response Theory (IRT), а именно модели Г. Раша. Решение базируется на компетентностной модели курса и набору соответствующих заданий, для которых определен параметр сложности, в разработанной системе калибровки. Проведенная апробация показала работоспособность данного подхода.

Ключевые слова: индивидуальные образовательные траектории, IRT, LMS.

Введение

Индивидуальные образовательные траектории – это тренд современного образования [1]. На кафедре вычислительной техники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» предложено решение выстраивания индивидуальных образовательных траекторий с помощью традиционных LMS на основе адаптивных технологий и технологий искусственного интеллекта – Система Адаптивного Обучения (САО) [2]. Разработанная система построения траекторий включает: модель компетенций, модели студентов, многоуровневую по сложности систему контента, адаптивные движки и веб-приложение реализующее взаимодействие всех компонентов.

В основе функционирования системы лежит модель компетенций, онтология, которая представляет собой композицию индикаторов достижения компетенций (ИДК), сформированность которых определяется по результатам выполнения заданий по определенным качественным критериям, заданным для каждой дисциплины, формируя модель студента. Для представления онтологии используются Neo4j. В качестве LMS в текущей реализации используется LMS Moodle, как одна из наиболее востребованных.

Предложенное решение позволяет реализовать различные алгоритмы выстраивания траекторий, различные адаптивные движки. Для того чтобы выстраивать индивидуальные траектории необходимо постоянно отслеживать прогресс студента по формированию компетенций. Сформированность - это латентная характеристика, которая не может быть оценена прямым наблюдением. Для опосредованной оценки данной характеристики в педагогике получили широкое распространение методы Item Response Theory (IRT), которые позволяют рассчитывать данную характеристику на основе результата выполнения тестовых заданий. Среди многообразия моделей IRT выделяется своей простотой и эффективностью модель Г. Раша, которая требует только определения сложности тестовых заданий.

Цель работы реализовать компонент системы САО, который выстраивает индивидуальные образовательные траекторий студентов на основе IRT.

Методы исследования

В основе современной системы образования лежит компетентностный подход. Образовательный результат – это уровень сформированности компетенции. В основе

функционирования САО лежит онтология компетенций курса. Фрагмент модели компетенций дисциплины «Программирование» изображен на рис. 1.

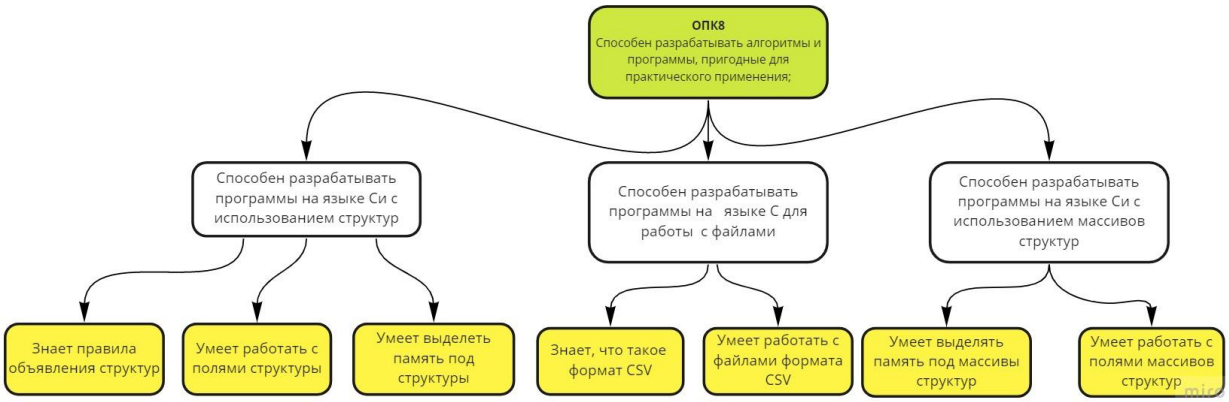


Рис. 1. Фрагмент модели компетенций дисциплины «Программирование»

Для компетенций выделяются индикаторы достижений и дескрипторы. Индикаторы оцениваются на основе модели Г. Раша.

Основной проблемой оценки индикаторов является ее недоступность для прямого наблюдения. Таким образом требуется переходный механизм от оценки к тестовым заданиям, на основе которых и происходит эта оценка оценивание. Этим механизмом и является IRT. IRT устанавливает связь между двумя латентными параметрами – сложностью задания и сформированностью индикатора. Одной из наиболее эффективных моделей IRT является модель Георга Раша. Раш выдвинул предположение что данные два параметра могут быть размещены на одной шкале и измерены в одних и тех же величинах – логитах [3]. Это предположение позволило определить функцию успеха испытуемого как:

$$P(\theta) = \frac{1}{1+e^{-(\theta-b)}},$$

где P - вероятность решить задание со сложностью b при уровне сформированности индикатора θ. Для использования этой модели студенту предлагаются задания, решая которые, пересчитывается параметр θ по следующей формуле для моделей IRT:

$$\theta_{s+1} = \theta_s + \frac{\sum_{i=1}^{N} -a_i[u_i - P_i(\theta_s)]}{\sum_{i=1}^{N} a_i^2 P_i(\theta_s) Q_i(\theta_s)},$$

где для модели Г. Раша $a = 1.7$, $Q = 1 - P$, u - 1 если студент правильно ответил на задание и 0 если не правильно. Каждое следующие задание выбирается по принципу максимизации значения P, то есть определяется задание, которое наиболее вероятно среди всех прочих, связанных с индикатором в онтологии, будет решено студентом. Так выстраивается индивидуальная цепочка заданий по формированию индикатора, которая и является индивидуальной траекторией. Для индикатора также определяется априорное значение θ и целевое значение, при достижении которого индикатор считается сформированным.

Помимо этого, для каждого из заданий определяется значение сложности b. Задания могут развивать несколько индикаторов, поэтому значение b определяется для

конкретного индикатора и хранится онтологии. Для определения параметра сложности тестовых заданий разработана отдельная подсистема калибровки, которая применяется на этапе апробации.

Так как данный метод исследования уровня сформированности индикатора является вероятностным требуется также учитывать стандартную ошибку:

$$SE(\theta) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} a_i^2 P_i(\theta_s) Q_i(\theta_s)}}.$$

Чем ниже данная характеристика, тем ниже вероятность неправильного определения параметра θ. Так как нет достаточных данных, чтобы определить оптимальное значение *SE* для каждого индикатора, для учета данной характеристики целевое значение, определенное для индикатора, увеличивается на значение *SE*. Таким образом поиск новых заданий пока выполняется условие: $\theta_s < \theta_{target} + SE(\theta_s)$ или пока не закончатся задания, связанные с индикатором в онтологии.

Реализованный компонент производит все вышеперечисленные расчеты при получении информации о выполнении текущего задания студентом от САО. После пересчета компонент находит следующее задание для еще не усвоенного индикатора, если таковых нет, то возвращается значение текущего уровня. Если задание все же было найдено оно будет отдано САО в качестве ответа адаптивного движка. Далее САО находит данное задание, генерирует его, и передает в LMS.

Эксперимент

С целью проверки решения, определения его работоспособности и эффективности было проведено экспериментальное апробирование. Очный эксперимент состоялся на группе студентов первого курса дисциплины «Программирование» по теме «Структуры в языке С». Оцениваемые индикаторы представлены на рис 2.

Группе студентов из 22 человек было предложено в среднем 23 задания, минимальное число предложенных заданий 15, максимальное 34. Так как некоторые задания развивали более одного индикатора, суммарное количество заданий в онтологии составило 39 штук. Сложность заданий была распределена от 0.4 до 1. Целевой уровень параметра θ для каждого дескриптора был установлен в 1.3, а априорный в 0.

Для оценки качества полученных оценок на основе IRT с реальными знаниями студентов, был проведен личный опрос каждого испытуемого преподавателем. Далее преподаватель поставил оценки от 2 до 5 учащимся по каждому индикатору на основе опроса.

Для того чтобы сопоставить параметр IRT, оценивающий уровень индикатора у студента, с оценками преподавателя требовалось провести разбиение распределения от -3 до 3 параметра θ, на 4 интервала, которые бы соответствовали оценкам преподавателя. Данное разбиение было выполнено при помощи метода кластеризации K-Means.

После сопоставления можно оценить качество модели, взяв оценки преподавателя за эталон. Так как наиболее важными являлись несовпадения оценки (FP и FN), полученной по IRT, и оценкой преподавателя, основной метрикой качества стала accuracy - доля правильных ответов алгоритма [7]:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 Дескрипторы «Структуры в языке С»

Дескрипторы	Accuracy IRT
Знает правила объявления структур	1
Умеет работать с полями структуры	0,91
Умеет выделять память под структуры	0,86
Знает, что такое формат CSV	0,91
Умеет работать с файлами формата CSV	0,95
Умеет выделять память под массивы структур	0,86
Умеет работать с полями массивов структур	0,86

Исходя из полученных оценок точности можно сделать вывод об относительно высоком качестве классификации для ряда дескрипторов. Однако, данные показатели можно улучшить повторной калибровкой параметров сложности для заданий на основе полученных ответов студентов. Также с увеличением с числа студентов, воспользовавшихся данным компонентом, сама метрика будет определена более точно. Переход от модели Раша к моделям с большим числом параметров может также оказать положительный эффект, что является дополнительным вектором развития компонента.

Заключение

В результате проделанной работы был разработан компонент САО, который выстраивает индивидуальные образовательные траектории на основе IRT [1] [4]. Для тестирования его работоспособности был проведен эксперимент, в ходе которого выстраивались индивидуализированные тесты. Оценка преподавателя индикаторов для каждого студента позволила определить точность (accuracy) с которой компонент определяет текущий уровень сформированности индикатора. Минимальное значение точности равно 0.86, что говорит о достаточно высоком качестве реализованной модели. Дальнейшая работа предполагает коррекцию параметра сложности заданий, основываясь на полученных результатах и используя подсистему калибровки, и исследование других моделей IRT помимо модели Г. Раша.

Список литературы

1. Алеева В. Индивидуальная образовательная траектория: естественный путь студента и гонка с препятствиями для университета // Экспертный доклад про Т-университеты, Сколково. Центр трансформации образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_T-universities_ru.pdf (дата обращения 04.04.2021)

2. Перязева, Юлия Валерьевна; Калганов Роман Геннадьевич. Формирование индивидуальных образовательных траекторий в традиционных LMS. Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», [S.l.], v. 16, n. 3, nov. 2020. ISSN 2411-1473. Доступно на: <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/690>. Дата доступа: 09 apr. 2021

3. Ким В.С. Тестирование учебных достижений. Монография. Уссурийск: УГПИ, 2007. 214 с.

4. Moodle LTI Bridge // GitHub URL: https://github.com/kalganov/moodle-lti-bridge (дата обращения: 04.04.2021).

АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СПАМА НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Левкович Д.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматривается задача классификации спама с использованием рекуррентной нейронной сети долго-краткосрочной памяти. Для этого сеть была обучена и протестирована на двух обучающих выборках методом перекрестной валидации с количеством блоков равным 10. Было проведено сравнение данного метода с другими алгоритмами машинного обучения, решающие задачу классификации спама. В результате работы будет принято решение о возможности применения данного алгоритма в задаче классификации спама.

Ключевые слова: нейронные сети; машинное обучение; классификация; спам.

Введение

Современное информационное пространство содержит большое количество рекламы, что наносит ущерб пользователю. Самым дешевым способом ее распространения является спам-рассылка. Существующие методы фильтрации могут ошибочно вносить в базу спамеров доменные адреса, вследствие чего ни один пользователь не сможет получить письмо, отправленное с этого сервера, даже если оно не является спамом.

Несмотря на современные методы борьбы со спамом, согласно исследованию лаборатории Касперского [4], в мире до сих пор доля спама в почтовом трафике велика. Доля почтового спама в мире представлена на рис. 1.

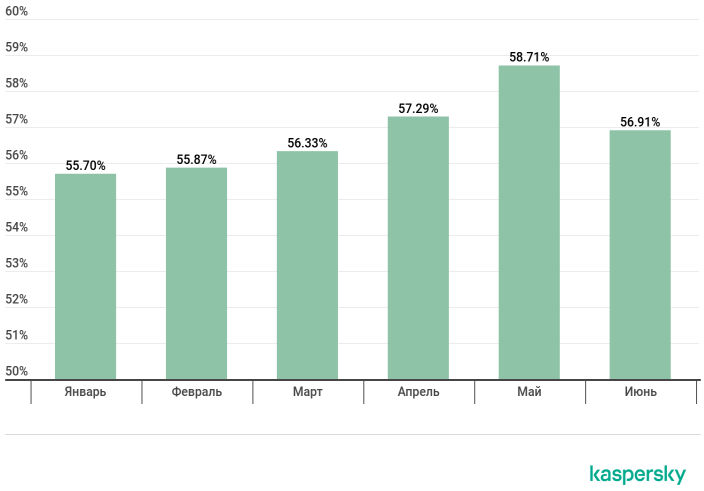


Рис. 2. Доля спама в мировом почтовом трафике во втором квартале 2019 года

Существующие решения

На данный момент существует множество алгоритмов классификации спама, каждый из которых использует различный математический аппарат, лежащий в основе алгоритма.

1. Метод k-ближайших соседей (kNN) [5]. Метод используется для автоматической классификации объектов. Объект относится к тому классу, которому принадлежит большинство из его соседей – *k* ближайших к нему объектов из обучающей выборки.

Пусть есть обучающая выборка $X^m = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., (x_m, y_m)\}$. На множестве объектов задается некоторая функция расстояния $\rho(x, x')$ между двумя объектами. Располо-

жим для произвольного объекта *t* элементы обучающей выборки в порядке возрастания расстояния до объекта *t*. Затем выбирается *k* ближайших к нему объектов, и новый объект относится к классу, которому принадлежит большинство из них.

2. Метод опорных векторов (SVM) [7]. Метод используется в задачах классификации и регрессии. Идея метода заключается в том, что необходимо построить разделяющую гиперплоскость наиболее оптимальным образом. Гиперплоскость должна находиться на максимальном расстоянии до каждого класса в пространстве. Пусть есть обучающая выборка $X^m = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., (x_m, y_m)\}$.

Метод строит классифицирующую функцию в виде $F(x) = sign(< \vec{w}, \vec{x} > + b)$, где <, > - скалярное произведение, $\vec{w}$ – нормальный вектор к разделяющей гиперплоскости, *b* – вспомогательный параметр. Объекты, для которых *F*(*x*) = 1, попадают в один класс, а объекты с *F*(*x*) = -1 – в другой.

Далее выбираются такие $\vec{w}$ и *b*, которые максимизируют расстояние до каждого класса $\begin{cases} \| w \|^2 \to \min\limits_{w,b}, \\ y_i(< w, x_i > + b) \geq 1,\ i = 1, ..., m. \end{cases}$

3. Наивный байесовский классификатор (NBC) [1,3]. Наивный байесовский классификатор – примитивный классификатор, основанный на теореме Байеса с допущением о независимости признаков.

Пусть имеется множество наблюдений, каждое из которых задано вектором признаков $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$. Каждому признаку присваивается вероятность $p(C_k \mid x_1, x_2, ..., x_n)$, где C_k - признак. Используя теорему Байеса, можно записать $p(C_k \mid x) = \frac{P(C_k)\, p(x \mid C_k)}{p(x)}$. Тогда можно показать, что $p(C_k \mid x_1, x_2, ..., x_n) = p(C_k)\, p(x_1 \mid C_k) ... p(x_n \mid C_k)$.

Тогда классификатор можно рассматривать как функцию, которая каждому выходному значению присваивает метку класса, то есть $y = \arg\max\limits_{k \in \{1...K\}} p(C_k) \prod\limits_{i=1}^{n} p(x_i | C_k)$.

Описание исходных данных

Наборы данных, на которых решается задача классификации спама, взяты из репозитория для задач машинного обучения UCI: SMS Spam Collection data set [7] и spambase data set [8]. Первая выборка содержит 5574 элементов, каждый из которых состоит из двух признаков:

1. Первый признак типа {ham, spam} означает, является ли сообщение спамом (spam) или нет (ham).
2. Второй признак представляет собой исходное сообщение в виде текста.

Вторая выборка содержит 4601 элемент, каждый из которых состоит из 58 признаков.

1. Первые 48 признаков – это 100 * (отношение количества появлений слова в письме к общему количеству слов в письме).
2. Следующие 6 признаков – это 100 * (отношение количества появлений символа к общему количеству символов).
3. Следующий признак – средняя длина непрерывных последовательностей заглавных букв.

4. Следующий признак - длина самой длинной непрерывной последовательности заглавных букв
5. Следующий признак - суммарное количество заглавных букв.
6. Последний признак - признак, указывающий, является письмо спамом или нет.

Разделение выборок для обучения и тестирования нейронной сети происходило в соответствии с методом перекрестной проверки на 10 блоков.

Исследование алгоритма

Разработанный алгоритм классификации спама представляет собой алгоритм машинного обучения на основе рекуррентной нейронной сети долго-краткосрочной памяти (RNN-LSTM). Архитектура слоев долго-краткосрочной памяти рекуррентной сети представлена на рис. 2.

Сеть состоит из одного слоя долго-краткосрочной памяти, с количеством нейронов равным 200, и одного выходного слоя с одним нейроном, на выходе которого и формируется результат классификации.

Для тестирования алгоритма была применена процедура перекрестной валидации. Обучающие выборки были поделены на 10 непересекающихся равных по объему блоков. Модель обучается 10 раз на 9-ти блоках выборки, а тестируется на блоке, который не участвовал в обучении. Сеть на первой выборку обучалась в течение 20 эпох, а на второй в течение 30 эпох.

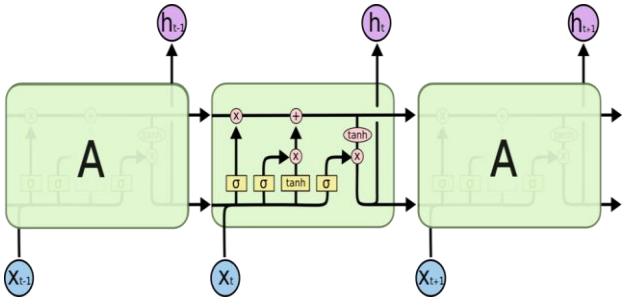


Рис. 3. Схема слоев долго-краткосрочной памяти

В ходе тестирования были получены результаты точности (доля правильно классифицированных писем к общему количеству писем), представленные в табл. 1.

Таблица 1

Точность сети на исходных данных

Номер теста	Точность на первой выборке	Точность на второй выборке
1	0.991	0.906
2	0.989	0.923
3	0.986	0.926
4	0.986	0.926
5	0.982	0.954
6	0.985	0.947
7	0.982	0.932
8	0.989	0.930
9	0.994	0.941
10	0.991	0.936

Среднее значение по результатам тестирования на первой выборке – 0.9875, стандартное

отклонение – 0.004. Среднее значение на второй выборке – 0.9320, стандартное отклонение – 0.0128

Таблица 2

Точность сети на исходных данных

Выборка	Алгоритм	Точность
1	NBC	0.9636
	RNN-LSTM	0.9875
2	RNN-LSTM	0.9320
	SVM	0.9040
	kNN	0.8260

Сравнение полученных результатов с аналогами [1,2] представлено в табл. 2 для первой и второй выборки.

Заключение

В данной работе было рассмотрено решение задачи классификации спама используя рекуррентную нейронную сеть долго-краткосрочной памяти. Было проведено исследования данного алгоритма на двух тестовых выборках, которые используют в задачах классификации спама. Было проведено сравнение данного алгоритма с другими алгоритмами машинного обучения, использующиеся в задачах классификации. В результате перекрестной проверки по 10 блокам алгоритм ведет себя стабильно, с малым отклонением от средней величины по 10 тестам для обеих выборок. Алгоритм показал результаты лучше, чем аналоги на одинаковых выборках. Таким образом, рекуррентные нейронные сети долго-краткосрочной памяти позволяют повысить точность в задаче классификации спама.

Список литературы

1. Бурлаков М.Е., Применение в задаче классификации SMS сообщений оптимизированного наивного байесовского классификатора // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. №4-4.
2. Дресвянский Д.В., Эффективность методов интеллектуального анализа данных при распознавании спама // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2015. №11.
3. Донцова Ю.С., Анализ методов бинарной классификации // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. №6-2.
4. Спам и фишинг во втором квартале 2019 года [Электронный ресурс]. URL: https://securelist.ru/spam-and-phishing-in-q2-2019/94529/s (дата обращения: 05.03.2021)
5. Поцыкайло А.А., Использование метода к-ближайших соседей при распознавании полутоновых изображений // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №5.
6. Федотов Д.В., О решении задачи классификации методом опорных векторов // Решетневские чтения. 2013. №17.
7. Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. URL: https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/sms+spam+collection (дата обращения: 10.03.2021)
8. Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. URL: http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Spambase/ (дата обращения: 14.03.2021)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В СЕТЕВОЙ ФОРМЕ

Немцов М.Л.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе решается практическая задача по привязке дистрибьюторов к местам отгрузки по критерию минимизации транспортных затрат. Разработана программа решения транспортной задачи в сетевой постановки, возможно накладывать ограничения. В программу заложены оптимальные по временной стоимости алгоритмы.

Ключевые слова: транспортная задача, сетевая постановка, логистическая сеть, оптимизация

Российская компания «ЮНИКОСМЕТИК» работает в косметической промышленности с января 2000 года и производит косметику для волос под маркой ESTEL. Компания «ЮНИКОСМЕТИК» имеет разветвленную дистрибьюторскую сеть во всех регионах России, а также в странах Балтии и СНГ. Для минимизации издержек на транспортировку, принято стратегическое решение по открытию Распределительных Центров (РЦ), из которых, наряду с главным складом в Санкт-Петербурге, осуществляются отгрузки продукции дистрибьюторам. Территориально РЦ располагаются в следующих городах: Москва, Екатеринбург, Новосибирск. В 2021г. планируется открытие РЦ в Краснодаре.

Одной из подзадач проекта открытия РЦ является изменение «привязки» дистрибьюторов к местам отгрузки. Это комплексная задача, включающая в себя, наряду с логистическими исследованиями, математическую задачу оптимизации транспортных затрат. Этому вопросу посвящена настоящая работа.

Целью работы является постановка и решение транспортной задачи в сетевой форме, как задачи оптимизации транспортных затрат при доставке продукции дистрибьюторам.

Областью исследования является логистическая система компании «ЮНИКОСМЕТИК».

Методами исследования являются экономико-математические методы линейного программирования, теория графов, программирование на языке C++.

Транспортная сеть состоит из пунктов, соединенных сетью дорог. Такую сеть удобно представить в виде графа G(V, E), где V – множество узлов (пунктов), E – множество ребер (дорог).

Задача состоит в формировании оптимального плана перевозок, т.е. связанной с минимальными транспортными расходами схемы транспортировки груза от поставщиков к потребителям, такой, чтобы потребности в продукте пунктов потребления были удовлетворены и не допускалось затоваривание пунктов производства. В работе решение транспортной задачи проводится с помощью метода потенциалов [1], для решения которой написана программа на языке программирования C++. Поводом к написанию программы послужил тот факт, что наиболее распространенные программные пакеты Microsoft Excel и MathCAD не могут решать транспортную задачу с количеством пунктов более 39 [2], а это накладывает очень существенные ограничения на реальные задачи.

В литературе указывается на то, что не существует специальных методов построения начального плана для сетевой задачи, в отличие от задачи в матричной форме, где существует множество способов составления начального плана.

В работе предложен следующий метод построения начального плана:

Для каждого пункта потребления определяется поставщик, доставка от которого минимальна по стоимостной оценке. После выбора поставщика и определения максимально возможной перевозки, прокладывается маршрут до потребителя; по этому маршруту увеличивается величина потока на ребрах на величину перевозки. Пути минимальной стоимости определяются по алгоритму Дийкстры [3]. Алгоритм реализован классическим методом с использованием очередей с приоритетом, временная сложность алгоритма составляет $O(|V|^2)$.

Составленный таким образом начальный план довольно близок к оптимальному, но может обладать существенным недостатком – он может содержать циклы, что противоречит решению задачи методом потенциалов. Обнаружение циклов реализовано с помощью алгоритма DFS – поиск в глубину. В качестве программной реализации выбран алгоритм, основанный на использовании стека, временная оценка такого алгоритма линейна и составляет $O(|V|)$.

Для каждого цикла определяется величина исправления, как ребро с наименьшей величиной потока. Затем всем ребрам цикла, имеющим встречное направления, поток увеличивается на величину исправления, а у ребер попутного направления уменьшается на эту же величину.

Непосредственно решение транспортной задачи методом потенциалов подробно описано в [1]. Необходимо только отметить, что при реализации алгоритма расстановки потенциалов выбран алгоритм обхода графа в глубину, основанный на использовании очереди, временная оценка такого алгоритма линейна и составляет $O(|V|)$.

Для проверки работы программы был выбран пример с решением из [1]. Решение задачи, полученное с помощью разработанной программы, полностью совпало с решением приведенном в [1], что подтвердило правильность реализованных алгоритмов.

Таким образом *разработан инструментарий* (программа), предназначенный для решения транспортной задачи закрытого типа для однородного груза, представленную в сетевой форме.

Разработанная программа использовалась при решении двух практических задач, поставленных службой логистики «ЮНИКОСМЕТИК»:

- новая привязка дистрибьюторов к пунктам отгрузки с учетом открытия нового РЦ в Краснодаре;
- оценка существующей привязки с точки зрения оптимальности затрат.

Для этого были проведены следующие исследования и учтены допущения:

В отделе логистики компании «ЮНИКОСМЕТИК» был получен список отправителей – склады и список получателей – дистрибьюторов, в которые осуществляются отгрузки дистрибьюторам со среднемесячными объёмами отгрузки.

На основе полученной информации была составлена карта перевозок (рис.1) и определена стоимость перевозки одного паллетоместа по всем участкам.

Стоимость перевозки определялась исходя из расстояний между городами по федеральным автодорогам [4], среднерыночной ставки на перевозку грузов автотранспортом [5] и объёмами отгружаемой продукции.

В задаче не рассматриваются варианты пополнения РЦ с центрального склада. Это является отдельной задачей управления запасами, выходящей за рамки настоящей работы.

Принимается допущение, что любой склад может одновременно удовлетворить все заявки, т.е. ресурсы каждого склада равны суммарным потребностям дистрибьюторов. Это

допущение не влияет на результат, т.к. нам важно определить, с какого из складов выгоднее отгружать конкретного дистрибьютора. При таком допущении суммарные ресурсы превышают суммарные потребности, т.е. задача становится открытого типа.

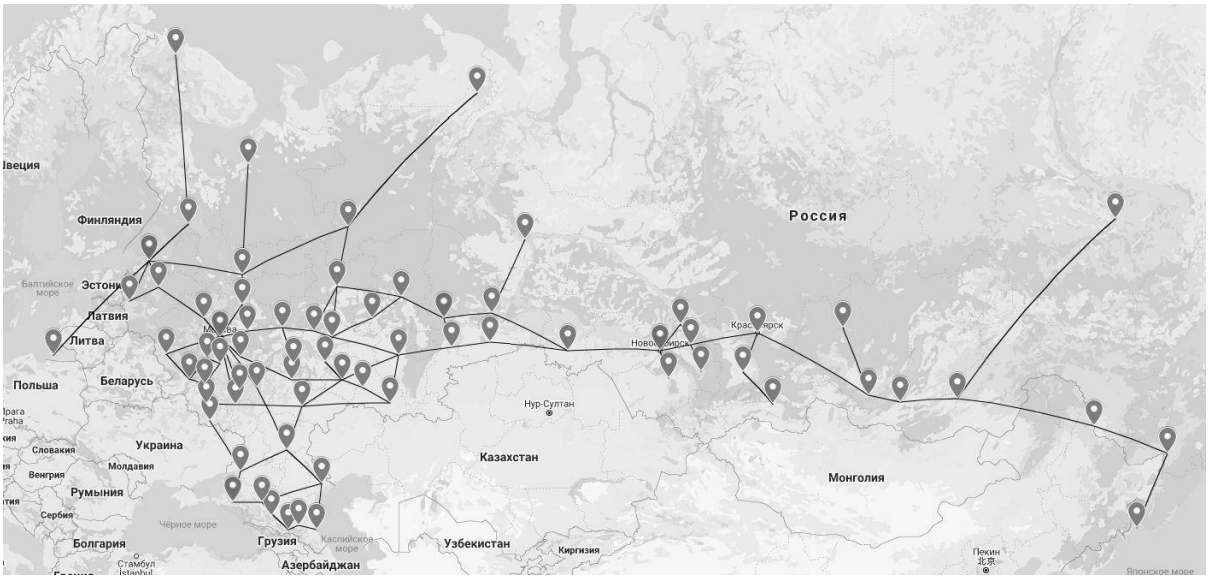


Рис. 1. Карта перевозок

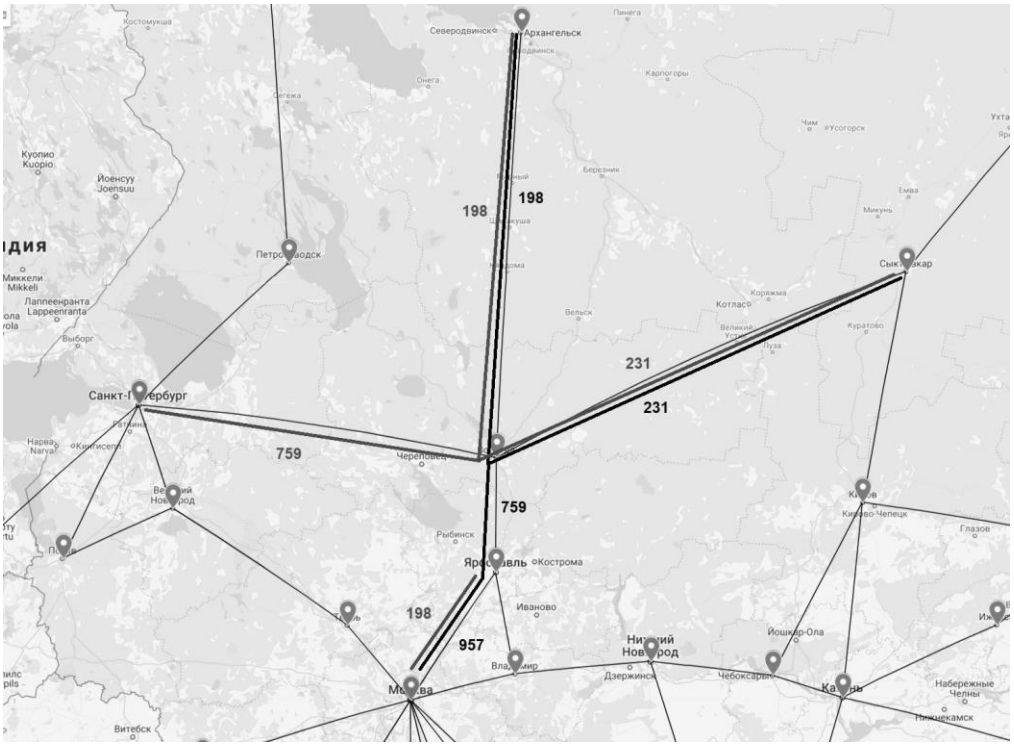


Рис. 2. Моделирование ограничения

Для приведения к задаче закрытого типа введем фиктивного получателя Склад, потребности которого будут рассчитаны, как разница суммарных ресурсов всех складов и суммарной потребности всех дистрибьюторов.

Математическую модель задачи запишем следующим образом:

Имеется логистическая сеть, объединяющая поставщиков и дистрибьюторов, представленная в виде графа. Имеется 5 складов, отгружающих продукцию. Ресурсы каждого склада равны 17259 паллет. Имеется 70 дистрибьюторов, получающих продукцию, известны их потребности. Определена стоимостная оценка перевозки единицы груза по каждому участку сети. Введем «фиктивного» потребителя - Склад. Назначим его потребности равными 69036 паллет. Т.к. фактических поставок «фиктивному» потребителю не будет, назначим стоимость доставки до него «заградительной». Задача приведена к закрытому типу. Суммарные ресурсы равны суммарным потребностям.

Необходимо составить такой план доставки продукции со складов дистрибьюторам, что бы все заявки были удовлетворены и суммарные затраты на доставку были минимальными. Нахождение оптимального плана для заданной сети заняло 0.739с на компьютере с процессором Intel Core i7.

Полученный в результате решения план перевозок был проанализирован совместно с опытными сотрудниками отдела логистики компании «ЮНИКОСМЕТИК». Проведенный анализ показал, что полученное решение практически точно отражает реальную картину перевозок и практически точно совпадает с выбором специалистов отдела логистики.

При анализе были выявлены два случая несовпадения маршрутов поставки – это г. Киров и г. Вологда. Здесь специалистами был выбраны маршруты с поставками с других складов, объяснив сложившимися транспортными потоками при незначительном увеличении стоимостной оценки.

Что касается привязки дистрибьюторов к отгрузкам с нового склада в г. Краснодар, здесь она полностью совпала с решением, предложенным программой – все дистрибьюторы юга России (южнее г. Волгоград включительно) переключаются на отгрузки из г. Краснодар.

Для демонстрации работы с ограничениями была смоделирована ситуация с перекрытием участка Вологда-Ярославль (пропускная способность участка установлена равной нулю). На рис.2 показан фрагмент схемы, на которой показаны маршруты по первоначальному плану перевозок и где изменены потоки в связи с ограничением участка Ярославль – Вологда. Видно, что в связи с перекрытием участка, отгрузки со склада г. Москвы переведены на склад г. Санкт-Петербург. Естественно, суммарное значение потоков не изменилось.

Список литературы

1. Применение математических методов в планировании на железнодорожном транспорте. Белов И.В., Каплан А.Б. – М.: Транспорт, 1967. – 182 с.
2. Немцов М. Решение транспортной задачи. Наука настоящего и будущего // Материалы VIII ежегодной конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 15-16 апреля 2016 г. — СПб.: Центр «Абитуриент» СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. С.59-60.
3. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на C++. Алгоритмы на графах: Пер. с англ. - СПб.: ДиаСофт, 2002, 496 с.
4. Атлас автомобильных дорог России [Электронный ресурс]: URL: http://rutrassa.ru/atlas/ (дата обращения: 20.10.2020).
5. АвтоТрансИнфо [Электронный ресурс]: Система грузоперевозок URL: http://ati.su (дата обращения: 20.10.2020)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ ЛИДАРА

Павлов А.П.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной работе рассматривается подход к разработке программной модели лидара, эмулирующей лидарные данные в заданном 3D окружении. В ходе исследования были рассмотрены существующие решения для генерирования лидарных данных. На основе обзора аналогов был разработан собственный симулятор, позволяющий генерировать облака точек в задачах автономных транспортных средств, без углубления в изучение физических основ лазерных лучей.

Ключевые слова: лидар, модель, облако точек, 3D симулятор, автономные транспортные средства

Введение

Сегодня автономные транспортные средства – это растущая область исследований. Такие компании, как Tesla и Volvo, работают над созданием транспортных средств, способных автономно перемещаться с использованием различных датчиков, одним из которых является лидар. Получение лидарных данных на реальных транспортных средствах влечет за собой большие финансовые риски и трудозатраты, поэтому необходимы инструменты моделирования. Существующие 3D симуляторы реализуют не все паттерны сканирования, которые используются в области автономного транспорта. По этим причинам разработка настраиваемой программной модели лидара является актуальной.

Лидар (от англ. Lidar – Light Detection and Ranging) – это датчик, в основе работы которого лежит технология определения расстояния с помощью световых импульсов. Датчик испускает инфракрасные световые импульсы в окружающую среду. Эти импульсы отражаются от объектов и возвращается в приемник лидара. Время между выходным и отраженным импульсом позволяют датчику рассчитать расстояние до объекта на основе скорости света. Повторение этого процесса сотни тысяч раз в секунду создает трехмерную карту окружающей среды. Выходные данные лидара представляет из себя облако точек с координатами и интенсивностью точек.

Основные параметры лидара, которые необходимо учесть при моделировании:

- область обзора;
- схема (паттерн) сканирования;
- частота испускания лазерных импульсов;
- частота вращения

Для реализации собственного симулятора необходимо исследовать и сравнить существующие решения моделирования лидара.

Обзор существующих решений

В обзоре будут рассмотрены 3D симуляторы и генераторы данных для автономного транспорта, в которых реализована модель лидара. При сравнении аналогов будут учитываться реализованные паттерны сканирования, количество лидаров, которое может быть установлено на сцене и количество лидаров, которое может быть установлено на одном транспортном средстве.

1. «CARLA» - симулятор для изучения автономного вождения с открытым исходным кодом [1]. В симуляторе реализован лидар Velodyne. Данный лидар имеет горизонтальный

угол обзора 360° и от 16 до 128 лазерных каналов, которые определяют вертикальное поле обзора. В вертикальной плоскости сканирующие линии расположены параллельны друг другу, поэтому такой паттерн сканирования будем называть параллельным.

2. «Helios» - программный пакет для интерактивного моделирования и визуализации в реальном времени наземных, мобильных и воздушных лазерных исследований, написанный на языке программирования Java [2].

3. «Microsoft AirSim» - симулятор дронов, но также поддерживает другие транспортные средства. Проект был разработан для исследования искусственного интеллекта и алгоритмов компьютерного зрения [3].

Сравнение аналогов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение аналогов

Критерий сравнения	CARLA	Helios	Microsoft AirSim
Паттерны сканирования	параллельный	rotating mirror, fiber array, conic mirror, oscillating mirror	параллельный
Количество лидаров на сцене	1	1	>1
Количество лидаров на одном транспортном средстве	1	1	>1

В симуляторе «CARLA» реализован лишь один паттерн сканирования и нет возможности к транспортному средству прикреплять несколько лидаров. Большинство паттернов сканирования, реализованных в «Helios» не применяются в области автономного транспорта. «Microsoft AirSim» представляет возможность устанавливать несколько лидаров на транспортное средство, но количество паттернов сканирования ограничено одним – параллельным.

Постановка задачи

Из обзора следует, что разрабатываемый симулятор должен быть разработан на основе трехмерного движка, программные модели лидаров должны иметь множество параметров настроек для моделирования реальных лидаров, которые используются в области автономного транспорта. Современные автономные средства оборудуются несколькими лидарами для лучшего обзора окружающей среды, поэтому при разработке необходимо учесть этот фактор.

Согласно [4], компания Velodyne Lidar Inc является одним из лидеров в сфере производства лидаров для автономного транспорта, поэтому должна быть реализована одна из известных моделей этого производителя – Velodyne HDL-32E. Также необходимо реализовать бюджетный лидар Livox Mid-40[5], который имеет неповторяющийся паттерн сканирования, позволяющий генерировать облака точек с большей плотностью.

Методы решения

Для разработки симулятора был выбран игровой 3D движок Unreal Engine 4, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games [6]. Этот движок поддерживает высокоуровневый язык программирования C++ и систему визуального программирования Blueprint. На языке C++ написаны все модули симулятора, требующие высокую произво-

дительность. Графический интерфейс и простые модули для увеличения скорости разработки были реализованы с помощью средств Blueprint.

Для моделирования лазерных лучей лидара был использован метод игрового движка raycast, который представляет из себя направленный трехмерный вектор, который проверяет пересечения с другими объектами на сцене и возвращает координаты этого пересечения. Таким образом, это является реалистичным представлением лазера лидара.

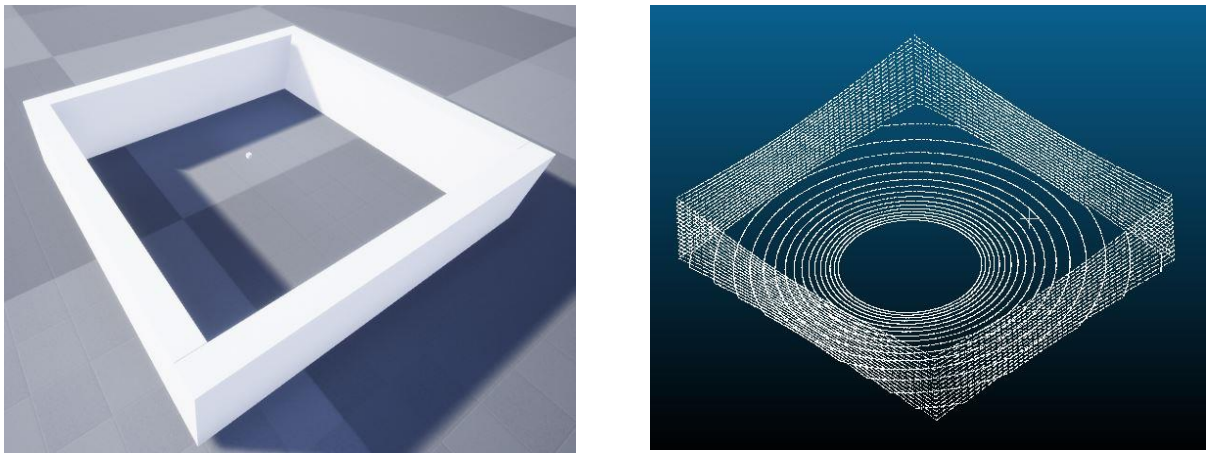


Рис. 1. (а) 3D-сцена с лидаром в центре и (б) полученное облако точек

Лидар Velodyne HDL-32E имеет горизонтальный угол обзора 360°, вертикальное поле обзора в диапазоне от -30° до $+10^\circ$ от горизонтальной плоскости и 32 лазерных канала. Угол вертикальной резолюции рассчитывается путем добавления лазера для каждого канала, распределенного в вертикальном поле обзора. Вращение моделируется вычислением горизонтального угла, на который лидар поворачивает в кадре. На рисунке 1 представлены 3D-сцена, в центре которой расположен реализованный лидар и полученное облако точек.

Поле обзора лидара Livox Mid-40 представляет собой конус с углом раскрытия 38.4°. Данный лидар имеет неповторяющийся шаблон сканирования, покрытие области обзора возрастает по мере увеличения времени сканирования. На сайте производителя не сказано, каким образом происходит сканирование, но в [6] выдвинули предположение, что данный паттерн похож на шаблон розетки, который может быть воспроизведен с помощью сканера Рисли, состоящего из двух призм, вращающихся вокруг общей оси. В [7] представлены формулы для получения данного паттерна сканирования:

$$x(t) = \frac{\rho}{2}\left(\cos\left(2\pi f_1 t\right) + \cos\left(2\pi f_2 t\right)\right)$$

$$y(t) = \frac{\rho}{2}\left(\sin\left(2\pi f_1 t\right) - \sin\left(2\pi f_2 t\right)\right)$$

где f_1 – частота вращения первой призмы, f_2 – частота вращения второй призмы, ρ – половина угла поля обзора лидара. Из [8] были получены значения частот для реализация данного паттерна. На рисунке 2 представлены 3D-сцена, в центре которой расположен реализованный лидар и полученное облако точек.

В качестве транспортного средства в симуляторе реализована поступательно движущаяся платформа, для которой можно задавать маршрут движения и скорость. С помощью 3D-редактора в модели созданы сокеты, к которым можно присоединять лидары.

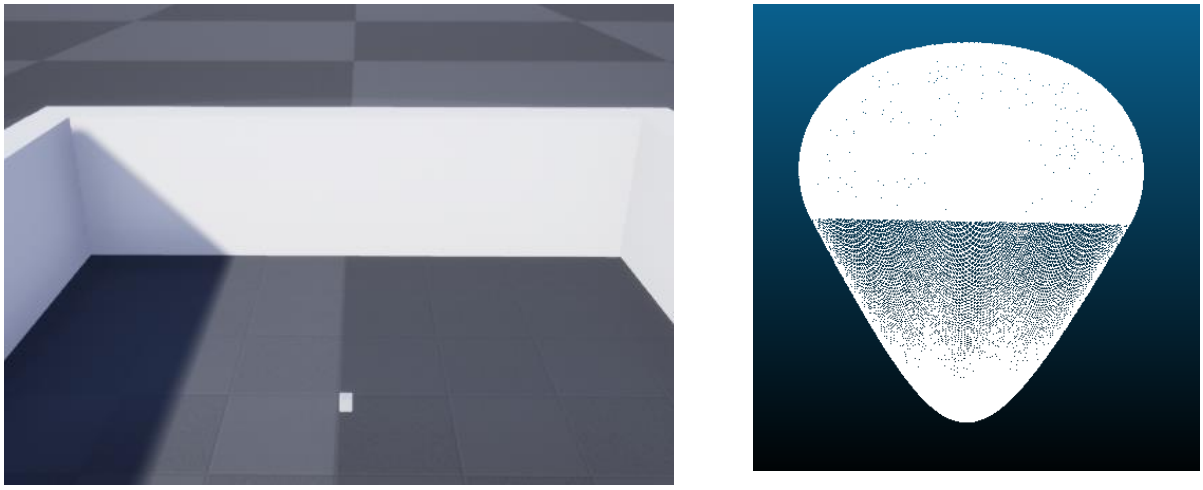


Рис. 2. (а) 3D-сцена с лидаром в центре и (б) полученное облако точек

Выводы

В статье проведено сравнение различных генератор лидарных данных и симуляторов, в которых реализован лидар, и предложен подход к реализации симулятора на Unreal Engine 4.

Список литературы

1. Dosovitskiy A., Ros G., Codevilla F., L´opez A., Koltun V. CARLA: An Open Urban Driving Simulator
2. Bechtold S., Hofle B. HELIOS: A MULTI-PURPOSE LIDAR SIMULATION FRAMEWORK FOR RESEARCH, PLANNING AND TRAINING OF LASER SCANNING OPERATIONS WITH AIRBORNE, GROUND-BASED MOBILE AND STATIONARY PLATFORMS
3. Shah S., Dey D., Lovett C., Kapoor A. AirSim: High-Fidelity Visual and Physical Simulation for Autonomous Vehicles
4. Top 10 LIDAR Manufacturers in World [Электронный ресурс] URL: https://www.marketresearchreports.com/blog/2019/04/22/top-10-lidar-manufacturers-world (дата обращения: 05.04.2021)
5. Mid-40/Mid-100 [Электронный ресурс] URL: https://www.livoxtech.com/mid-40-and-mid-100 (дата обращения: 05.04.2021)
6. Ortiz Arteaga A., Scott D., Boehm J. INITIAL INVESTIGATION OF LOW-COST AUTOMOTIVE LIDAR SYSTEM
7. Leihong Z., Yi K., Zilan P., Dong L., Bei L., Dawei Z., Xiuhua M. Study of the Key Technology of Ghost Imaging Based on Rosette Scanning
8. Liu Z., Zhang F., Hong X. Low-cost Retina-like Robotic Lidars Based on Incommensurable Scanning

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ БЭГГИНГА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ

Ханова Ю.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматривается задача выявления аномалий в данных на основе метода опорных векторов и нечеткой логики. Было проведено сравнение данных методов с другими алгоритмами выявления аномалий, решающие задачу выявления выбросов данных. В результате работы будет принято решение о возможности применения техники создания ассамблей моделей, использующей бэггинг

Ключевые слова: аномалии данных, алгоритм, бэггинг, метод опорных векторов, нечеткая логика

Введение

Компании различных сфер деятельности по всему миру накапливают и используют данные, чтобы стать более гибкими, улучшить качество обслуживания клиентов, внедрить новые бизнес-модели и создать новые источники конкурентных преимуществ. Потребители живут во все более цифровом мире, полагаясь на онлайн и мобильные каналы для общения, получения доступа к товарам и услугам и управления почти всеми аспектами своей жизни, даже во сне. International Data Corporation прогнозирует, что глобальная информационная сфера данных вырастет до 175 ЗБ к 2025 году (Рис. 1) [1].

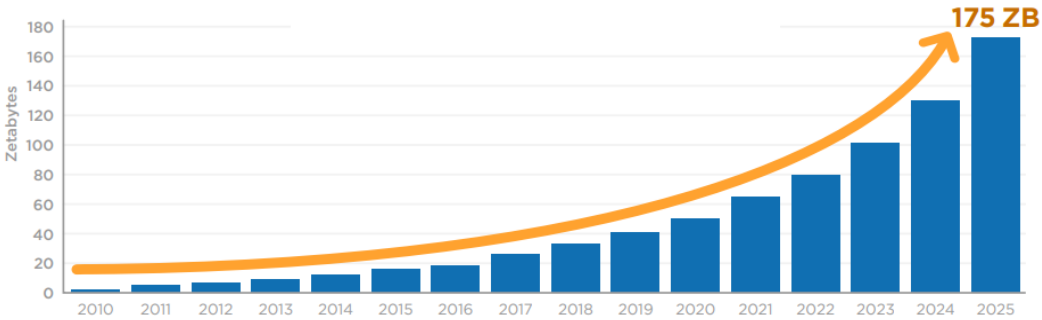


Рис. 1. Динамика роста глобальной сферы данных до 2025 г. [1]

При работе с данными могут встречаться значения, которые не укладываются в общую модель поведения анализируемого процесса. Такие данные называют аномалиями или выбросами. Они могут возникать в результате ошибок ввода, неточности измерений или характеризовать общую переменчивость исследуемых данных. Поиск аномалий подразделяют на поиск новых закономерностей в данных и поиск объектов, не соответствующих ожидаемому поведению.

Наличие выбросов может сказаться на общем качестве анализа данных и уменьшить точность и достоверность результатов. Поэтому аномальные данные необходимо выявлять и, при необходимости, удалять, корректировать или дополнительно изучать. В настоящее время существуют алгоритмы определения аномалий [2-3], использующие различные методы обработки данных, но, с увеличением объемов данных, их точность может уменьшаться или их использование перестает быть возможным. Создание новых алгоритмов и модернизация уже существующих представляет собой актуальную задачу.

Цель данной работы состоит в разработке алгоритма, определяющего аномальные значения в данных для последующего удаления или корректировки.

Существующие решения

В работе [4] приведены модели и алгоритмы поиска и обнаружения аномалий: статистические модели (AR, ARIMA, фильтры Калмана); нечеткие модели (алгоритмы FRCM, SSOD, FUCOT); скрытые Марковские процессы; кластеризация и классификация (алгоритм кластеризации с-средних, k-средних); метод скользящих окон. Существуют различные классификации методов, решающих задачу поиска аномалий, один из них представлен в [5].

Среди способов взаимодействия с данными при определении аномалий можно выделить: кластерный анализ, выявление аномалий без учителя, с учителем и с частичным учителем. Методы определения аномалий с учителем позволяют выявить выбросы на основе имеющихся данных, которые точно помечены как нормальные или ненормальные. Наиболее часто используемый метод с обучением с учителем - это метод опорных векторов, он также показывает более точные результаты, относительно аналогов.

Метод опорных векторов для одного класса (One Class Support Vector Machine – One-ClassSVM) применяется для поиска аномалий в системах, где нормальное поведение представляется только одним классом. Данный метод определяет границу класса, в котором находятся экземпляры нормальных данных. Если экземпляр оказывается вне класса, он определяется как аномальный. One-ClassSVM представляет собой скорее алгоритм поиска новизны, а не выбросов, т.к. настраивается под обучающую выборку [4].

Помимо вышеупомянутого метода, в данной работе будет рассмотрен поиск аномалий на основе нечеткой логики. Кроме самого значения данным в нечеткой логике сопоставляется функция принадлежности, которая определяет меру того, насколько данный элемент соотносится с каким-либо признаком. Такая её особенность в виде «размытости» данных позволяет учесть границу между нормальными и аномальными данными [6]. При выявлении аномалий на основе нечеткой логики возникает сложность с генерацией нечетких правил, сложнореализуемых на современных, работающих с дискретной логикой устройствах [7-8]. Для выполнения процедуры идентификации аномалий необходимо предварительно проводить обучение системы нечеткого логического выводы по экспериментальны данным. Экспериментальные данные формируются заранее.

Для повышения эффективности используют гибридные методики распознавания аномалий, позволяющие объединять преимущества различных подходов [8]. Одной из таких методик является бэггинг - техника создания ансамблей моделей. Различные техники могут использоваться как последовательно, так и параллельно для достижения усредненных результатов. Несколько моделей (часто называемых «слабыми учениками») обучаются для решения одной и той же проблемы и объединяются для получения лучших результатов. Основная гипотеза состоит в том, что при правильном сочетании слабых моделей можно получить более точные и/или надежные модели.

Схема процедуры бэггинга при поиске аномалий данных

Для параллельной обработки данных из исходного датасета размера N случайным образом формируются две выборки размера B (бутстрэп выборки). Выборки должны содержать одинаковое количество примеров B, но будут различаться отобранными значениями. Для обеих выборок строится классификатор. Далее выходные значениях классификаторов комбинируются усреднением или голосованием. Задача поиска аномалий относится к за-

даче классификации. Для задачи классификации класс, предсказываемый каждой моделью, можно рассматривать как голос, а класс, который получает большинство голосов, является ответом модели ансамбля (это называется мажоритарным голосованием). При использовании такой модели можно ожидать более точный результат, относительно использования одиночных методов на исходном наборе данных. Схема процедуры бэггинга на основе метода опорных векторов и нечеткой логики представлена на рис. 2.

Процедура бэггинга при поиске аномалий данных включает следующие шаги.

1. Из обучающего множества данных размера N извлекается заданное количество (L = 2) бутстрэп выборок одинакового размера B:
2. $\{y_1^1, y_2^1, \ldots, y_B^1\}, \{y_1^2, y_2^2, \ldots, y_B^2\}$, $y_b^l \equiv b$ - тое наблюдение l - той бутстрэп выборки.
3. На основе бутстрэп выборки 1 строится модель на основе метода опорных векторов. На основе бутстрэп выборки 2 строится модель на основе нечеткой логики.
4. Обучение L = 2 почти независимых слабых учеников (по одному на каждый датасет) $\omega_1(\cdot), \omega_2(\cdot)$.
5. Определяется общий результат путем мажоритарного голосования моделей с меньшим разбросом $s_L(\cdot) = \arg\max_k \left[card\left(l \middle| \omega_l(\cdot) = k\right)\right]$.

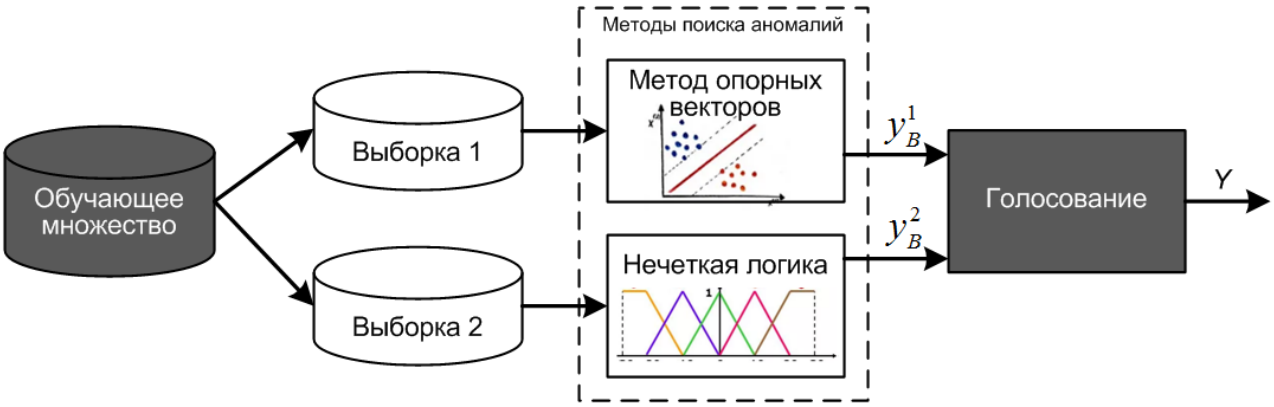


Рис. 2. Схема процедуры бэггинга

В результате получили модель ансамбля поиска аномалий с разбросом меньшим, чем ее отдельные компоненты. Так как выборки являются примерно независимыми и одинаково распределенными, то же самое касается и обученных слабых учеников. «Усреднение» результатов слабых учеников не изменяет ожидаемый ответ, но уменьшает его разброс (так же, как усреднение независимых одинаково распределенных случайных величин сохраняет ожидаемое значение, но уменьшает разброс).

Заключение

Таким образом, задача поиска аномалий, рассмотренная в данной статье, имеет большое значение при работе с наборами данных. При наличии широкого выбора методов решения этой проблемы, главной целью становится увеличение точности получаемых результатов. Выбор наиболее часто используемых и точных методов, таких как метод опорных векторов для одного класса и метод на основе использования нечеткой логики, и их объединение помогает не только улучшить результат, но и распараллелить процесс обработки, за счет независимого обучения двух моделей. В дальнейших исследованиях будут реализованы ансамбли моделей для получения экспериментальных результатов.

Список литературы

1. Data Age 2025. The Digitization of the World. URL: https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf (дата обращения: 09.04.2021).
2. Arindam Banerjee Varun Chandola and Vipin Kumar, Anomaly detection : A survey, ACM Computing Surveys, 2009.
3. Chandola, V. Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey / V. Chandola, URL: https://www.vs.inf.ethz.ch/edu/HS2011/CPS/papers/ chandola09_anomaly-detection-survey.pdf.
4. Chandola V. Anomaly Detection : A Survey.The University Of Minnesota. 2009. 72 с.
5. Patcha, A. An overview of anomaly detection techniques: Existing solutions and latest technological trends / A. Patcha, J. M. Park // Computer Networks.–2007.–Vol. 51, No. 12.–pp. 3448-3470
6. Е. В. Зубков, В. М. Белов, «Методы интеллектуального анализа данных и обнаружение вторжений», Вестник СибГУТИ № 1, 2016.
7. Zadeh, L.A. Fuzzy sets // Information and control. 1965. Vol. 8, no. 3. Pp. 338–353.
8. Афанасьева Т.В., Заварзин Д.В. Алгоритм поиска аномалий в процессах на основе нечетких тенденций временных рядов // В сборнике: Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. КИИ-2014. Труды конференции. 2014. С. 5-12.
9. Шкодырев В.П., Ягафаров К.И., Баштовенко В.А., Ильина Е.Э. Обзор методов обнаружения аномалий в потоках данных URL: http://ceur-ws.org/Vol-1864/paper_33.pdf (дата обращения: 09.04.2021).

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

BOOKING-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АРЕНДЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Бобарыкин Ф.П.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим идею создание Booking-приложение для аренды автомобилей.

Ключевые слова: booking, каршеринг, аренда

Какие вещи обычно люди берут с собой в путешествие? У всех людей это примерно один набор. Паспорт, кошелек или кредитная карточка и чемодан с одеждой, зубной пастой, лекарствами. Но есть вещи, которые человек обычно не может взять с собой. И первое, что приходит на ум это свой дом или квартиру. В этом случае человек вынужден заселяться в отели или останавливаться в съемной квартире. Конечно, в эру интернета существует масса специальных сайтов, которые созданы помочь вам в забронировать лучшее жилье по лучше цене.

Например, сайт bookin.com он специализируется на подборе вариантов отелей и съемного жилья от компаний. Пользователи могут воспользоваться зачастую самым лучшим предложением на рынке, а главное сравнить все варианты по множеству параметров. Сайт существует уже достаточно давно и его название стало нарицательным и обозначает аренду чего либо.

Естественно, как и в любой другой нише у букинга существуют конкуренты. Один из самых популярных из них это Airbnb.com.

На обоих сайтах пользователи могут снять жилье, где они смогут провести одну или несколько ночей. Но принципиальное отличие заключается в том, что на airbnb представлены объявления от частных лиц, которые сдают свою квартиру посуточно. Здесь вы не найдете предложение отелей. Эти два сайта являеются проявлением лучшего опыта на рынке.

Вернемся к вещам, которые человек не может взять с собой в путешествие. С жильем разобрались, воспользовавшись одним из сайтов агрегатов, мы сняли хорошую квартиру.

С едой, в принципе, все понятно, каждый город усыпан кафешками и ресторанами, так что еду по вкусу, человек может найти не используя интернет.

А вот с автомобилем все не так очевидно. Существует огромное количество ситуаций, когда человеку необходимо снять автомобиль на время, а еще он хочет найти лучшую цену и получить автомобиль сразу в аэропорту или около своего отеля. На самом деле, подобные сайты также уже существуют. Например, тот же букинг предоставляет услуги по агрегированию объявлений аренды автомобилей. Я считаю, что это очень хороший сервис, но у него есть несколько очевидных недостатков.

Во-первых, это раздел основного сайта по аренде жилья, а автомобили лишь дополняют его.

Во-вторых, сравним цены, попытаемся снять автомобиль мерседес Е класса в аэропорте пулково на один день. И предоставлять нам будет его компания Avis. А еще заметим цену в 11 284 на один день.

А теперь давайте зайдем на официальный сайт avis в России и увидим, что тот же мерседес Е класса нам предлагают уже за меньшую цену в 10 988. Да, разница не существенная и по справедливости сказать, есть автомобили у которых цена посуточной аренды меньше на сайте букинга при одинаковых параметрах. Тут важно отметить непонятность и неоднозначность ценообразования.

Пытаясь найти сайт по аренде автомобилей я снова и снова попадал на примеры, когда агрегатор автомобильной аренды прикреплялся к уже существующему сайту другой тематики. Как, например, сайт трипэдвайзер создан для путешественников,а сегодня он также предоставляет сервис по аренде автомобилей, агрегируя предложения различных компаний.

Нам удалось найти примеры сайтов построенных на системе букинга, когда агрегатор работает только с большими компаниями.

Давайте вспомним сайт aribnb, где квартиры в аренду сдавали обычные люди. Таких примеров мне найти вообще не удалось. Но необходимо подтвердить, что простые люди, также хотят сдавать свои автомобили в аренду и получать с этого дополнительный доход.

Давайте посмотрим на самой популярной доске объявлений в России Avito.ru. И действительно, есть объявления, где пользователи предлагают в аренду личные автомобили. Но здесь возникает сразу несколько второстепенных проблем.

Во первых, объявление было достаточно проблематично найти среди всяких разнообразных объявление о сдаче автомобиля для такси.

Во вторых, многим пользователям даже не пришло бы в голову искать машину в аренду на АВИТО.

Давайте посмотрим на объявление более подробно. Человек сдает свой автомобиль в городе Санкт-Петербург. Он создал достаточно хорошее объявление и четкое описание к нему. Это говорит лишь об одном, что есть люди, которые хотели бы использовать свой автомобиль, как актив и получать с него прибыль. Так же давайте обратим внимание на количество просмотров в день. 19 просмотров и так как я специально выбрал объявление с машиной, которая не подходит под использование в такси, мы можем сказать, что 90% людей заинтересованы именно в посуточной аренде машины для личных целей.

Обратимся к конкурентам данного объявления. Компаниям, которые предлагают арендовать автомобиль. Посмотрим на уже знакомый сайт avis. Автомобили на один день в Санкт-Петербурге. Можем заметить, что цена отличается в разы. Я понимаю, что в большинстве случаев этот автомобиль будет новее, чем тот, что мы рассматривали на авито, но у людей тоже бывают разные потребности. например цена не более какой то величины или большой багажник.

По итогу вышеперечисленных вводных мы получаем следующие результаты. Необходимо создать сайт (мобильное приложение, сервис), где одни пользователи смогут брать автомобили в аренду у других. При создании необходимо ориентироваться на имеющиеся референсы и устоявшиеся положения. Нужно составить техничекое задание, и осуществить разработку пользовательского интерфейса для портала по аренде автомобилей, который сможет занять свою нишу среди конкурентов.

Список литературы

1. Booking.com (https://www.booking.com).
2. Алан Купер, Дэвид Кронин, Роберт Рейман “Основы проектирования взаимодействия”.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО МОБИЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ БИЛЬЯРДНОГО СПОРТА

Есипова С.О., Назаренко Н.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье описываются основные шаги, сделанные при проектировании пользовательского мобильного интерфейса для бильярдного спорта: определение актуальности работы, формулировка функциональных требований, функциональная оптимизация поиска турниров по фильтру и быстрой оплаты, а также создание макетов.

Ключевые слова: бильярд, мобильное приложение, пользователь, пользовательский интерфейс, проектирование, фокус-группа.

Популярность бильярда, как спорта, стала охватывать все больше людей сравнительно недавно. За небольшой срок игра захватила огромное число поклонников, так быстро не развивался ни один вид спорта. Именно из-за роста популярности люди ищут всю доступную информацию по бильярду в интернете. Появляются новые соревнования, на которые может зарегистрироваться начинающий игрок. Тем не менее, несмотря на обилие различных сайтов по бильярду, действительно удобных и интуитивно понятных сайтов мало, а мобильного приложения, ориентированного на бильярдный спорт не существует.

Целью работы было спроектировать пользовательский мобильный интерфейс для бильярдного спорта, таким образом, чтобы он удовлетворял основным требованиям и потребностям целевой аудитории, как в визуальном плане, так и со стороны проектирования взаимодействия.

Чтобы спроектировать итоговый интерфейс будущего продукта, мной был разработан поэтапный план:

1) анализ предметной области;
2) разработка диаграммы прецедентов использования приложения;
3) разработка списка функциональных требований к приложению;
4) разработка диаграммы состояний приложения;
5) разработка макетов интерфейса.

Рассмотрим каждый из этапов подробнее:

Был выбран метод фокус-группы, разработанный Робертом Мертоном в 1940-е годы, предназначенный для получения информации от группы людей, которые пользуются существующими сайтами бильярдного спорта. На основе свободной дискуссии обсуждались поставленные перед пользователями вопросы о сайтах. Вся важная информация была зафиксирована и в результате ее обработки были выделены две основные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи сайтов:

- Неудобный поиск турниров. Пользователям довольно сложно найти подходящий турнир по городу, дате, виду бильярда и рейтингу ELO[1]. Фильтр в разделе поиска турниров не налажен на сайтах бильярдного спорта. Нужно продумать грамотное расположение фильтра и его функциональные возможности.
- Сложный и неудобная оплата взноса или ее отсутствие. В некоторых турнирах, при регистрации на них, необходимо оплатить взнос. Некоторые сайты убирают данную возможность или усложняют оплату, добавляя непопулярные платежные системы. Необходимо не только простить оплату взноса, но и создать систему лояльности и начислять бо-

нусы за оплату на сайте или в мобильном приложении. Пользователь получит позитивный опыт взаимодействия с интерфейсом и системой.

Следующей задачей, решенной при помощи анализа результатов фокус-группы, стала задача создания полного списка возможностей, которые хороший интерфейс должен предоставлять своему пользователю. Далее были сформулированы требования к мобильному интерфейсу – дополнительный функционал, который придаст ему новизну и уникальность.

Рис. 1. UML-диаграмма прецедентов мобильного приложения

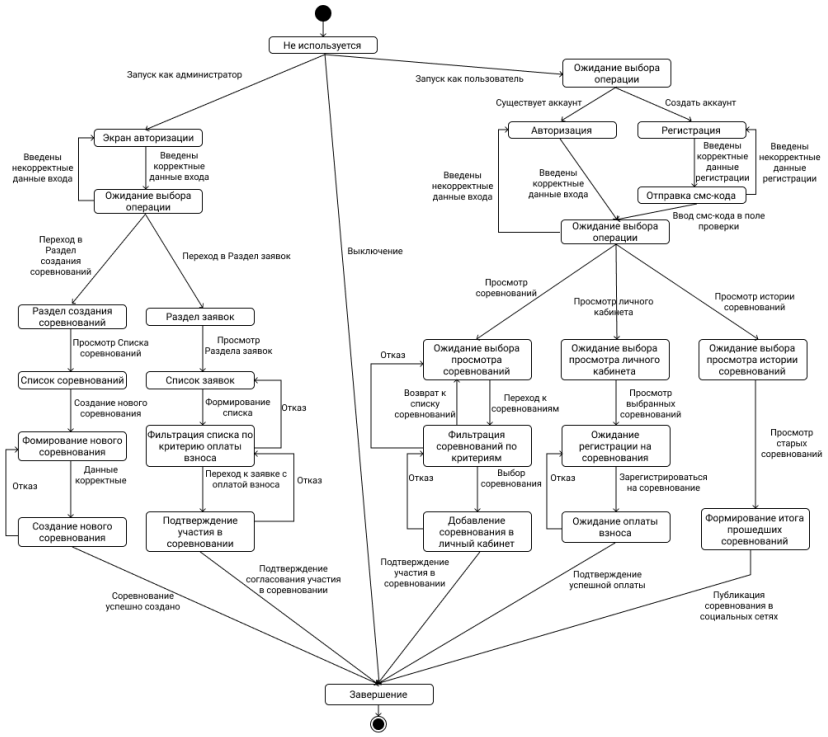


Рис. 2. UML-диаграмма состояний мобильного приложения

На основе полученных функциональных требований были разработаны UML-диаграммы. Первой была разработана диаграмма вариантов использования, или диаграмма прецедентов (ее графическое представление без спецификации представлено на рис. 1). Она помогла формализовать основные действия, которые может совершить

пользователь. Следующей UML-диаграммой была сделана диаграмма состояний (рис. 2). На данной диаграмме представлены элементарные состояния системы, а также условия переходов между ними.

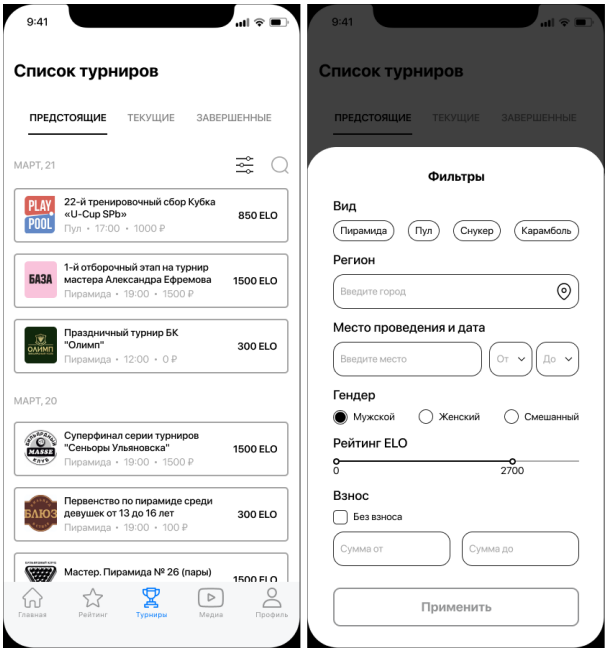


Рис. 3. Макет поиска турнира по фильтрам в пользовательском мобильном интерфейсе

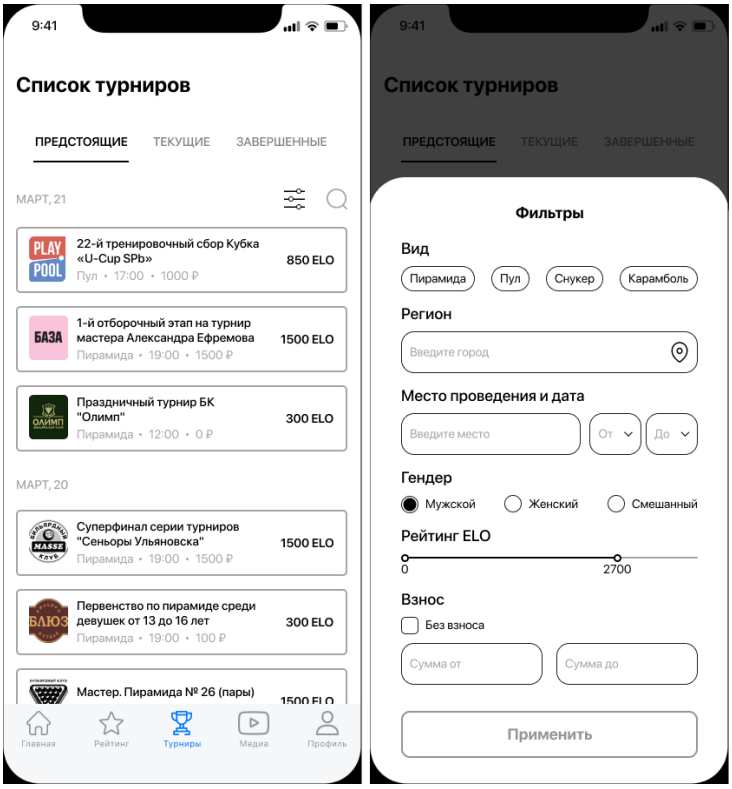


Рис. 4. Макет быстрой оплаты взноса на турнир в пользовательском мобильном интерфейсе

На основе анализа литературы [2], а также полученных результатов по итогам проделанных этапов, были созданы макеты приложения, решающие проблему с поиском турнира по фильтрам (рис.3) и удобной оплаты взноса (рис.4). Как можно увидеть на макете

(рис.3), пользователь переходит в раздел «Турниры» и может выбрать турнир из списка или по фильтру. Так же пользователь в два клика по кнопкам может оплатить взнос на турнир (рис.4).

В результате проведенной работы была определена актуальность, поставлены цели и задачи, выбран метод фокус-группы. Полученная информация была проанализирована, изучены научные статьи, посвященные мобильным интерфейсам. На основе анализа составлены функциональные требования, UML-диаграммы прецедентов и состояний. В конце были спроектированы макеты поиска турниров по фильтрам и быстрой оплаты в пользовательском мобильном интерфейсе.

Список литературы

1. Карпов А.Е. Шахматы: энциклопедический словарь.— М.: Советская энциклопедия, 1990. С. 136 - 621;
2. Ремаренко С.А., Фролов Д.А. Анализ возможностей использования технологий мобильных приложений в деятельности предприятия // Молодой ученый. 2015. № 22-5 (102). С.32-32.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХСТОРОННЕГО ДИНАМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО КОНФЛИКТА

А.С. Мамончикова

ПАО «Интелтех»

Аннотация. стремительное развитие средств дестабилизирующих воздействий на телекоммуникационную систему требует совершенствования научно-методического аппарата моделирования эффектов от таких воздействий. На сегодняшний день, недостаточно изученными остаются динамические процессы информационного конфликта в условиях совместного влияния средств дестабилизирующих воздействий и технических средств разведки на телекоммуникационную систему. Проблемная ситуация: наличие интегральных воздействий на телекоммуникационную систему технических средств разведки и средств дестабилизирующих воздействий, при отсутствии моделей, формализующих подобные трехсторонние взаимодействия.

Ключевые слова: динамический конфликт; динамические системы; информационный конфликт.

Предметом исследования является соотношение конкурентного распределения информационных ресурсов между сторонами информационного конфликта, которое соответствует выигрышу стороны телекоммуникационной сети (ТКС). Объектом исследования является ТКС в условиях влияния средств дестабилизирующего воздействия (СДВ) и технических средств разведки (ТСР). ТКС функционирует в условиях дестабилизирующих воздействий и ТСР, которые снижают устойчивость ТКС. Как показано в работе [1], для моделирования информационного конфликта может быть использован различный научно-методический аппарат, а именно: теория марковских процессов; теория сетей Петри; теория стохастических сетей и др. Однако, формализация информационного конфликта с помощью названного научно-методического аппарата не учитывает динамические характеристики процессов информационного конфликта. Известны работы в области информационного конфликта, которые основываются на научно-методическом аппарате теории динамических систем, например [2-3]. Но в этих работах рассматривается двусторонний информационный конфликт, а вариант трехстороннего информационного конфликта не рассматривается. Необходимость рассмотрения именно такого динамического информационного конфликта обусловлена

необходимостью формализации совместного воздействия ТСР и СДВ на ТКС, как различных трех сторон в информационном конфликте. Информационный ресурс в составе ТКС снижается, вследствие конкуренции за него двух сторон: ТСР, нарушающих функционирование узлов и каналов связи ТКС и конфиденциальность информации, которой владеет ТКС, а также СДВ, нарушающей функционирование узлов и каналов связи ТКС, целостность и конфиденциальность информации о состояниях, намерениях и действиях ТКС, из-за чего наращиваются информационные ресурсы СДВ и ТСР, за счет получения, передачи, обработки, хранения и воспроизведения информации о ТКС, с целью вызвать ее структурные или функциональные изменения. Задача – повысить устойчивость ТКС, перейдя из начального состояния ее проигрыша в состояние выигрыша. На сегодняшний день разработаны обобщенная и частная модели трехстороннего динамического информационного конфликта, над разработкой методики достижения выигрыша телекоммуникационной системы в условиях воздействия на нее двух других сторон информационного конфликта сейчас ведется активная работа.

Список литературы

1. Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Информационные конфликты – анализ работ и методологии исследования // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95-178.
2. Макаренко С.И. Динамическая модель системы связи в условиях функционально-разноуровневого информационного конфликта наблюдения и подавления // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 122-185.
3. Михайлов Р.Л. Модель динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте в виде иерархической дифференциальной игры трех лиц. Наукоемкие технологии. 2018. Т. 19. № 10. С. 44-51.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕССЕНДЖЕРОВ УЧАЩИМИСЯ

Строева Е.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматривается возможность отказа от конструирования универсальных мессенджеров в пользу более узконаправленных, лучше подходящих своим пользователям. Приводятся результаты исследования использования популярных мессенджеров учащимися, по которым даются рекомендации разработчикам приложений с целью создать наиболее эргономичный для учащихся продукт.

Ключевые слова: мессенджер, общение, анализ, пользователь, учащийся, функционал, эффективность

Мессенджер – это программа (приложение) для мгновенного обмена сообщениями через интернет [1]. С развитием информационных технологий часть общения людей перешла в онлайн-формат. Многие современные мобильные приложения, предоставляющие людям возможность общаться в режиме реального времени, в погоне за популярностью стараются стать универсальными и удовлетворить запросы как можно большего количества людей. Однако, нельзя забывать, что все люди разные: возраст, род занятий, круг интересов и множество других факторов, определяющих поведение человека, не позволят универсальному приложению стать действительно удобным инструментом для решения повседневных задач конкретного пользователя. С другой стороны, не представляется возможным и создание системы под каждого отдельного

человека. Лучшим вариантом будет разделение пользователей на категории по общим признакам и подстройка приложения под одну определенную категорию. А потому, эргономике мессенджеров необходимо уделить внимание.

Целью данного исследования является выявление функционала, необходимого для удобного онлайн-общения студентов и учащихся старших классов школ. На основе результатов исследования можно дать рекомендации по адаптированию мессенджеров к пользователям.

Для изучения потребностей целевой аудитории была составлена анкета, включающая в себя как общие для опрашиваемых вопросы (27 шт.), так и вопросы, задаваемые при выполнении определенных условий (89 шт.). Учитывались время ежедневного использования приложения пользователем, отношение к мессенджеру в целом и к его составляющим в частности, задачи пользователя и особенности решения им этих задач. Был проведен сравнительный анализ мессенджеров и поведения их пользователей. В анкетировании приняли участие 154 человека из разных городов РФ в возрасте от 16 до 24 лет, получающие среднее, среднее профессиональное или высшее профессиональное образование.

Анализ ответов показал, что:

Наиболее популярными мессенджерами среди молодежи являются VK Messenger (используют 87% опрошенных), Telegram (82%) и WhatsApp (59%). В среднем человек использует для общения 4 разных приложения. Использующих только один мессенджер значительно меньше – 6% опрошенных (рис. 1). Эти данные совпадают с исследованиями, проведенными компанией Deloitte в 2020 году [2] и Фондом «Общественное мнение» в 2021 году [3], однако, список популярных у учащихся мессенджеров сильно отличается от представленных там списков для всех россиян. Это говорит об отличии учащихся от других категорий людей и, следовательно, необходимости учитывать их особенности при разработке мессенджеров.

Рис. 1. Диаграмма «Количество мессенджеров на человека»

52% учащихся отмечают, что используют несколько мессенджеров потому, что нет единого удобного приложения для решения всех их задач (рис. 2). Отсюда можно сделать

вывод, что либо приложениям не всегда хватает необходимого пользователям функционала, либо он неудачно реализован.

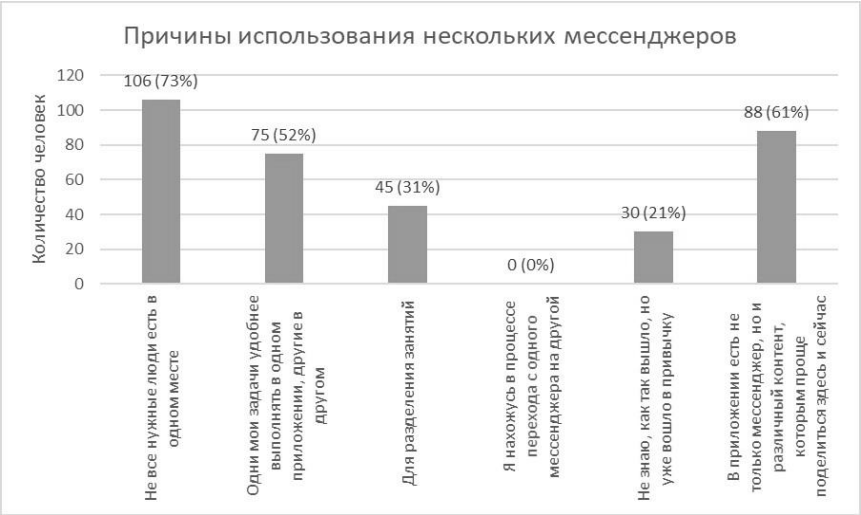


Рис. 2. Диаграмма «Причины использования нескольких мессенджеров»

Отправка денег – наименее популярная среди респондентов функция, поскольку никто ее не использует хотя бы раз в неделю, и 80% из тех, у кого имелась возможность использовать функцию, не использовали ее никогда. Это объясняется недоверием учащихся к этой функции (на вопрос: «Доверяете ли вы функции отправки денег в мессенджерах?» 87% ответили «Нет, лучше через приложения банка или лично»).

Отправка граффити также почти не используется опрашиваемыми. 45% не использовали эту функцию совсем, и лишь 1% отвечавших использует ее хотя бы раз в неделю.

Отправкой местоположения активно пользуются всего 5% учащихся, при этом 48% эта функция не востребована.

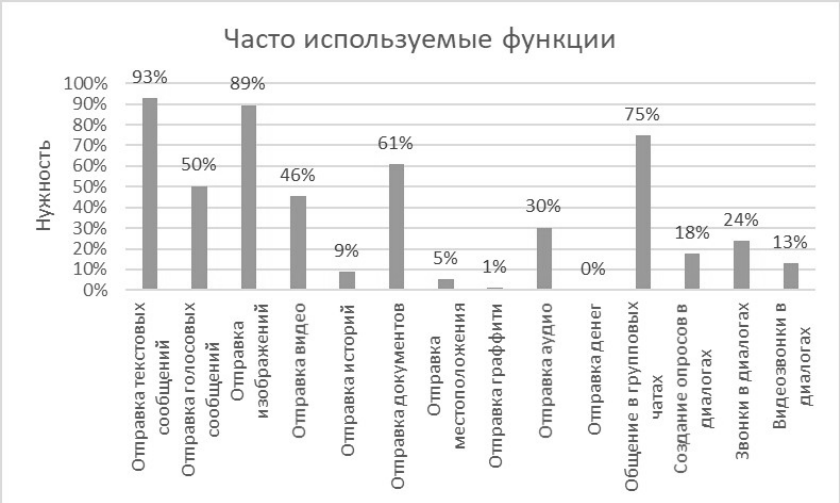


Рис. 3. Диаграмма «Часто используемые функции»

Чуть чаще пользователям нужна отправка историй – 9% используют функцию часто, 45% не используют совсем.

В качестве наиболее необходимых функций можно выделить: отправку текстовых сообщений, отправку изображений и общение в групповых чатах. На их совершенствование разработчикам мессенджеров стоит обратить внимание прежде всего.

Количество использующих (не использующих) функции на рис. 3 и рис. 4 представлено в процентах от общего количества пользователей, имевших возможность использовать эту функцию.

63% учащихся ответили положительно на вопрос: «Нужна ли возможность скрывать свой статус онлайн?». Сейчас такая функция есть не во всех популярных приложениях.

30% опрошенных иногда используют защищенные чаты, 26% могли бы использовать, если бы они были в приложении, 26% считают принципиально важным наличие защищенных чатов в мессенджере, 13% не знают, что это такое, и лишь 5% считают, что такие чаты им не нужны совсем. Функция есть далеко не во всех мессенджерах.

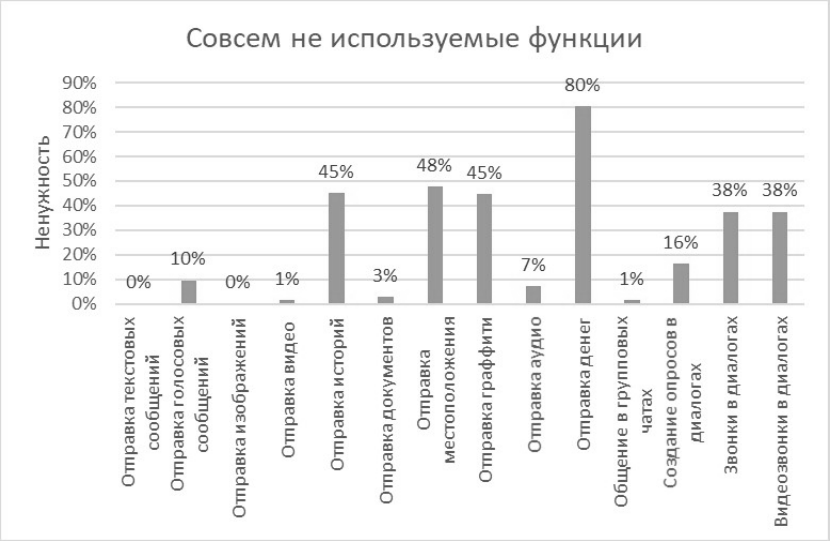


Рис. 4. Диаграмма «Совсем не используемые функции»

Рис. 5. Диаграмма «Желания пользователей»

Самые нужные по мнению пользователей функции, которых не достает мессенджерам: возможность закрепить несколько сообщений в беседе (55%), поиск по

содержимому файлов (48%) и возможность включения запрета на пересылку сообщений (38%) (рис. 5).

Рекомендации разработчикам мессенджеров

В результате проведенного исследования можно дать следующие рекомендации:

1. Убрать или изменить реализацию наименее используемых функций, таких как отправка денег, граффити, местоположения и историй;

2. Добавить (при отсутствии) наиболее желаемые учащимися функции, такие как защищенные чаты, возможность закрепить несколько сообщений в беседе, поиск по содержимому файлов и возможность включения запрета на пересылку сообщений;

3. Улучшить наиболее часто используемые функции: отправка текстовых сообщений, отправка изображений и общение в групповых чатах.

Проведенный анализ показал, что разработчики мессенджеров могут повысить эффективность использования мессенджеров учащимися и, возможно, сократить количество установленных мобильных приложений на их устройствах, а следовательно, снизить число конкурентов за свою целевую аудиторию.

Список литературы

1. Свободная энциклопедия Википедия, статья "Система мгновенного обмена сообщениями": сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_мгновенного_обмена_сообщениями
2. Медиапотребление в России – 2020 // Исследовательский центр компании «Делойт» в СНГ. С. 34. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/technology-media-telecommunications/russian/mediapotreblenie-v-Rossii-2020.pdf
3. Социальные сети и мессенджеры // ФОМ MEDIA: интернет-изд. 2021. 23 мар. URL: https://fom.ru/SMI-i-internet/14555

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ЦИФРОВАЯ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ OTT-ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Бойсунов Б.П. , Короткова Л.А.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы развития телевидения на основе сверхсовременных технологий. Описаны преимущества и недостатки новой технологии, представлена гибридная модель использования OTT-телевидения и IP-телевидения.

Ключевые слова: OTT-телевидение, IP-телевидение, HTTP, UDP, TCP

Несмотря на сильные позиции классического кабельного и спутникового телевидения в последнее время наблюдается активное развитие альтернативных способов организации доставки контента конечному пользователю. В частности, наибольшее распространение получила технология IP-телевидения. Но, несмотря на ряд преимуществ этой технологии, игроки альтернативного рынка все чаще обращают внимание и отдают предпочтение другому, тоже относительно молодому способу организации доставки контента – OTT-телевидению. OTT-значит "Сверху". Это новый принцип доставки медиаинформации через Интернет непосредственно на абонентские устройства, подключенные к сети.

OTT не требует выделенной сетевой инфраструктуры оператора, потому как OTT использует открытый Интернет и его общие протоколы. Технология OTT позволяет передавать контент на многие типы устройств - от приставки STB до мобильного телефона. OTT прост в управлении, интеграции и экономичен в потреблении системных ресурсов. Система управления контентом используется для публикации и авторизации просмотра контента, она может быть расположена в любой точке мира.

Например, видео может отображаться на экране компьютера, мобильного телефона или iPad. А через игровую приставку, blu-ray плеер, приставку- STB - на экран телевизора. Это позволяет смотреть видео с помощью одного аккаунта в любом месте и в любое время [1].

Преимущества OTT TV.

Основным преимуществом технологии OTT является возможность доставки контента на любое воспроизводящее устройство, имеющее функцию доступа в Интернет и поддерживающее протокол HTTP, то есть к контенту может получить доступ любой пользователь Интернета. Наряду с этим, OTT TV обладает теми же полезными "способностями", что и IP TV:

- шифрование в различных форматах видеоконтента для просмотра на различных абонентских конечных устройствах;
- передача кодированного видеоконтента с возможностью записи отдельных трансляций на абонентские устройства пользователей;
- предоставление видеоконтента по запросу с возможностью просмотра в режиме реального времени или записи на абонентское устройство для дальнейшего просмотра.

Учитывая тот факт, что производители контента могут предоставлять свои услуги конечным пользователям в обход операторов, можно охватить более широкую аудиторию вероятных абонентов и в результате занять значительную долю рынка.

Недостатки OTT TV.

Конечно, как и любая технология, имеющая ряд преимуществ, OTT TV имеет определенные недостатки. Главным из них является тот факт, что интернет изначально является "неуправляемой" сетью, в которой пропускная способность для конечного пользователя неконтролируема. В результате низкая скорость потока и низкое качество видео.

Для решения этой проблемы требуется использование буферизации, которая негативно влияет на предоставляемую услугу. Буферизация осуществляется с адаптацией битрейта, на интервалах которого нагрузки сети существенно меняются, что позволяет оптимизировать качество изображения с учетом изменяющейся полосы пропускания.

К недостаткам технологии OTT также можно отнести то, что протокол HTTP должен использоваться в качестве транспортного протокола для всех видов контента и всех сервисов, включая предоставление услуг Video -on-demand. Соответственно, технология OTT должна быть адаптирована к учету особенностей всех типов абонентских устройств (компьютеров, телевизионных приставок, мобильных устройств и др.) для качественного и бесперебойного предоставления услуг [2].

Различия между OTT TV и IP TV.

Традиционное IP-телевидение:

- доставка по контролируемой выделенной сети, управляемой и поддерживаемой оператором;
- использует технологию передачи транспортного потока, как в спутниковом телевизионном вещании;
- доставляет контент в режиме многоадресной рассылки по UDP в режиме дейтаграммы.

OTT-ТВ:

- использует протокол HTTP, который широко используется для транспортировки веб-страниц через Интернет;
- HTTP основан на транспортном протоколе с установлением TCP-соединения, что более практично, чем UDP;
- TCP-соединение легче установить и контролировать, что позволяет устанавливать TCP-соединения даже через брандмауэры, NAT, домашние и офисные сети.

С помощью OTT любой человек, обладающий достаточными возможностями веб-хостинга, может транслировать любую аудио-и видеоинформацию зрителям по всему миру через открытая интернет-сеть. HTTP уже давно используется в качестве транспортного решения для видео по запросу (VOD) [1]. OTT-технологии в настоящее время привлекают внимание телекоммуникационной и телевизионной индустрии. Всех привлекают неограниченные возможности доставки контента любому пользователю Интернета. Но в дополнение к технологическим ограничениям существуют также права на контент, имеющие четкие географические границы, которые нельзя нарушать. На фоне всего вышесказанного становится очевидной тенденция на рынке, заключающаяся в появлении гибридных IP-телевизионных решений / OTT-ТВ.

Ниже приведены цели проекта hybrid IP TV / OTT TV:

- предоставлять услугу пользователям, заинтересованным в качественном видеосервисе (QoS);
- предлагайте каналы и другой контент в формате HD;
- сделайте местный контент доступным из любой точки мира;
- предоставление услуги на различных абонентских устройствах;
- используйте любые источники контента для создания большой видеотеки;
– обратитесь к удаленным пользователям, где есть только подключение к Интернету;
- обеспечить удобное использование сервиса независимо от источника и типа пользовательского устройства.

При этом первые две задачи находятся в рамках функционала IP – vision, а остальные- OTT-TV и hybrid TV. Одним из важнейших факторов, способствующих соединению технологий, является поддержка мультиэкранности. Это одно из главных преимуществ OTT, позволяющее получать доступ к контенту с любого устройства, подключенного через широкополосную связь. Операторы IP - телевидения заинтересованы в этой функциональности, так как она позволяет повысить потребительскую ценность услуг и сохранить за операторами место в цепочке предоставления видеоуслуг, на которое претендуют различные интернет-порталы [3].

Подводя итог, можно сказать, что будущее OTT-TB далеко не туманно и эту технологию следует воспринимать всерьез как очередной виток эволюции платного телевидения. Темпы дальнейшего роста и развития этого сегмента ограничены лишь степенью охвата населения широкополосным доступом в Интернет и отсутствием необходимого в настоящее время объема качественного и интересного для потребителя контента. Что, в свою очередь, является лишь вопросом времени.

Список литературы

1. OTT – доступные технологии вещания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sis inc.ru/digtv/solutions/ott.html. (Дата посещения 17.04.21)
2. Перспективы развития OTT-TV // Журнал «Broadcasting. Телевидение и радиовещание». – 2012. – № 5.
3. Яшенкова Н., Школьников М. OTT: эволюция или революция? // Журнал «Mediavision». – 2012. – № 4/24.

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЦАП ДЛЯ МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ И АТТЕНЮАТОРОВ НА ПЛИС

Ганьжин В. С., Андреева О. М.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе представлено описание программного модуля управления ЦАП, реализованного на ПЛИС. Основной задачей работы модуля является передача информации от внутренней логики ПЛИС к ЦАП. Описываются принцип работы и особенности ЦАП, внутренней логики ПЛИС, содержатся сведения об анализе входных и выходных параметров ЦАП. Приводятся результаты моделирования в среде САПР ModelSim.

Ключевые слова: ЦАП, ПЛИС, регистры, моделирование, САПР.

Введение

Одним из распространенных методов пеленгования в современных РЛС является амплитудный метод [1]. В данной работе рассматривается реализация модуля управления ЦАП, который расположен в приемном блоке такой РЛС.

Для обеспечения точности наблюдения, в приемном устройстве необходимо использовать МШУ и аттенюаторы [2]. Их работой управляет ПЛИС опосредованно через внешний ЦАП модели AD5724R. Структурная схема, используемой в работе ПЛИС модели MAX 10M08SAE144I7G, приведена на рисунке 1 [3].

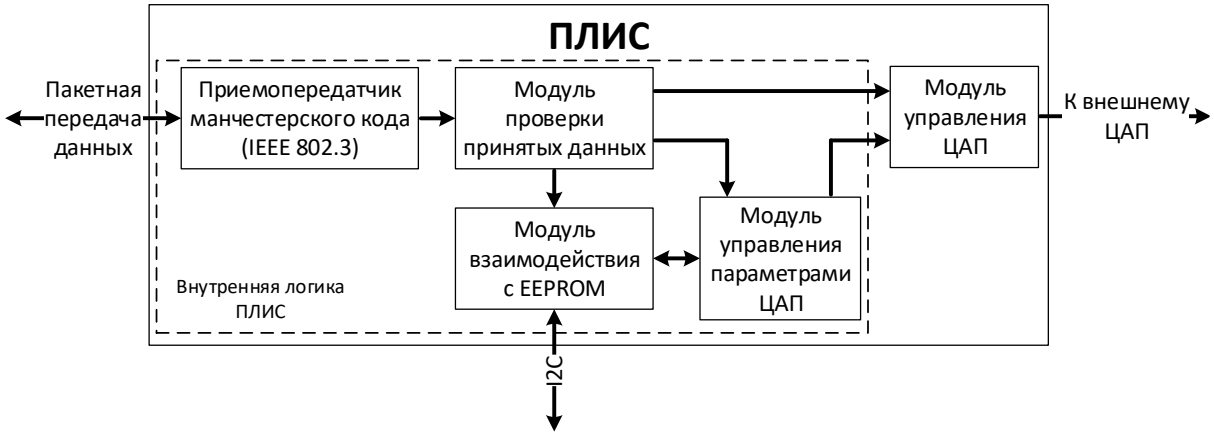


Рис. 1. Структурная схема CPLD MAX 10M08SAE144I7G

На приемопередатчик поступают данные с применением манчестерского кода по формату IEEE 802.3. С приемопередатчика данные проходят через модуль проверки и поступают на модули взаимодействия с EEPROM, модули управления ЦАП и управления параметрами ЦАП. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ, предназначенное для хранения калибровочных данных, зависящих от ослабления и диапазона частот, в котором ведется пеленг. Интерфейс между EEPROM и модулем взаимодействия с EEPROM реализован по протоколу I2C. На модуль управления параметрами ЦАП по запросу поступают калибровочные данные. После этого блок управления параметрами формирует входные сигналы для модуля управления ЦАП. Функция модуля управления ЦАП – формирование выходных сиг-

налов, с помощью которых устанавливаются уровни напряжений на ЦАП при инициализации и изменяются в случае появления сигнала обновления от внутренней логики ПЛИС.

Задачей является разработка модуля управления внешним ЦАП, который должен обеспечивать:

1) прием данных от внутренней логики ПЛИС;

2) формирование выходных сигналов для инициализации ЦАП;

3) формирование выходных сигналов для обновления каналов ЦАП по импульсу от внутренней логики.

Разработка модуля управления внешним ЦАП

На рисунке 2 представлена функциональная схема внешнего ЦАП AD5724R, выходные сигналов с каналов A-D которого управляют работой МШУ и аттенюатора. На вход ЦАП поступают сигнал от ПЛИС. Все сигналы полностью описаны в паспорте устройства [3].

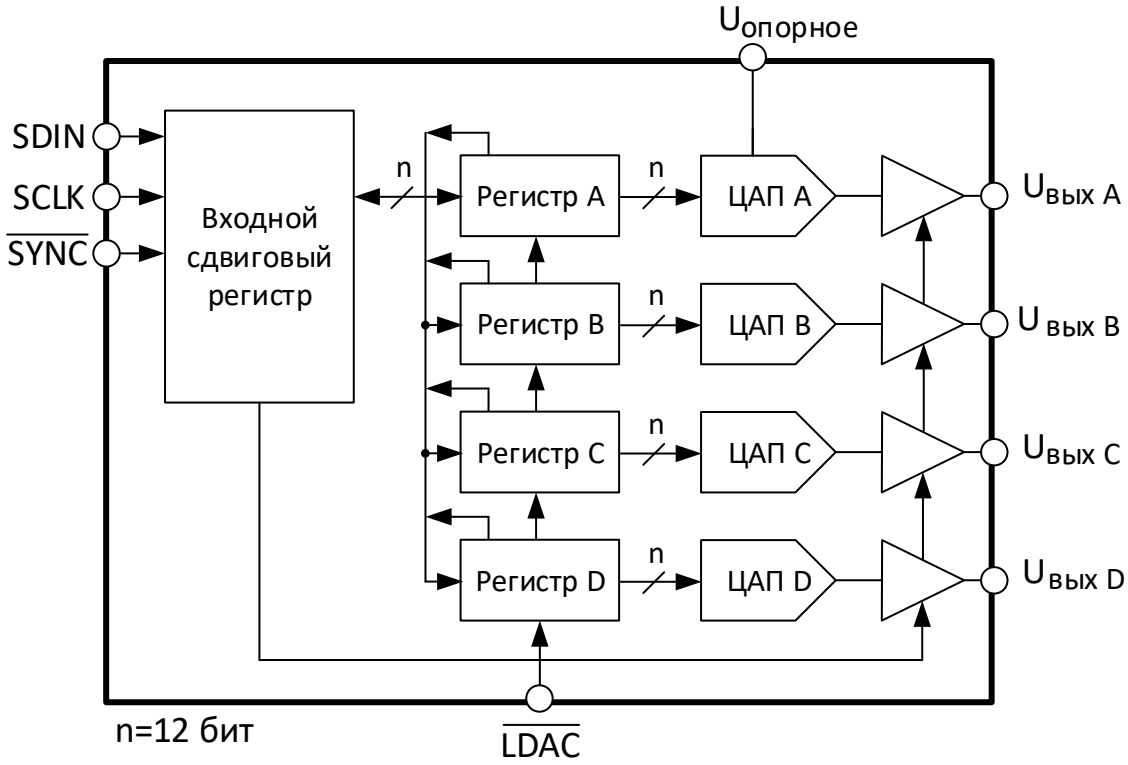


Рис. 2. Функциональная схема ЦАП AD5724R

ЦАП имеет входной 24 битный регистр, состоящий из бита чтения и записи $R/\overline{W}$, зарезервированного нулевого бита, 3 битов выбора регистра (REG0-2), 3 адресных битов (A0-2) и 16 битов данных (см. таблицу 1). В зависимости от полученной во входном регистре информации осуществляется управление внутренними канальными регистрами и микросхемой в целом (см. таблицу 2 и таблицу 3).

Работа ЦАП состоит из 2 режимов: процесс инициализации и режим штатной работы. Инициализация состоит из 4 этапов:

1) Загрузка в ЦАП данных для установки диапазона выходных напряжений на каналах A-D. Поскольку все каналы работают в диапазоне ±5 В, во входной регистр должна поступить последовательность [3]: 00001100XXXXXXXXXXXXX011, где X – незначимый бит.

Таблица 1.

Формат данных для входного регистра

DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15-0
$R/\overline{W}$	0	REG2	REG1	REG0	A2	A1	A0	Данные

Таблица 2.

Последовательности REG0-2 и исполняемая функция

REG2	REG1	REG0	Функция
0	0	0	Обращение к A-D
0	0	1	Установка диапазона напряжений
0	1	0	Управление режима-ми каналов

Таблица 3.

Последовательности A0-2 и обращение к регистрам каналов

A2	A1	A0	Адрес
0	0	0	A
0	0	1	B
0	1	0	C
	1	1	D
1	0	0	Все

2) Загрузка во входной регистр данных для установки перевода каналов ЦАП в активный режим. В регистр должна поступить последовательность 00010000XXXXXXXXX0X01111.

3) Полностью совпадает с этапом 2.

4) Загрузка в ЦАП данных для установки выходных сигналов по умолчанию. Согласно техническому заданию в начальный момент времени напряжения каналов должны быть: -4, -4, 3.4 и 4 В соответственно. При формировании данных для отрицательных напряжений необходимо использовать дополнительный код. Последние 4 бита незначимы, поэтому во входной регистр должны поступить последовательности: 00000000100110011010; 00000001100110011010; 00000010010101110001; 00000011011001100110.

После инициализации ЦАП переходит в режим штатной работы. Данный режим подразумевает обновление регистров каналов A-D, а, следовательно, и выходных напряжений ЦАП по сигналу обновления. Данные, связанные с уровнями выходных напряжений ЦАП, поступают от внутренней логики ПЛИС.

Модуль, исполняющий вышеописанный алгоритм, был реализован на языке программирования VHDL. Далее модуль был интегрирован в программное обеспечение ПЛИС, после чего сгенерирован файл прошивки.

Результаты моделирования в САПР ModelSim

Для проверки корректности функционирования разработанного модуля было проведено моделирование с использованием САПР ModelSim [5]. Данная САПР позволяет провести анализ полученных сигналов и построить их временные диаграммы. На рисунке 3 показана диаграмма моделирования процесса инициализации. Этапы инициализации отделяются друг от друга вертикальными пунктирными линиями. Каждый этап, т.е. каждое обновление и загрузка данных, сопровождается ожиданием в 10 мкс.

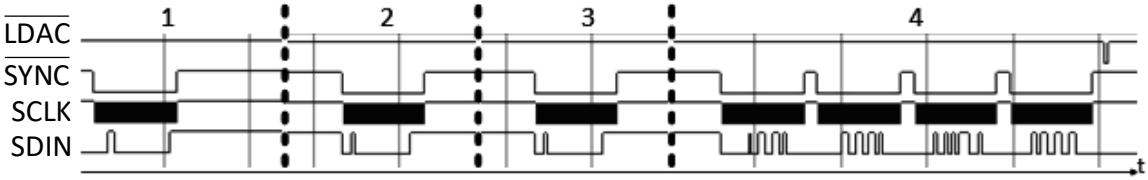


Рис. 3. Диаграмма процесса инициализации.

Взаимодействие с ЦАП осуществляется по последовательному интерфейсу связи, использующему четыре сигнала управления:

SYNC – сигнал синхронизации, по его фронту обновляются данные на этапах 1-3;

SCLK – тактовый сигнал для работы ЦАП;

LDAC – сигнал, по спаду которого обновляются данные в штатном режиме и на 4 этапе инициализации. На этапах инициализации 1-3 регистры аппаратно не зависят от LDAC, поэтому там он не используется.

SDIN – информационный сигнал, по нему осуществляется передача данных.

На рисунке 4 приведена временная диаграмма режима штатной работы. Обновление происходит по сигналу I_UPDATE. Сигнал I_CHANNEL несет информацию об адресе обновляемого регистра. Если I_CHANNEL = 100, все регистры A-D обновляются последовательно.

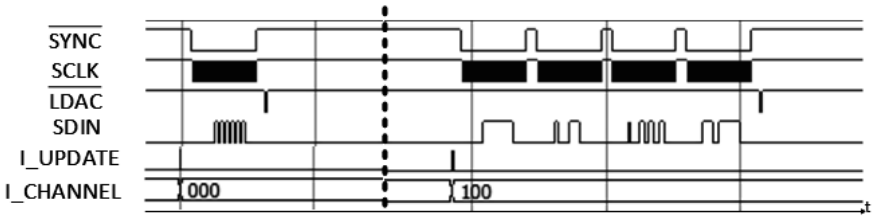


Рис. 4. Осциллограмма режима штатной работы

Приведенные временные диаграммы позволяют утверждать правильность работы созданного ПО.

Список литературы

1. Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов, Л. И. Пономарев, Устройства СВЧ и антенны, – М.: Радиотехника, 2006, – 376 с.: ил.
2. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М., Радиотехнические системы, – М.: Высш. шк., 1990, – 496 с.: ил.
3. Datasheet AD5724RBREZ
4. https://vhdlguide.readthedocs.io
5. https://eda.sw.siemens.com/en-US/ic/modelsim/

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ПЕЛЕНГОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Грибов Г.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Исследование корреляционных методов пеленгования с помощью кольцевой антенной решетки и моделирование данных методов для 9-ти элементной кольцевой фазированной антенной решетки в среде моделирования MATLAB. Сравнение приведённых методов.

Ключевые слова: Кольцевая фазированная антенная решетка, метод сканирования, метод Кейпона, метод MUSIC, разрешающая функция, пеленгование.

В наши дни кольцевые фазированные антенные решетки (КФАР) широко используются в радиопеленгации. Основные преимущества КФАР заключаются в полном перекрытии всех азимутальных углов и возможности работы в широкой полосе частот, в частности, в коротковолновом и ультракоротковолновом диапазонах, представляющих наибольший интерес для радиосвязи.

В данной статье будут рассмотрены основные методы пеленгования для КФАР. Для исследования была взята 9-ти элементная КФАР (рис. 1).

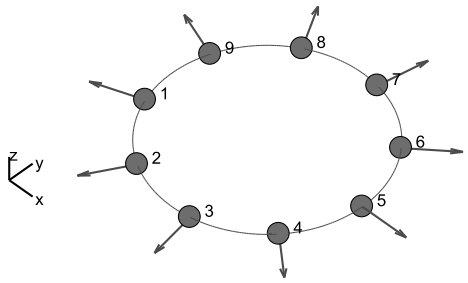


Рис.1. Девятиэлементная кольцевая антенная система

С помощью КФАР, с использованием 9-ти канального приемника был получен матричный сигнал *X*, снятый параллельно с 9-ти элементов антенны. Модель принятого сигнала можно записать в виде:

$$X = AS + N,$$

где $A = [a(\theta_1, \varphi_1), a(\theta_2, \varphi_2), ...a(\theta_d, \varphi_d)]$ – матрица сканирующих векторов антенной решетки (d – количество источников электромагнитных (ЭМ) волн, θ_i – угол направление прихода i-ой ЭМ волны), S – матрица принимаемых сигналов без шума, а N – матрица аддитивных шумов.

Для начала производится оценка корреляционной матрицы R_{xx} принятого сигнала X:

$$R_{xx} = XX^H = AR_{ss}A^H + R_{nn},$$

где R_{ss} – корреляционная матрица принимаемых сигналов, R_{nn} – корреляционная матрица аддитивных шумом.

С помощью оцененной корреляционной матрицы реализуются методы пеленгования. В работе рассмотрены: метод сканирования; метод Кейпона; и метод MUSIC.

Метод сканирования заключается в создании эталонных векторов $a(\theta, \varphi)$ для каждого азимутального и угломестного углов прихода сигнала, а затем производится расчет разрешающей функции (РФ) по формуле:

$$P(\theta, \varphi) = a(\theta, \varphi) R_{xx} a(\theta, \varphi)^H,$$

где $a(\theta_i, \varphi_k) = \exp(-(j2\pi r / \lambda)\cos((360(M-1)/K) - \theta_i)\cos(\varphi_k))$ – эталонные вектора, r – радиус КФАР, λ – длина волны, K – количество элементов КФАР, M = 1,2,3…K, θ_i – расчетный азимут, φ_k – угол места.

Метод Кейпона относится к алгоритмам сверхразрешения. На первом этапе, также как и в методе сканирования, создаются эталонные вектора $a(\theta, \varphi)$ для каждого азимутального и угломестного углов прихода, затем находится матрица, обратная оцененной корреляционной матрице принятого сигнала. Разрешающая функция рассчитывается по формуле, указанной ниже [1]:

$$P(\theta, \varphi) = 1 / (a(\theta, \varphi) R_{xx}^{-1} a(\theta, \varphi)^H)$$

Еще одним методом, который относится к алгоритмам сверхразрешения, является MUSIC. Данный метод также требует создания эталонных векторов, но при этом, если в предыдущих методах работа ввелась с оцененной корреляционной матрицей, то в методе MUSIC ищут собственные вектора и собственные числа этой корреляционной матрицы, а затем выделяют сигнальные и шумовые подпространства:

$$R_{xx} = ASA^H + \sigma_n^{\,2} I = V_s \Lambda_s V_s^{\,H} + V_n \Lambda_n V_n^{\,H},$$

где Λ_s, Λ_n – диагональные матрицы, содержащие собственные числа. Собственные векторы, соответствующие наибольшим собственным числам, образуют сигнальное подпространство, а собственные векторы наименьших собственных чисел – шумовое подпространство, ортогональное сигнальному. V_s, V_n – собственные векторы сигнального и шумового подпространства [2]. Разрешающая функция рассчитывается по формуле:

$$P(\theta,\varphi) = 1/\left(a(\theta,\varphi)\sum_{k=1}^{N-d} V_n V_n^{\,H} a(\theta,\varphi)^{\,H}\right)$$

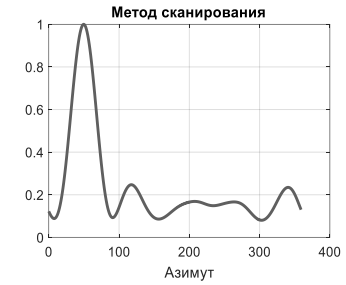


Рис.2. Метод сканирования на частоте 300 МГц.

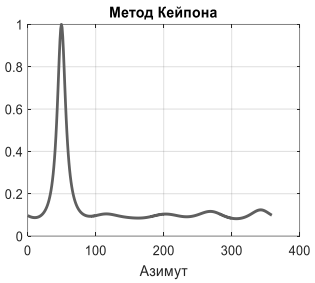


Рис.3. Метод Кейпона на частоте 300 МГц.

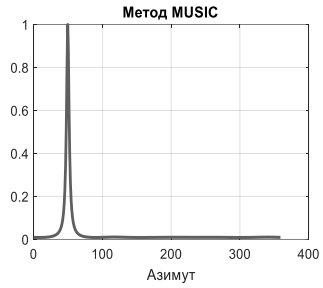


Рис.4. Метод MUSIC на частоте 300 МГц.

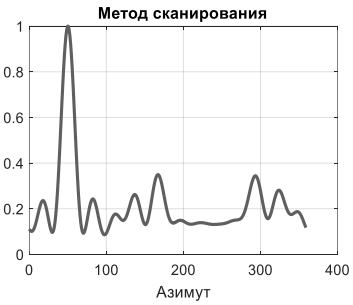


Рис.5. Метод сканирования на частоте 600 МГц

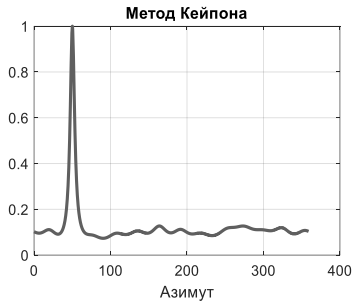


Рис.6. Метод Кейпона на частоте 600 МГц

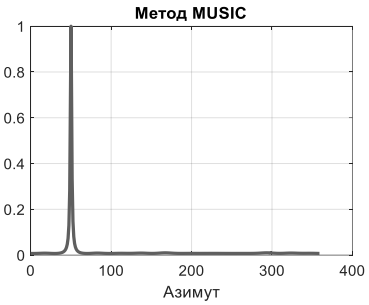


Рис.7. Метод MUSIC на частоте 600 МГц

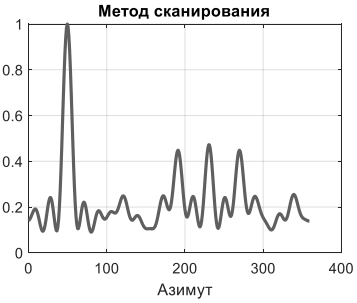


Рис.8. Метод сканирования на частоте 900 МГц

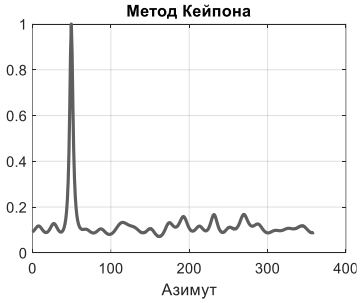


Рис.9. Метод Кейпона на частоте 900 МГц

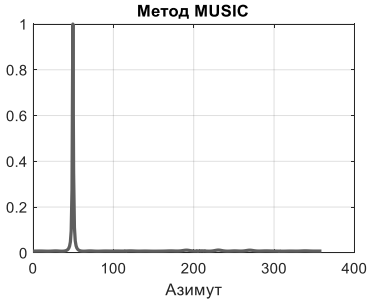


Рис.10. Метод MUSIC на частоте 900 МГц

Моделирование алгоритмов пеленгования для 9-ти элементной КФАР, диаметром 1.08 метров, было произведено в среде программирования MATLAB в диапазоне частот 300–900 МГц при отношении сигнал/шум 3 дБ. Истинный пеленг сигнала составлял 50°. Результаты моделирования представлены на рис. 2–10.

В табл. 1 указаны ширина главного лепестка (ГЛ) и уровень боковых лепестков (УБЛ), получившихся РФ.

Таблица 1

Частота, МГц	Метод	Ширина ГЛ	УБЛ
300	Сканирования	30°	23%
600		14°	23,5%
900		10°	24%
300	Кейпона	6°	10%
600		5°	11%
900		4°	12.7%
300	MUSIC	3°	<1%
600		2°	<1%
900		1°	<1%

Из таблицы 1, можно сделать вывод, что при увеличении частоты, ширина главного лепестка РФ уменьшается, при этом уровень и количество боковых лепестков возрастает. Наилучшие показатели наблюдаются у метода MUSIC.

Для того чтобы оценить влияние частоты на точность рассматриваемых алгоритмов, было проведено 100 испытаний в диапазоне частот от 300 до 900 МГц с шагом 100 МГц. Для большего влияния внутреннего шума в антеннах, отношение сигнал/шум было взято равным –6 дБ.

На рис. 11 представлен график зависимости СКО пеленга от рабочей частоты для рассмотренных методов пеленгования.

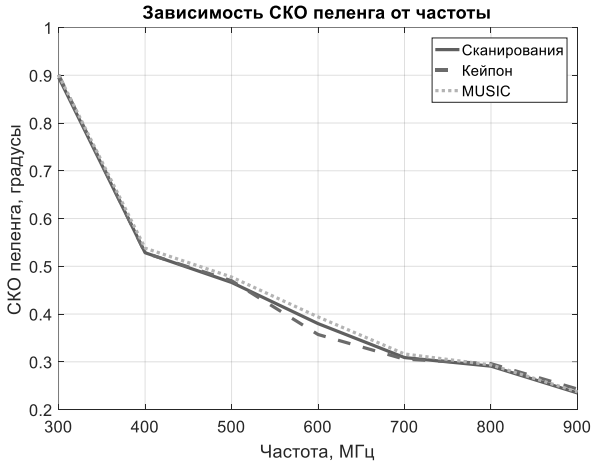


Рис.11. Зависимость СКО пеленга от рабочей частоты.

Как видно из рис. 11, при увеличении рабочей частоты, СКО пеленга уменьшается, что говорит о большей точности пеленгования. Это связано с тем, что главный лепесток разрешающей функции сужается.

На практике часто встречаются ситуации, когда помимо полезного сигнала и внутренних шумов антенны в плоской волне может присутствовать помеховой сигнал или сигналы, поэтому разрешающая способность играет важную роль при выборе метода пеленгования.

На рис. 12 представлен график зависимости минимального разноса между углами прихода полезного сигнала и помехи от частоты.

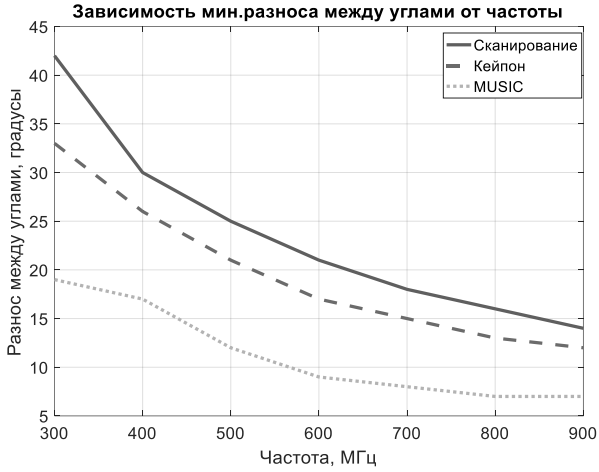


Рис.12 Зависимость минимального разноса между углами от частоты

Из рис. 12 следует, что с увеличением частоты разрешающая способность методов увеличивается. Метод MUSIC обеспечивает лучшую разрешающую способность.

Список литературы

1. Ермолаев В.Т., Флаксман А.Г. Методы оценивания параметров источников сигналов и помех, принимаемых антенной решеткой: Учебное пособие. -Нижний Новгород, 2007, 98с
2. Шевченко М.Е. Алгоритмы совместного обнаружения и пеленгования на основе методов сигнальных подпространств, СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2013, 159 с

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОФИСНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СИСТЕМЫ СРЕДСТВАМИ SIP VOIP ШЛЮЗА

Дюжев А.А.

Сибирский федеральный университет
Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Аннотация. Рассмотрен вариант модернизации системы офисной телефонной связи на основе учрежденческой АТС Definity CMC, позволяющий обеспечить возможность использования технологий SIP VoIP. Приводятся и анализируются реальные конфигурации оборудования, сформированные в ходе проведения модернизации.

Ключевые слова *Учрежденческо-производственная АТС, поток E_1, технологии VoIP, цифровой транк, абонентский доступ, VoIP шлюз, схема организации связи*

Практика использования традиционных офисных и учрежденческих АТС настоятельно требует расширения их функционала в направлении использования технологий VoIP как для реализации абонентского доступа, так и для использования в качестве базовой технологии по организации транков в ТфОП. Учитывая очень серьезный функционал, который присущ большинству пусть не столь современных, но вполне эксплуатационно-пригодных АТС, одним из возможных вариантов их дальнейшего успешного использования могло бы быть дополнение оборудования АТС шлюзами, способными обеспечить реализацию технологий VoIP. Одной из возможных конфигураций, которая способна успешно решить поставленную задачу вполне может быть топология, в составе которой используется шлюз ALVIS-GW-2E1-R1 [1].

В этой связи в данной работе рассмотрены особенности использования упомянутогоVoIPшлюза в составе конфигурации цифровой офисной системы телефонной связи на основе УПАТС DefinityCMC [2], включенной в ТфОП группой транков, организованных в канале E_1 с использованием сигнализации ISDN PRI [3]. Использованная при практической реализации данной конфигурации схема организации связи представлена на рис. 1.

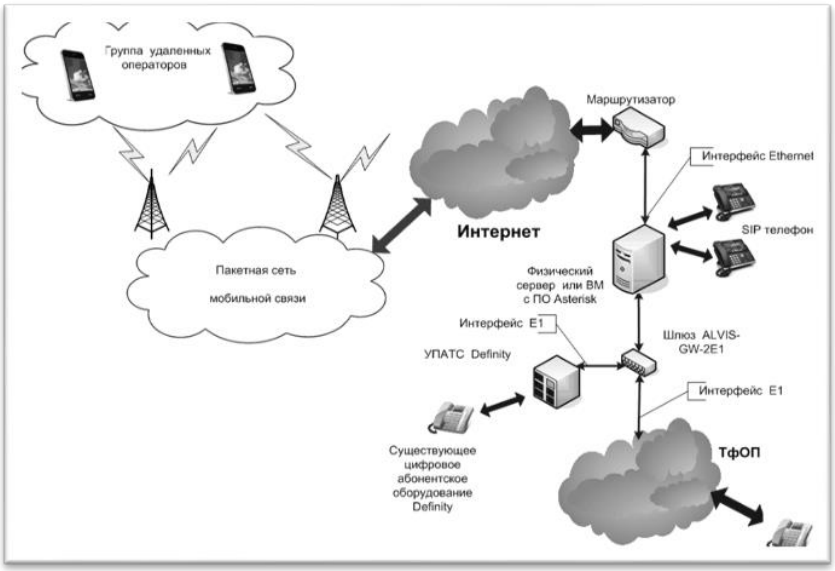


Рис. 1. Схема организации связи при включении в ТфОП УПАТС DefinityCMC с использованием шлюза ALVIS-GW-2E1-R1

Как видно из приведенной схемы, шлюз ALVIS-GW-2E1-R1 включается в разрыв потока E1, используемого для организации доступа офисной телефонной системы в ТфОП. Так как на практике прерывание условий предоставления услуг связи является крайне нежелательной ситуацией, предварительная настройка и конфигурирование шлюза осуществлялось с использованием экспериментального стенда. Экспериментальный стенд, на котором производилось тестирование упомянутой конфигурации, выглядит следующим образом:

Рис. 2. Внешний вид экспериментального стенда

В реализованной таким образом схеме, шлюз исполняет как роль пользователя (User) для группы транков в направлении ТфОП, так и роль сети связи (Net) для этой же группы в направлении УПАТС. При этом конфигурации шлюза для группы транков ISDN PRI в сторону ТфОП и в направлении Definity CMC выглядят следующим образом:

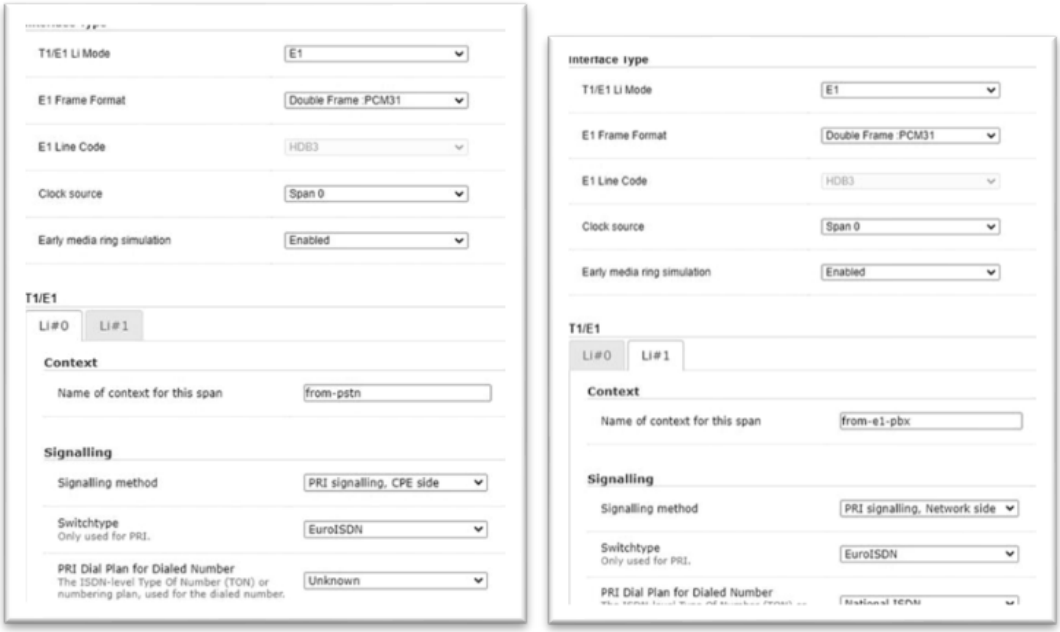


Рис. 3. Конфигурации группы транков в потоке E1 для шлюза ALVIS-GW-2E1-R1для направлений в ТфОП и к УПАТС

В свою очередь, поддержка ISDN PRI со стороны УПАТС Definity CMC осуществляется средствами интерфейсаE_1 на основе TN2464 [3]. Конфигурация транковой сигнализации семейства ISDN PRI, которая обеспечивает корректную работу данного интерфейса в составе используемой схемы организации связи, представлена на рис. 4.

DS1 CIRCUIT PACK

Location: 01A03 Name: sweet

Bit Rate: 2.048 Line Coding: hdb3

Signaling Mode: isdn-pri

Connect: pbx Interface: network

Country Protocol: 1

Protocol Version: a

Interface Companding: alaw CRC? N

Idle Code: 11111111

DCP/Analog Bearer Capability: 3.1kHz

Slip Detection? n Near-end CSU Type: other

*Рис. 4. Поддержка ISDNPRI в режиме **pbx** для TN2464 в составе Definity*

Для демонстрации доступного функционала шлюза можно привести пример конфигурации, согласно которой обеспечивается прозрачная передача всех входящих вызовов из ТфОП в направлении УПАТС, и в тоже время всех исходящих вызовов со стороны УПАТС в направлении единственного SIP-телефона с номером 7155, зарегистрированного на самом шлюзе:

Enable	Source	Dial pattern	Destination
☑	E1/T1 L#0	X.	E1/T1 L#1
☑	E1/T1 L#1	X.	SIP Peer 7155

Рис. 5.Пример конфигурации шлюза

Приведенный пример наглядно демонстрирует возможности реализации произвольных конфигураций, обеспечивающих возможности использования абонентского SIP оборудования и различных технологий создания сложных голосовых меню, сопоставимых по функционалу с рассмотренными, например, в [4]. Определенные ограничения, связанные со сравнительно небольшим количеством SIP телефонов и программных клиентов, которые могут быть зарегистрированы с использованием ресурсов самого шлюза, могут быть легко преодолены за счет использования SIP транков в направлении широкого класса устройств, поддерживающих VoIP технологии на основе протокола SIP, а также многочисленных провайдеров SIP телефонии.

Список литературы

1. http://mh.otx.ru/alvis-gateways/alvis-gw-2e1-details/
2. https://www.lankey.ru/svyaz/ats/avaya/avaya-definity/
3. https://www.speedcheck.org/ru/wiki/isdn/
4. Родикова Д.С., Ласькова А.М., Черников Д.Ю. Разработка интерактивных сценариев обработки входящих вызовов микро call-центров, построенных на основе SMG-2016. В сб.: Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении "КомТех-2018". Всеросс.науч.-техн. конф. с междунар. уч., с.103-108.

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

Евтюшкин В. К., Сперанский В. А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Модель многоканального цифрового измерителя температуры, описанная в настоящей статье, разработана в программном пакете Altium Designer для дальнейшей реализации изделия. Рассмотренная модель используется для измерения температуры в диапазоне от -200 до +1000 ºС.

Ключевые слова: термопара, измеритель температуры, высокотемпературная печь.

В настоящее время имеющиеся цифровые приборы измерения и контроля температуры являются достаточно дорогими и универсальными. В данной статье приводится пример специализированного устройства, которое может иметь оптимальные эксплуатационные характеристики при относительно невысоких затратах.

Целью работы являлось создание опытного образца многоканального цифрового измерителя температуры для измерений неравномерности распределения температуры в высокотемпературной печи. Для достижения поставленных задач были выбраны термопары типа К, позволяющие измерять температуры в диапазоне от -200 до +1000 ºС, ключи короткого замыкания модели РЭС55А [1], восьмибитный сдвиговый регистр модели 74HC164 [2] для переключения между термопарами и плата Arduino Uno [3] для управления всеми протекающими процессами. В качестве устройства первичной обработки ин-

формации выбрана микросхема, объединяющая в себе усилитель термопары с компенсацией холодного спая и аналого-цифровой преобразователь, модели MAX31855 [4]. Данное исследование проводилось на базе кафедры МИТ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Модель изделия разработана в программном пакете Altium Designer [5]. Поскольку некоторые компоненты отсутствовали в стандартных библиотеках программы, они смоделированы вручную. Для каждого из компонентов были созданы: обозначение для принципиальной схемы, модель размещения на плате и 3d-модель. За основу механической модели взята печатная плата размерами 100x100 мм. На неё вручную помещены компоненты, а трассировка выполнена автоматически средствами Altium Designer. Ниже приведены рисунки модели полученной платы (рис. 1,2,3).

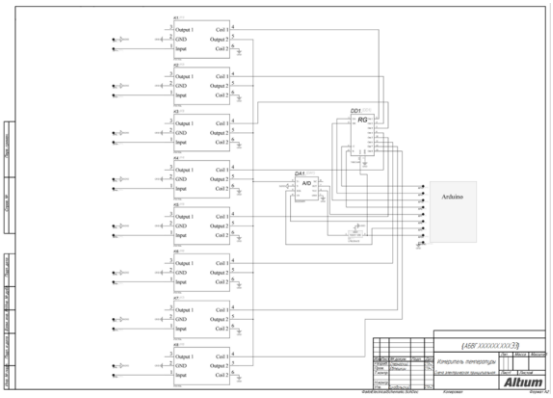


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная.

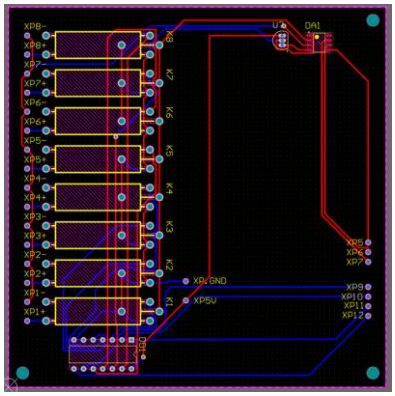


Рис. 2. Модель трассировки платы.

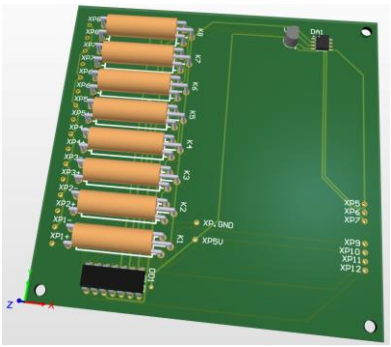


Рис. 3. 3d-модель платы.

Одним из применений такого устройства является выбор с его помощью зоны в печи с наименьшими перепадами температуры.

Результатом проделанной работы является конструкция для определения температуры на разных участках высокотемпературной печи. В дальнейшем она может быть дополнена и усовершенствована.

Список литературы

1. РЭС55А Data Sheet [электронный ресурс] – режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/270/DOC000270051.pdf (Дата обращения 22.04.2021)
2. 74HC164 Data Sheet [электронный ресурс] – режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/429/DOC005429794.pdf (Дата обращения 22.04.2021)
3. Arduino Uno Data Sheet [электронный ресурс] – режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/984/DOC000984650.pdf (Дата обращения 22.04.2021)
4. MAX31855 Data Sheet [электронный ресурс] – режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/121/DOC001121138.pdf (Дата обращения 22.04.2021)

5. Суходольский В.Ю. Altium Designer: сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 560 с.

ВЛИЯНИЕ ШУМА НА РАСПОЗНАВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ПРИЗНАКОВ ВЫБОРОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Зологин А.А.

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина

Аннотация. Проведен с помощью моделирования анализ влияния шума на вероятности ошибочного распознавания случайных сигналов при использовании в качестве признаков выборочных характеристических функций. В качестве тестовых задач использовано распознавание случайных нормальных последовательностей и двух видов случайных последовательностей, описываемых смесью нормального и равномерного распределений.

Ключевые слова: распознавание, априорная неопределенность, выборочная характеристическая функция, вероятности ошибочного распознавания

На практике распознавание случайных сигналов приходится производить в условиях параметрической априорной неопределенности. Решающее правило обычно представляют в следующем виде - контрольная выборка $\xi = \{\xi_1, \xi_2, ..., \xi_N\}$ длиной N отсчетов принадлежит классу s_l, $l = \overline{1, K}$, для которого оценка $\hat{L}(x)$ функции правдоподобия максимальна, то есть [1,2]

$$\hat{L}_l(\xi) = \max_{1 \le m \le K} \{ \hat{w}_m(\xi) \}, \tag{1}$$

где $\hat{w}(\cdot)$ - оценка в общем случае n- мерного закона распределения, полученная по обучающей выборке.

Из (1) следует, что для построения решающих правил, обладающих свойствами оптимальности, необходима оценка законов распределения распознаваемых сигналов. Однако известно, что получение такой оценки при малых объемах обучающей выборки и при многомодальных распределениях распознаваемых сигналов часто затруднительно. Поэтому желательно использовать для распознавания такие признаки, которые обладали бы более простой статистической структурой. В работе [3] предложено использовать для распознавания в качестве признаков выборочные характеристические функции (ХФ), учитывая, что ХФ содержит всю информацию о случайном процессе.

Поскольку по определению одномерная ХФ случайной величины ξ определяется как [4]

$$\theta(j\omega) = M\{\exp(j\omega\,\xi)\}, \tag{2}$$

где M - оператор математического ожидания,

за оценку $\hat{\theta}(\omega)$ ХФ принимается соотношение

$$\hat{\theta}(j\omega) = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\exp(j\omega\,\xi_n) = \frac{1}{N}\left[\sum_{n=1}^{N}(\cos\omega\xi_n + j\sin\omega\xi_n)\right], \tag{3}$$

где ξ_n, $n = 1, N$ - выборочные значения случайной величины ξ.

Из (3) видно, что в силу центральной предельной теоремы [4] законы распределения реальной $\mathrm{Re}\,\hat{\theta}(j\omega)$ и мнимой $\mathrm{Im}\,\hat{\theta}(j\omega)$ частей оценки ХФ при увеличении N будут асимптотически приближаться к нормальному, независимо от вида закона распределения распознаваемых сигналов. Поэтому для получения алгоритма распознавания (1) достаточно оценить первые два моменты распределения – математическое ожидание и корреляционную матрицу. В работах [3,5,6] показано, что оценки ХФ, полученные в соответствии с (3), являются состоятельными и несмещенными, что облегчает построение решающих правил, особенно при распознавании сигналов, представленных малыми выборками. В работе [3] показано, что закон распределения выборочных ХФ очень быстро сходится к нормальному, независимо от распределения исходных данных. В этой же работе проведена оценка вероятности ошибочного распознавания случайных сигналов при использовании в качестве признаков выборочных ХФ без учета влияния шума.

Поэтому целью работы является оценка влияния шума на достоверность распознавания случайных сигналов при использовании в качестве признаков выборочных ХФ.

Задачу оценки влияния шума при использовании в качестве признаков оценок ХФ сформулируем следующим образом. Пусть имеется контрольная выборка

$$\xi = \{\xi_1 + n_1, \xi_2 + n_2, \ldots, \xi_N + n_N\},$$

где $\xi_i, i = 1, N$ и $n_i, i = 1, N$ - отсчеты распознаваемых сигналов и белого шума.

Необходимо принять решение, к какому из двух классов s_l, $l = 1,2$ принадлежит контрольная выборка. Оценку влияния шума произведем, используя в качестве признаков отсчеты наблюдаемых сигналов и оценки их ХФ.

В качестве тестовых задач будем использовать следующие.

1. Распознавание стационарных нормально распределенных случайных последовательностей с нулевым средним значением и различными дисперсиями.

Решающее правило проверки статистических гипотез, реализующее критерий максимального правдоподобия, имеет вид [4]:

$$\ln \Lambda(\xi) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\xi_i^2 \underset{<}{>} \frac{2D_1D_2}{D_1 - D_2}\ln\sqrt{\frac{D_1}{D_2}}, \tag{4}$$

где D_1 и D_2 - дисперсии распознаваемых сигналов; ξ_i, $i = \overline{1, N}$ - отсчеты распознаваемых сигналов. При моделировании принято, что $D_1 = 1$, $D_2 = 2{,}5$.

2. Распознавание случайных последовательностей, описываемых смесью нормальных распределений с единичной дисперсией

$$w(x) = \frac{0.5}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(x - m_1)^2}{2}\right) + \frac{0.5}{\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(x - m_2)^2}{2}\right],$$

где m_1 и m_2 - параметры бимодального распределения.

Для первого класса сигналов значения параметров m_1 и m_2 приняты следующими: $M_{11} = 2$, $M_{12} = -2$. Для второго класса $M_{21} = 3$, $M_{22} = -3$.

Решающее правило для распознавания таких сигналов, реализующий критерий максимального правдоподобия, представимо в виде:

$$\ln\Lambda(\xi)=\frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\ln\left\{\exp\left[-\left(\frac{\xi_i-M_{11}}{2}\right)^2\right]+\exp\left[-\left(\frac{\xi_i-M_{12}}{2}\right)^2\right]\right\}}{\sum\limits_{i=1}^{N}\ln\left\{\exp\left[-\left(\frac{\xi_i-M_{21}}{2}\right)^2\right]+\exp\left[-\left(\frac{\xi_i-M_{22}}{2}\right)^2\right]\right\}}\underset{<}{\overset{>}{}}1 . \qquad (5)$$

3. При использовании в качестве признаков выборочных ХФ использовано решающее правило, реализующее критерий максимального правдоподобия :

$$\Lambda(x)=\sum_{i=1}^{2N-2}\frac{[x_i-m_1(x_i)]^2}{2D_1(x_i)}-\sum_{i=1}^{2N-2}\frac{[x_i-m_1(x_i)]^2}{2D_2(x_i)}\underset{<}{\overset{>}{}}c, \qquad (6)$$

где $x_i=\mathrm{Re}\,\hat{\theta}(j\omega_i), i=\overline{2,N}$; $x_i=\mathrm{Im}\,\hat{\theta}(j\omega_i), i=\overline{N+1,2N-2}$; $m_1(x_i)$ - средние значения оценок ХФ на i - той частоте; $D(x_i)$ - дисперсия оценок ХФ на i - той частоте;

где порог $c=\sum_{i=1}^{2N-2}\ln\sqrt{D_1(x_i)/D_2(x_i)}$.

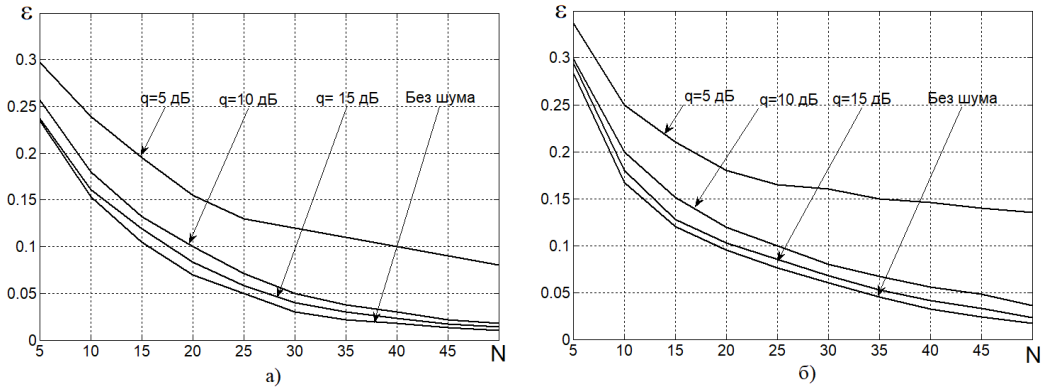


Рис. 1. Зависимость вероятности ошибочного распознавания от числа отсчетов при различном отношении сигнал/шум при распознавании сигналов с нормальными распределениями

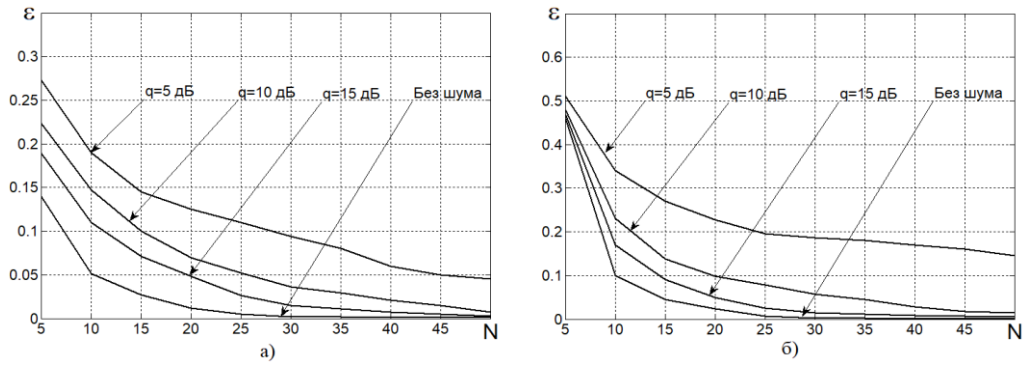


Рис. 2. Зависимость вероятности ошибочного распознавания от числа отсчетов при различном отношении сигнал/шум при распознавании сигналов с бимодальными распределениями

Решающее правило (6) сводится к распознаванию нормальных совокупностей с различными средними и дисперсиями. В (6) под x_i обозначена оценка реальной или мнимой частей ХФ, вычисленная при i - том значении аргумента ХФ. Оценка ХФ при значении аргумента $\omega=0$ ($i=0$) не используется, поскольку $\theta(0)=1$. Суммирование от 1 до $N-1$ осуществляется для реальной части оценки ХФ, суммирование от N до $N-2$ для мнимой части оценки ХФ.

На рисунке 1 приведены зависимости, позволяющие оценить влияние шума на вероятности распознавания при распознавании нормальных последовательностей, различающихся дисперсиями. На рисунке 1.а приведены графики, полученные при использовании алгоритма (4), на рисунке 1.б - алгоритма (6).

На рисунке 2 приведены зависимости, позволяющие оценить влияние шума на вероятности распознавания при распознавании случайных последовательностей, описываемых смесью нормальных распределений. На рисунке 2.а приведены графики, полученные при использовании алгоритма (5), на рисунке 2.б - алгоритма (6).

При получении графиков под отношением сигнал/шум q понималось отношений дисперсий сигнала и помехи

Из графиков видно, что влияние шума приводит к практически одинаковому увеличению вероятности распознавания как во временной области, так и при использованию в качестве признаков выборочных ХФ.

К аналогичным результатам приводит и распознавание случайных последовательностей, описываемых смесью равномерных распределений.

Общий вывод, который можно сделать на основании моделирования – использование при распознавании в качестве признаков выборочных ХФ приводит к ухудшению качества распознавания в той же степени, что и при распознавании во временной области. Но при этом упрощается решении задачи распознавания - происходит переход от непараметрической к параметрической априорной неопределенности.

Список литературы

1. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. – М.: Радио и связь, 1986, – 264 с.
2. Репин В. Г., Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. – М.: Сов. радио, 1977, – 432 с.
3. Паршин В.С. Распознавание случайных сигналов при использовании в качестве признаков выборочных характеристических функций // Цифровая обработка сигналов. – 2019. - № 2.- С. 29-34.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. радио, 1974 – 1976, кн. 1-3. – кн.1 – 552 с., кн.2 – 392 с., кн.3 – 288 с.
5. Паршин В.С. Оценивание спектральной плотности мощности импульсных случайных процессов с помощью выборочных характеристических функций // Цифровая обработка сигналов. – 2016.- № 4.- С. 9-13.
6. Вешкурцев Ю.М. Прикладной анализ характеристической функции случайных процессов. –М.: Радио и связь, 2003, – 201 с.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЛЕНТОЧНЫЙ ВИБРАТОР С ПЛОСКИМ РЕФЛЕКТОРОМ

Иванов А.М.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В рамках данной статьи производится исследование вибраторной широкополосной антенны с рефлектором и оптимизация параметров с целью повышения коэффициента усиления. Проводится оптимизация электродинамических параметров антенны для получения требуемых характеристик. Приводятся результаты электродинамического моделирования и экспериментального измерения характеристик антенны.

Ключевые слова: широкополосный, вибратор, рефлектор, оптимизация.

В настоящее время большой практический интерес представляют компактные широкополосные антенны для радиомониторинга. Важнейшими характеристиками таких антенн являются коэффициент усиления и уровень согласования с фидером. Одновременно с этим предъявляются высокие требования к технологичности конструкции. Одной из антенн, удовлетворяющих таким требованиям, является широкополосный ленточный вибратор. Основными его достоинствами являются технологичность в производстве, дешевизна и простота сборки. Высокая механическая прочность вибратора обеспечивает надёжность в эксплуатации.

Антенна такого типа представлена в статье [1]. Несмотря на одинаковую систему питания, она отличается более сложным устройством, а также отсутствием рефлектора. В статье [2] представлена ФАР из биконических вибраторов, имеющих в составе конструкции рефлектор. Однако в этих публикациях одиночный вибратор с рефлектором изучен не полностью. Острым вопросом остаётся поведение частотной зависимости коэффициента усиления.

Цель исследования – выявление закономерности поведения частотной зависимости коэффициента усиления антенны при наличии рефлектора в конструкции.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи: построить электродинамическую модель исследуемой антенны и провести оптимизацию геометрии вибратора для максимизации коэффициента усиления, изготовить реальный прототип антенны и осуществить эксперимент по измерению частотной зависимости S_{11}.

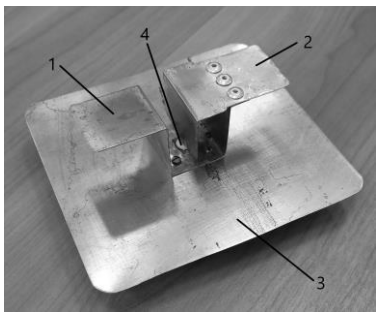


Рис. 4. Макет исследуемой антенны

Общий вид изготовленного макета антенны представлен на рис.1.

Конструкция антенны состоит из 4 частей- основания (1), питающего шлейфа (2) рефлектора (3) и разъёма (4). Шлейф крепится к основанию заклёпками. Вибратор и рефлектор крепятся к разъёму посредством болтового соединения. Все детали выполнены из листового металла, обработанного с помощью лазерной резки, что и обуславливает высокую технологичность антенны. Питание антенны осуществляется от коаксиальной линии через разъём N-типа. В исходном виде размеры антенны без рефлектора составляют: длина - 0,5λ, ширина - 0,26λ, высота над рефлектором - 0,15λ. Длина волны на центральной частоте диапазона (1,36 ГГц) равна 0,22 м.

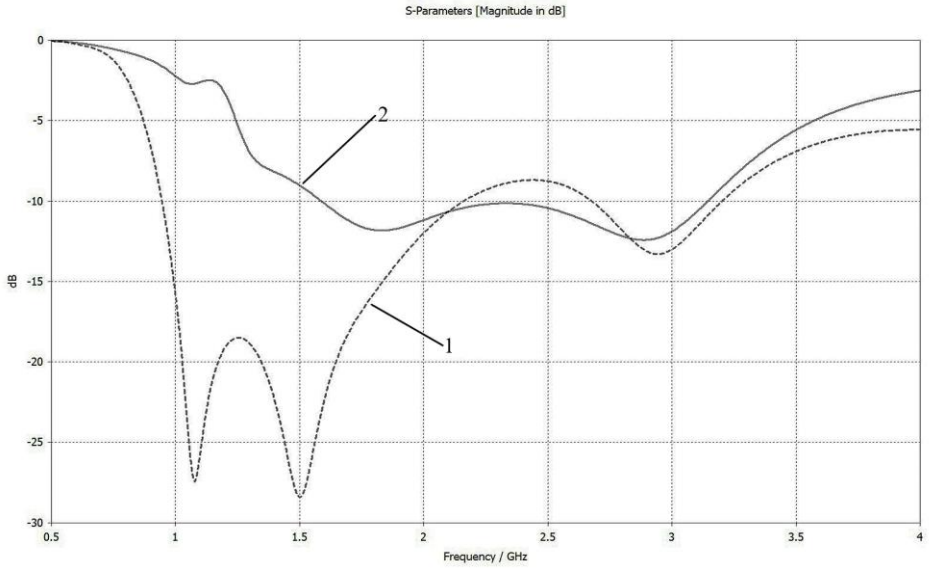


Рис. 5. Частотная зависимость модуля коэффициента отражения S_{11}.

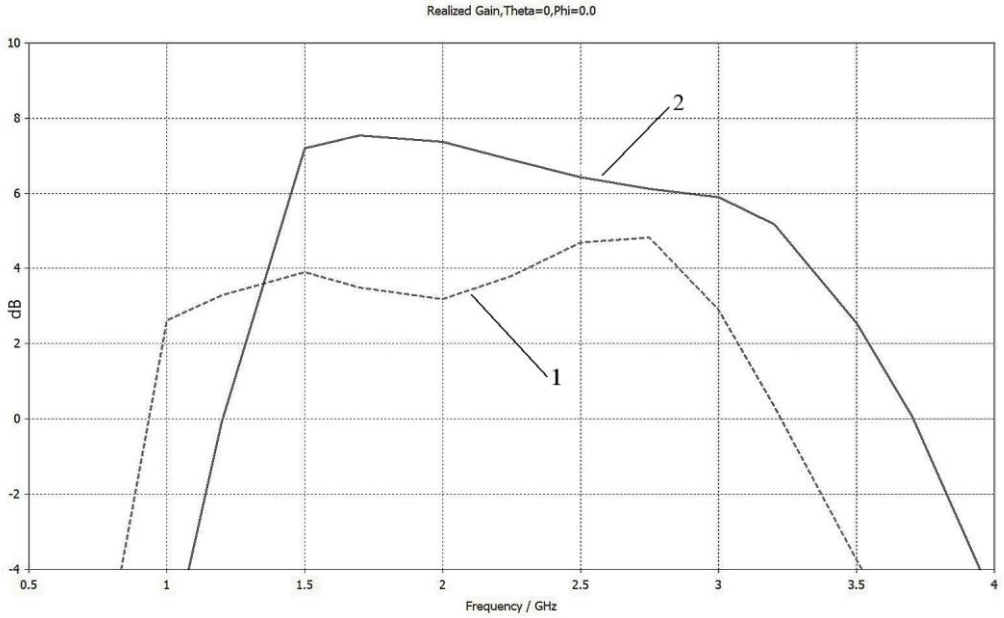


Рис. 6. Частотная зависимость коэффициента усиления.

Электродинамическая модель антенны была реализована в пакете «CST Studio». Первый этап заключался в моделировании антенны без рефлектора. Вторым этапом было добавление в модель рефлектора и оптимизация геометрических параметров конструкции

с целью улучшения характеристик антенны. В результате моделирования во временной области были получены частотные зависимости модуля коэффициента отражения и коэффициента усиления антенны для всех двух этапов. Кривая 1 соответствует антенне без рефлектора, кривая 2- оптимизированной антенне с рефлектором.

Непосредственная установка рефлектора ухудшила характеристики антенны. Полученные частотные зависимости КУ и S_{11} оказались неудовлетворительными, что повлекло за собой необходимость оптимизации конструкции антенны.

В результате процесса оптимизации диапазон рабочих частот по согласованию стал равен 1,58-3,14 ГГц. Максимальный коэффициент усиления в полосе частот составил 7,54 дБ, при этом выигрыш по сравнению с версией без рефлектора составляет от 1 до 3 дБ в зависимости от частоты.

Далее по полученной модели был изготовлен реальный прототип антенны и проведён эксперимент по измерению модуля коэффициента отражения S_{11}. Измерение проводилось с помощью векторного рефлектометра «Caban R54».

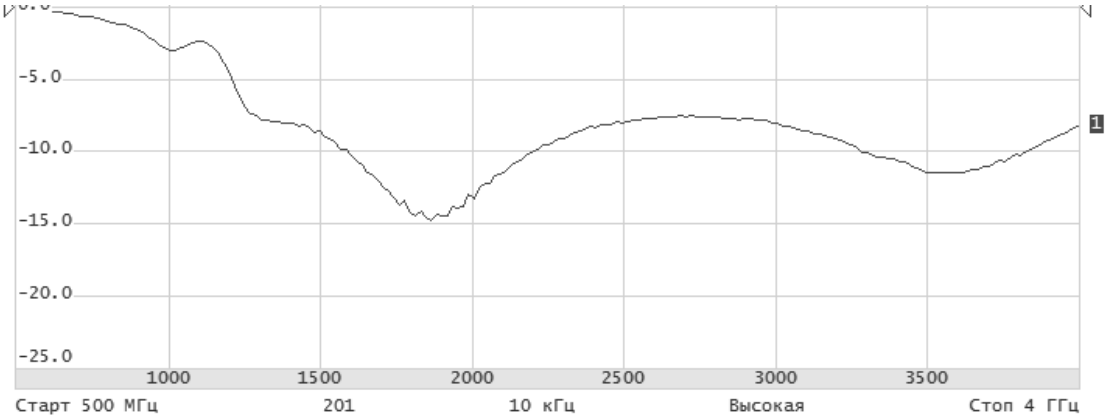


Рис. 4. Экспериментальная частотная зависимость модуля S_{11}

Экспериментальные данные показывают хорошее соответствие с расчётными в низкочастотном участке рабочей полосы частот. На других участках частотного диапазона отклонение экспериментальных характеристик от расчётных может быть вызвано тем, что в ходе расчётов использовалась упрощённая математическая модель.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что внесение в конструкцию вибраторной антенны рефлектора даёт хороший прирост коэффициента усиления, хоть и незначительно сужает полосу рабочих частот. В целом подобная конструкция антенны позволяет осуществлять различные модификации для большого спектра задач. В частности, нами изучается возможность создания на базе данного вибратора антенны с круговой поляризацией.

Список литературы

1. С. В. Балландович, Г. А. Костиков, Л. М. Любина, М. И. Сугак, Н. В. Самбуров. Характеристики широкополосной вибраторной фазированной антенной решетки дециметрового диапазона. Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2015. Вып.4. С. 65-70
2. С.В. Балландович, В.И. Савельев, М.И. Сугак. Характеристики компактной вибраторной антенны дециметрового диапазона. Известия СПБГЭТУ ЛЭТИ. 2013. Вып.5. С. 3-8

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ СИНТЕЗА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С НИЗКИМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ

Качалова Т.А.

Аннотация. В докладе рассматривается использование метода имитации отжига для минимизации уровня боковых лепестков автокорреляционной функции фазоманипулированного сигнала на выходе согласованного фильтра.

Ключевые слова: метод отжига, синтез сигнала, боковые лепестки АКФ

Рассматриваемый сигнал является амплитудно-фазоманипулированным сложным сигналом, имеющим дискретно-кодированная последовательность, представляющую собой последовательность единиц и минус единиц. То есть, бинарная последовательность.

Основной качественной характеристикой такого сигнала является функция неопределенности: $R(\tau, f) = \sum_{i=0}^{N-1} y_i y_{i-\tau} e^{-j2\pi f_i \Delta_t}$, где $y_i \in \{\pm 1\}$ - дискретно-кодированная последовательность, f - сдвиг по частоте, τ - сдвиг по времени.

Соответственно, сечение данной ненормированной функции неопределенности при значении $f = 0$ называется ненормированной периодической автокорреляционной функцией, при условии, что y_i будет являться периодической последовательностью (это условие выполняется для исследуемого сигнала) $R(\tau) = \sum_{i=0}^{N-1} y_i y_{i-\tau}$. При этом, $R(\tau)$ при значении $\tau = 0$ является главным лепестком, а при значении $\tau \neq 0$ это будут боковые лепестки автокорреляционной функции.

Так как вся информация, которую несёт в себе сигнал, сосредоточена в главном лепестке, то, возникает необходимость в оптимизации боковых лепестков, чтобы устранить помехи при приёме, для чего, в данном случае используется несколько реализаций имитации метода отжига [2].

Сам метод имитации отжига используется при поиске глобального минимума функции дискретного, или же непрерывного пространства. Он заключается в том, что элементы рассматриваемого множества представляются как состояния какой-то абстрактной физической системы, имеющей свои энергетические уровни. Соответственно, значение функции в какой-либо точке будет представляться как энергия выбранного состояния. Тогда можно задать для данного состояния какое-то начальное (порой, случайное) значение температуры, которое будет уменьшаться (будет «остывать») с течением времени. При этом, следующее состояние системы будет выбираться посредством заданного семейства вероятностных распределений следующим образом: или после генерации нового состояния, с определенной вероятностью, называемой вероятностью принятия нового состояния, система будет переходить в следующее состояние, или же, процесс генерации нового состояния повторяется [3].

В целом, рассматриваются три варианта реализации имитации метода отжига: Больцмановский отжиг, отжиг Коши и сверхбыстрый отжиг. Разница трёх этих методов заключается только в законе изменения температуры (точнее, параметра, который в данном случае выступает в роли температуры).

Для Больцмановского отжига, являющегося исторически первой схемой отжига, закон изменения температуры имеет вид $T(k)=\frac{T_0}{\ln(1+k)}$. Закон изменения температуры для отжига Коши представляет собой соответственно $T(k)=\frac{T_0}{k^{\frac{1}{D}}}$. И, температура при сверх-быстром отжиге изменяется соответственно по следующему закону $T(k)=T_0 e^{-k^{\frac{1}{D}}}$.

На рисунках 1-3 представлены реализации программы оптимизации корреляционной функции бинарного сигнала с помощью нескольких вариантов имитации метода отжига.

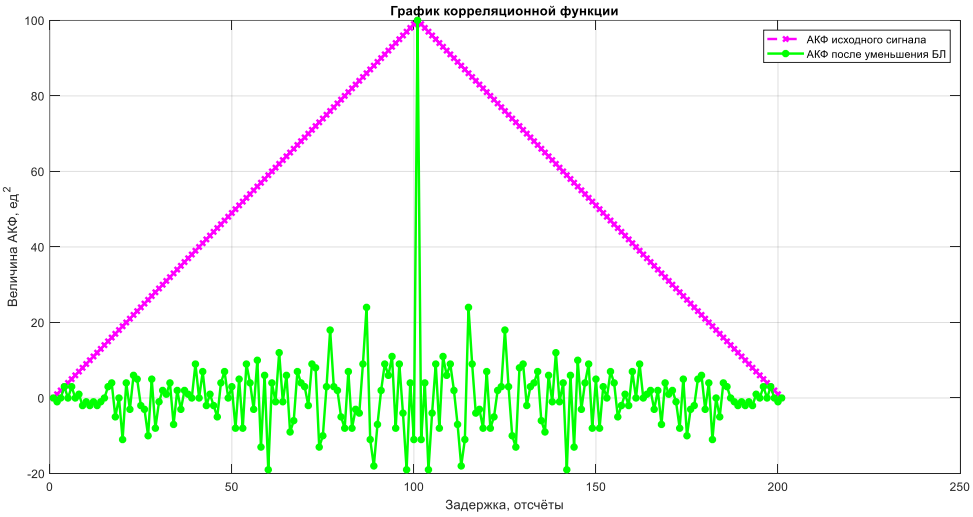


Рис. 1. Корреляционная функция бинарного сигнала, оптимизированного Больцмановским методом отжига

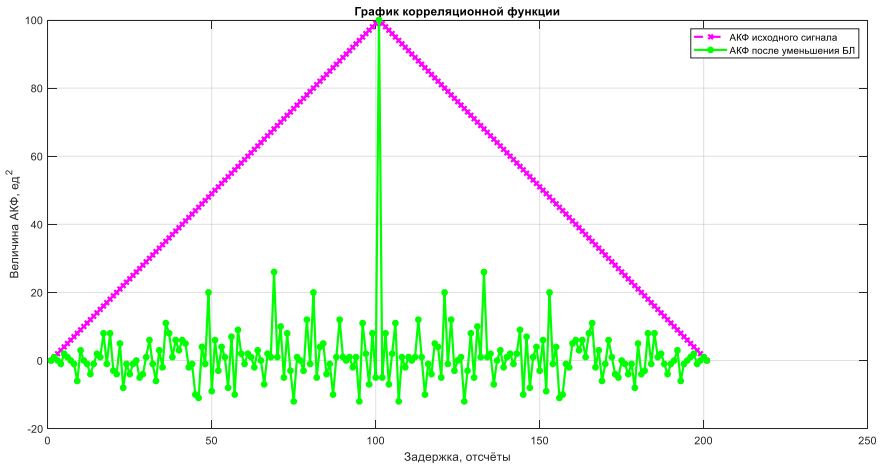


Рис. 2. Корреляционная функция бинарного сигнала, оптимизированного методом отжига Коши

Соответствующую быстроту и эффективность каждого из рассматриваемых вариантов имитации метода отжига можно оценить с помощью получившихся в ходе работы значений среднеквадратических уровней боковых лепестков в зависимости от количества

итераций проведения «остужения». График-сравнение всех трёх зависимостей среднеквадратических значений представлен на рисунке 4.

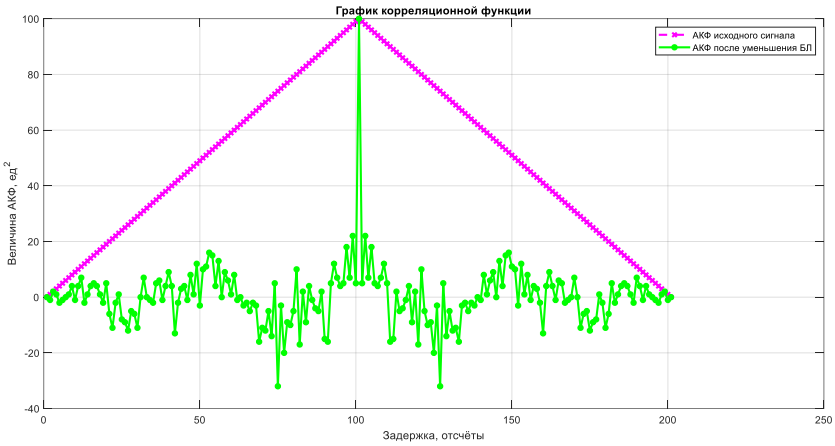


Рис. 3. Корреляционная функция бинарного сигнала, оптимизированного методом сверхбыстрого отжига

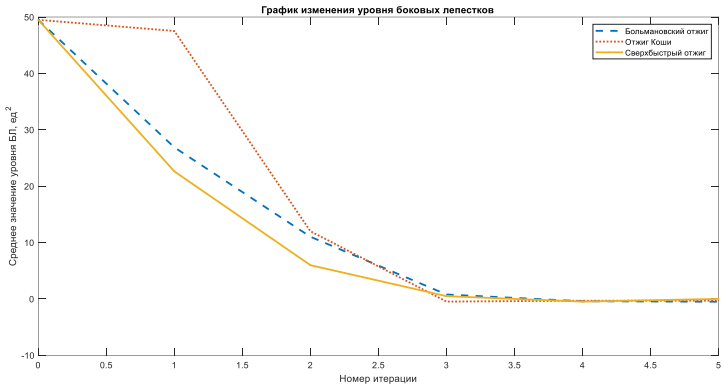


Рис. 4. Графики зависимости среднеквадратического значения боковых лепестков оптимизированного бинарного сигнала от номера итерации соответствующего метода имитации отжига

Тогда, анализируя полученные результаты, можно сказать, что самым быстроизменяющимся является, соответственно, сверхбыстрый отжиг, в то время, как отжиг Больцмана, в силу исторически сложившихся событий, является менее эффективным в этом плане. Но, несмотря на это, все три метода приводят к одинаковому результату (графики зависимостей в конечном счёте сходятся в одну точку). Причём, в данном случае, быстрее всего сходится именно Больцмановский отжиг, хотя на предыдущих итерациях значение уровня боковых лепестков явно выше, чем у сверхбыстрого отжига. К тому же, можно сказать, что отжиг Коши (быстрый отжиг) и сверхбыстрый отжиг имеют почти одинаковые зависимости, и к тому же, сходятся в одной точке одновременно.

Список литературы

1. Радиолокационные системы: учеб. / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ.ред. В.П. Бердышева. – Красноярск :Сиб. федер. ун-т . – 2011. – 400 с.
2. Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка / Изд-во Наука и техника, 2004.
3. Лопатин А.С. Метод отжига // Стохастическая оптимизация в информатике. 2005, вып. №1 т.1, С. 133-149.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ПРИ МНОГОПОРОГОВОЙ ОБРАБОТКЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ С ДАЛЬНЕЙ КОРРЕЛЯЦИЕЙ

Козлов А.С, Пыко С.А., Богачев М.И.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе рассмотрены параметры объектов, выделяемых на случайных полях с дальней корреляцией, характеризующейся заданными значениями показателя Хёрста. Случайные поля были получены путем моделирования, пороги для выделения объектов представляли собой квантили распределения интенсивности отсчетов поля. Основной целью проведенного исследования стало выявление связи параметров выделенных объектов с корреляционными свойствами случайных полей. В результате работы выявлена зависимость от показателя Хёрста средних значений площади S, периметра P, максимального диаметра Фере F и компактности C выделяемых объектов, а также коэффициентов вариации показателей S, P и F, что в логарифмическом масштабе позволило получить значимые линейные регрессии для этих показателей. Полученные результаты будут использоваться при разработке алгоритмов обнаружения объектов интереса на изображении полей с дальней корреляцией.

Ключевые слова: коррелированные поля, дальняя корреляция, показатель Хёрста, линейная регрессия,

Одной из важнейших задач, решаемых современными радиолокационными системами, является обнаружение объектов на фоне некоторых подстилающих поверхностей, в качестве которых могут выступать лесные массивы или морские поверхности. Анализ изображения подстилающей поверхности зачастую связан с применением многопороговой обработки, в результате которой объекты интереса выделяются на основе определения замкнутых областей, для которых интенсивность отраженного сигнала (яркость точек на изображении) оказывается выше порога. Пороги при этом целесообразно выставлять по требующемуся уровню вероятности ложной тревоги. В отсутствии объектов интереса на изображении (при истинности нулевой гипотезы в задаче обнаружения) на изображении также могут быть выделены замкнутые области пикселей, оказавшиеся выше порога. Адекватный выбор порогов требует изучения свойств подобных областей.

В последнее время все больший интерес для исследователей вызывают случайные процессы и поля с дальней корреляцией, у которых выборочная оценка интервала корреляции увеличивается по мере увеличения интервала анализа. К числу процессов или полей с дальней корреляцией относятся многие физиологические и биологические процессы, изменения геофизических, климатических, метеорологических, экономических показателей, выходные характеристики сложных нелинейных стохастических систем. Коэффициент, характеризующий выраженность дальней корреляции, называется экспонентой Хёрста, или показателем Хёрста в честь выдающегося исследователя Гарольда Эдвина Хёрста (1880-1978). Известно, что значение показателя Хёрста $H = 0.5$ соответствует белому шуму, $H = 1.5$ – Винеровскому случайному процессу, при $H > 1$ изучаемый процесс является нестационарным, а для стационарного случая, соответствующего большинству реально изучаемых явлений, $0.5 < H < 1$. Отличие показателя Хёрста от 0.5 является проявлением фрактальных свойств процессов или полей.

При формировании случайного поля с заданным показателем Хёрста для строк и столбцов матрицы, соответствующей случайному полю, используется алгоритм, описан-

ный в [1]. Примеры случайных полей с показателем Хёрста $H = 0.7$ и $H = 1.3$ приведены на рис. 1, 2.

Значения порогов, на основании которых проводится бинаризация изображения и выделение замкнутых объектов, выбираются как квантили распределения интенсивности пикселей изображения. В рамках данной работы в качестве порога был выбран квантиль распределения интенсивности на уровне 0.9.

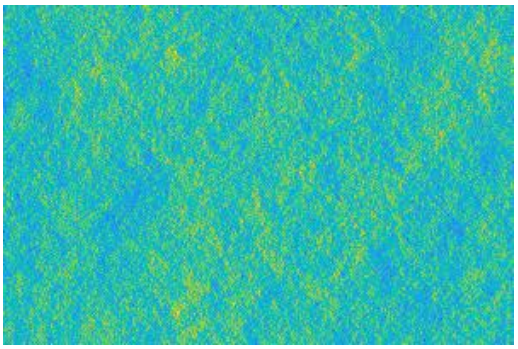


Рис. 1. Случайное поле, H = 0.7

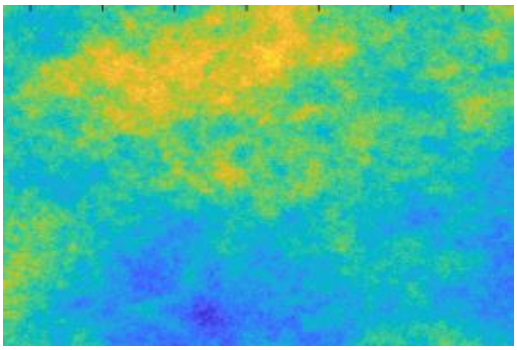


Рис. 2. Случайное поле, H = 1.3

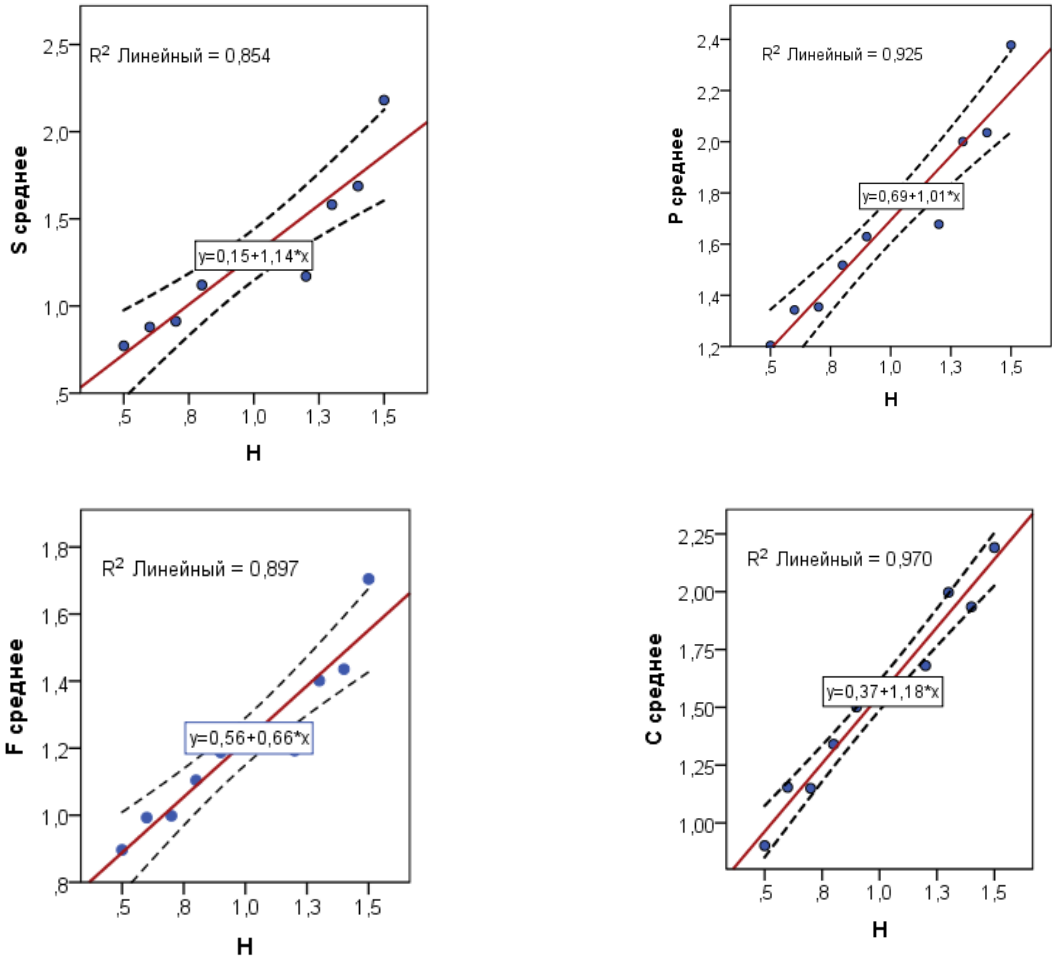


Рис. 3. Регрессионные модели для средних значений параметров объектов

Случайные поля с более высокими значениями показателя Хёрста характеризуются наличием более крупных объектов и, соответственно, меньшим их количеством при фик-

сированном размере поля. При этом как объекты интереса, так и мешающие объекты характеризуются разнообразием форм. Для количественного описания размеров и формы выделенных на изображении объектов применяются различные показатели, подробно описанные в [2].

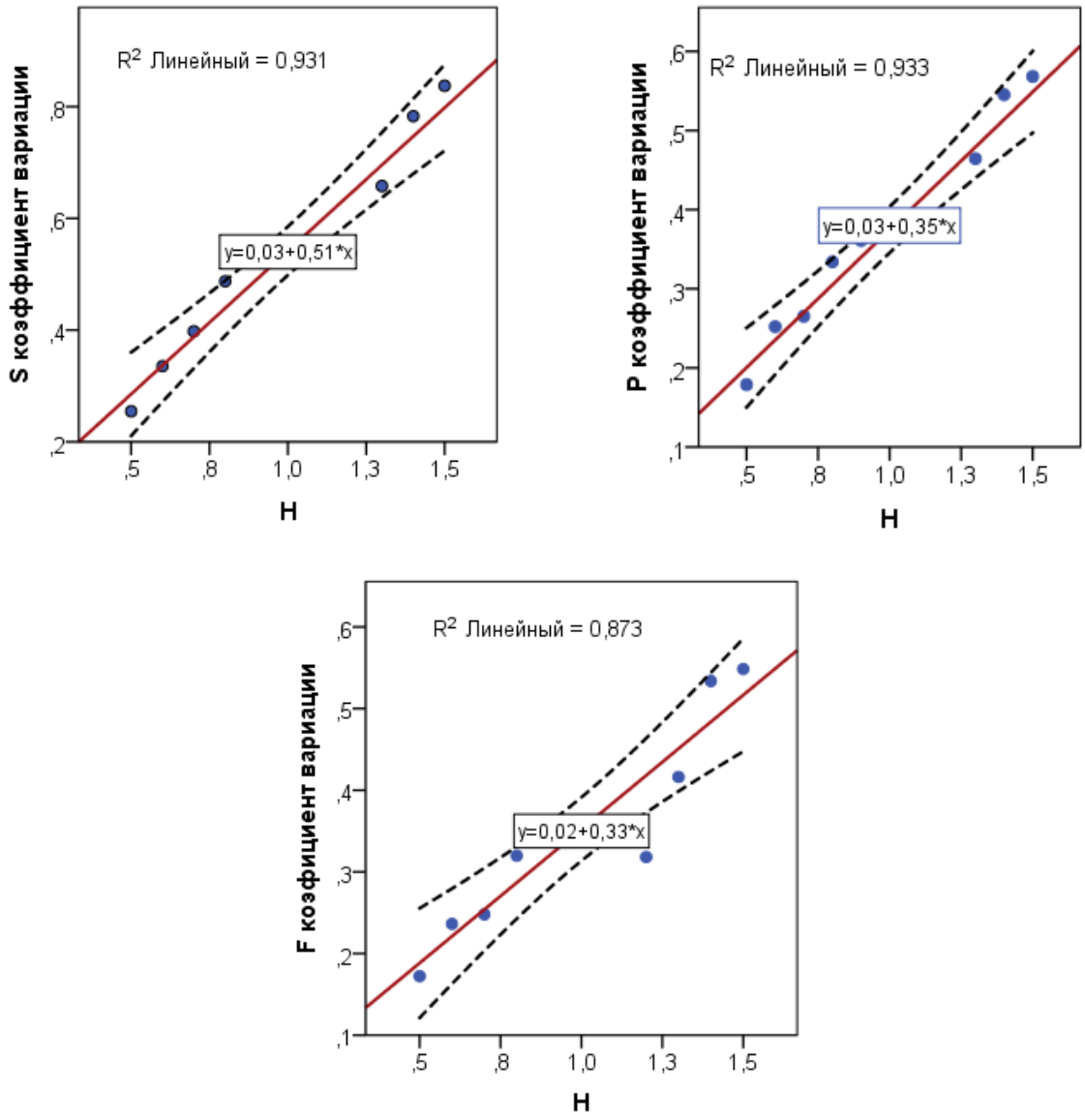


Рис. 4. Регрессионные модели для коэффициентов вариации параметров объектов

В работе построены модели случайных полей при $H \in [0.5, 1.5]$, определены и проанализированы статистические характеристики показателей, характеризующие размер и форму выделенных в результате пороговой обработки объектов. В ходе предварительной обработки наиболее перспективными для углубленного исследования признаны площадь объекта S, периметр P, максимальный диаметр Фере F и показатель компактности C, определяемый как квадрат периметра объекта, деленный на его площадь. Основной целью описанного в данной работе исследования было выявление связи параметров выделенных объектов с корреляционными свойствами случайных полей.

На рис.3 представлены зависимости логарифма среднего значения исследуемых характеристик объектов от значения показателя Хёрста. Средние значения характеристик обозна-

чены маркерами. Сплошные линии представляют собой линии регрессии, а пунктирными линиями обозначены 95% доверительные интервалы. Также на каждом графике приведены уравнения линейной регрессии и значения коэффициента детерминации R^2, характеризующего долю дисперсии показателей, объясняемую регрессией. Как видно из приведенных результатов, все значения коэффициентов детерминации превышают значение 0.85, а для показателей *P* и *C* стремятся к единице.

Рассмотренные показатели, за исключением компактности *C*, не являются нормированными и однозначно связаны с размером выделенного на изображении объекта. С целью более детального выявления связи параметров объектов со степенью дальней корреляции случайного поля были построены аналогичные регрессионные зависимости для коэффициентов вариации параметров *S, P* и *F* (см. рис. 4). По оси ординат на графиках отложены значения логарифма коэффициентов вариации, представляющих собой отношение среднеквадратического отклонения к среднему значению.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о явно выраженной экспоненциальной зависимости от показателя Хёрста средних значений площади *S*, периметра *P*, максимального диаметра Фере *F* и компактности *C* выделяемых объектов, а также коэффициентов вариации показателей *S, P* и *F*, что в логарифмическом масштабе позволило получить значимые линейные регрессии для этих показателей. Полученные результаты будут использоваться при разработке алгоритмов обнаружения объектов интереса на изображениях полей с дальней корреляцией.

Результаты работы были получены в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSEE-2020-0002).

Список литературы

1. Schmidt V. Editor. Stochastic Geometry, Spatial Statistics and Random Fields. Models and Algorithms / Lecture Notes in Mathematics, Springer, 2020.

2. Mendoza F., Lu R. Hyperspectral Imaging Technology in Food and Agriculture. New York: Springer-Verlag New York, 2015

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПИКОВОГО ДЕТЕКТОРА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Кривец П.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной работе описаны проблемы, с которыми может столкнуться разработчик при разработке широкополосного измерителя, основой которого является пиковый детектор напряжения. Описан процесс разработки широкополосного пикового детектора напряжения.

Ключевые слова: пиковый детектор, выпрямитель

Введение

При производстве электронного оборудования неотъемлемой частью технологического процесса является контроль качества и технических характеристик выпускаемого изделия. В нашем случае им является трансформатор. Таким образом, появилась необходимость разработки стенда, позволяющего снять характеристики изделия, главной из которых является коэффициент трансформации – конструктивный параметр, который отражает отношение количество витков обмоток. Данный коэффициент трансформации является заданным для производства. Коэффициент трансформации $k=N_2/N_1=U_2/U_1$, где N_2 – количество витков вторичной обмотки, N_1 – количество витков первичной обмотки, U_2 – напряжение на концах вторичной обмотки, U_1 – напряжение на концах первичной обмотки. Следовательно, для определения k требуется измерение среднеквадратичного напряжения на входе и выходе трансформатора.

Согласно требуемым характеристикам детектор должен работать в диапазоне частот от 50 Гц до 500 кГц в диапазоне входных напряжений 0,5 – 10 В. Обладать величиной погрешности измеряемого значения в заданном диапазоне не более 2%.

Решение поставленной задачи

При оценке вариантов возможных реализаций измерителя первой проблемой стала сложность разработки измерителя среднеквадратического значения. Предположим, что как входной, так и выходной сигналы являются гармоническими, т.е. форма сигнала не изменяется, а искажение сигнала в любой точке схемы минимально, что значит, что коэффициент пропорциональности между среднеквадратичным и амплитудным значениями всегда постоянен и равен $\sqrt{2}$. Соответственно это позволяет использовать для детектирования амплитудные значения напряжения. Таким образом, характеристику коэффициента трансформации можно получить как отношение амплитудных значений входного и выходного сигнала. Для измерения амплитудных значений используется пиковый детектор, простейшим из которых является схема на основе одного диода. Схема показана на рисунке 1.

Очевидными недостатком схемы является нелинейность прямой ветви вольт-амперной характеристики диода, что сводит точность выпрямления сигналов амплитудой 5-10 В к недопустимому уровню. Невозможность выпрямления сигналов низкого напряжения с помощью данной схемы объясняется таким свойством полупроводникового элемента, как

напряжение прямого смещения. Для кремниевого диода это напряжение примерно равно 0,7 В, для германиевого около 0,3 В. Наглядно этот эффект можно оценить на рисунке 2.

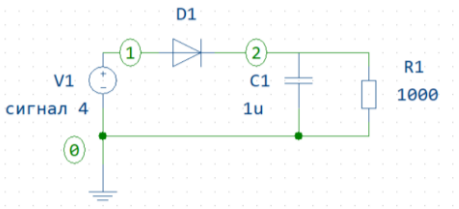


Рис. 1. Схема примитивного пикового детектора

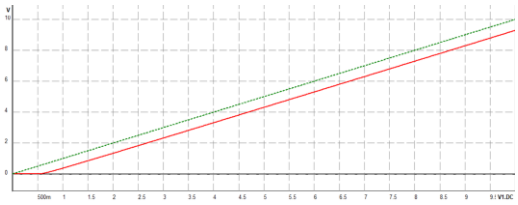


Рис. 2. Моделирование сигнала на диоде

На рисунке 2 изображены зависимости входного и входного сигналов, где пунктирной линией обозначена желаемая зависимость, в которой выходной сигнал в точности повторяет входной на всем диапазоне (от 0 до 10 В). Непрерывной линией в свою очередь показана зависимость сигналов на диоде. На ней хорошо видно, что при напряжении в 0.5 В на входе диода на выходе будет 0 В. Таким образом можно определить величину ошибки, график которой от напряжения представлен на рисунке 3.

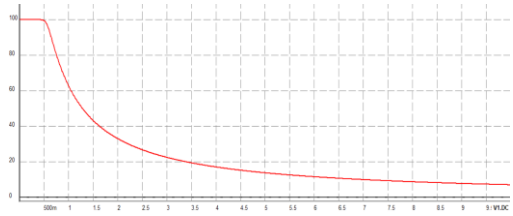


Рис. 3. Моделирование величины ошибки при различном входном напряжении

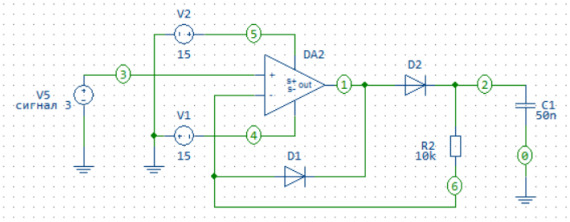
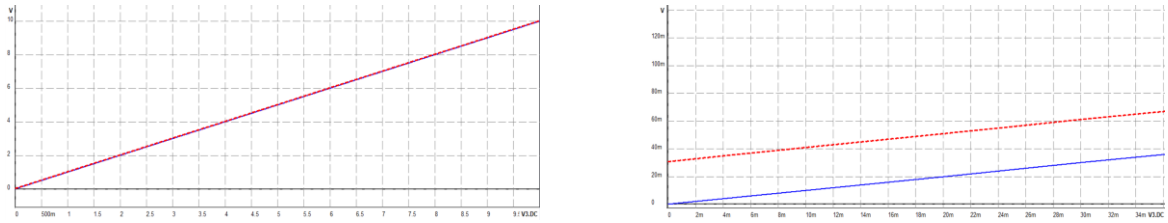


Рис. 4. Схема модернизированного детектора

На рисунке 3 представлена зависимость величины ошибки от значения входного напряжения в %. В соответствии с требованием к техническим характеристикам устройства ошибка детектирования в диапазоне напряжений от 0.5 В до 10 В не должна превышать 2%. Из анализа можно определить, что в заданном диапазоне напряжений, а именно в пределах 0,5 В, величина ошибки детектирования равняется 100%, что недопустимо. На основе этой схемы была наглядно описана проблема нелинейности диода, недопустимая в

измерительных устройствах. Таким образом, задачу детектирования нужно решать путем использования более сложного решения, в виде пикового детектора на основе диода и операционного усилителя (ОУ). Модернизированная схема представлена на рисунке 4.

Благодаря использованию ОУ, в петлю обратной связи (ОС) которого помещен диод, как показано на рисунке 4, можно снизить влияние нелинейности диода. Здесь функцию выпрямления выполняет диод D1. Его включение в петлю ОС приводит к тому, что напряжение, действующее на входе схемы, эквивалентно эффективной разности потенциалов, приложенной к диоду в прямом направлении, поделенному в число раз, равное коэффициенту усиления ОУ без обратной связи. Таким образом, величину нелинейности диода можно снизить в n раз, где n- коэффициент усиления ОУ без обратной связи. Второй диод D2 и относящийся к нему резистор нужны в схеме для того, чтобы обеспечить обратную связь на время положительного полупериода входного сигнала и, таким образом, избежать перегрузки усилителя. Проведем анализ величины отклонения входного и выходного сигнала, аналогично предыдущей схеме (рисунок 5а, 5б).



а) *б)*

Рис. 5. Моделирование сигнала на выходе схемы (а), масштабированный (б)

Как видно из графика величина ошибки примерно равна 30 мВ. Таким образом, максимальное значение величины ошибки в заданном диапазоне напряжений будет равняться 0,6%, что полностью удовлетворяет требованию. Проведем анализ схемы на частоте 500 кГц и амплитудой входного сигнала 5 В (рисунок 6).

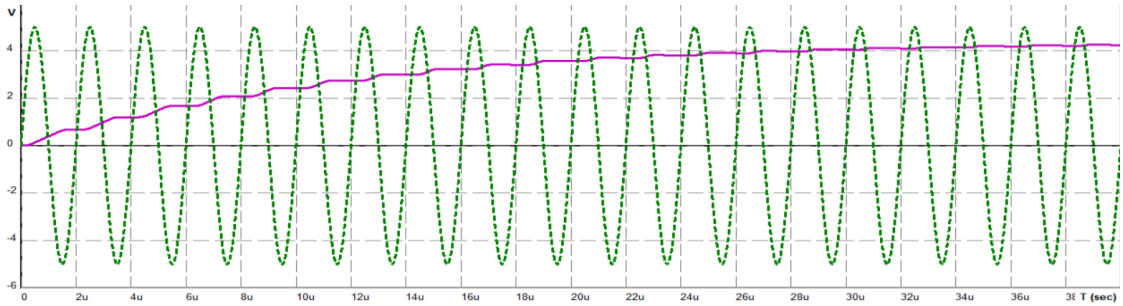


Рис. 6. Анализ схемы на частоте 500 кГц

Обратите внимание, что уровень выпрямленного значения перестает увеличиваться с течением времени на уровне 4.2 В, при амплитуде входного сигнала 5 В. Таким образом, поведение выходного сигнала не удовлетворяет заданной точности. Объясняется это тем, что в схеме был использован невысокочастотный ОУ TL074, не обладающий должной шириной рабочей полосы. То есть для обеспечения удовлетворяющего техническому заданию качества детектирования в схеме должен быть использован высокоскоростной ОУ. Вариант такого ОУ- AD8033. Анализ сигналов при использовании в выше представленной схеме ОУ AD8033, показан на рисунке 7.

Результат анализа показывает, что проблему детектирования на высоких частотах решается путем использования в схеме высокоскоростного ОУ. Далее проведём анализ схемы на частоте 1 кГц без изменения амплитуды (рисунок 8).

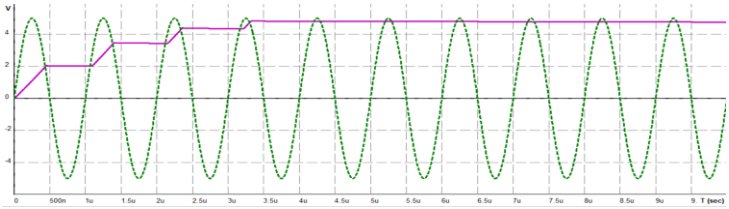


Рис. 7. Анализ схемы на частоте 500 кГц при использовании ОУ AD8033

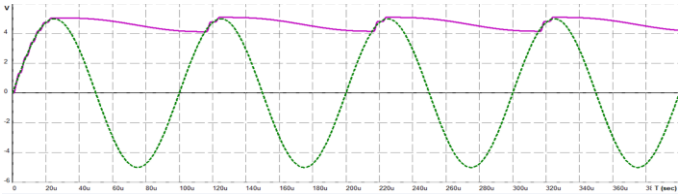


Рис. 8. Анализ схемы на частоте 1 кГц при использовании ОУ AD8033

Анализ показал, что данная схема не обеспечивает нужного результата детектирования в заданной полосе частот. Уровень выходного сигнала становится непостоянным по причине быстрого разряда конденсатора C1, происходящего по цепи обратной связи и выходному каскаду ОУ. Для устранения явления, обеспеченного током разряда конденсатора можно обеспечить только благодаря внедрению в схему повторителя на ОУ, обладающим минимальными токами утечки. Схема представлена на рисунке 9.

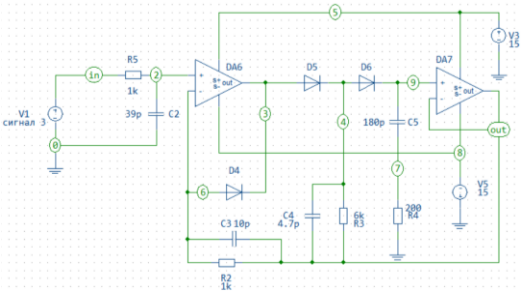
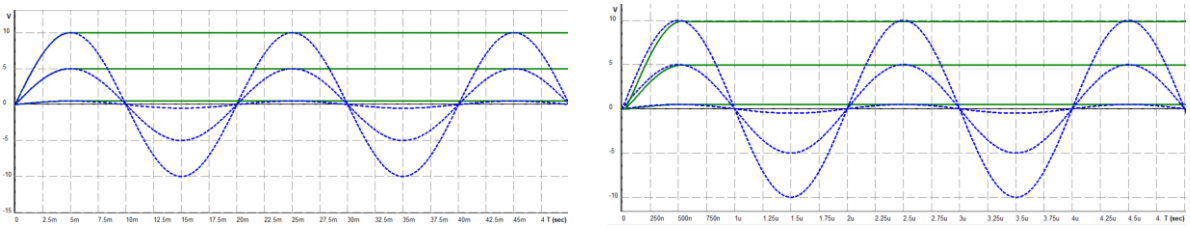


Рис. 9. Улучшенный вариант схемы



а) *б)*

Рис. 10. Анализ на частоте 50 Гц(а) и 500кГц(б)

Результаты анализа схемы на частотах 50 Гц и 500 кГц и амплитудами 0.5, 5 и 10 В соответственно показаны на рисунках 10а и 10б, в обоих случаях было достигнуто каче-

ство выходного сигнала детектора, полностью удовлетворяющие заданным требованиям, следовательно была достигнута цель разработки широкополосного пикового детектора, схема которого будет использована при дальнейшем проектировании стенда для испытания трансформаторов. Таким образом можно отметить ключевые детали, являющиеся основополагающими при разработке пикового детектора. Динамические свойства ОУ, определяемые такими параметрами как рабочая полоса частот, скорость нарастания выходного сигнала. Также величина входного сопротивления ОУ и тип выходного каскада. Немаловажно использование схем включения ОУ и диода, позволяющих минимизировать нелинейность последнего.

Список литературы

1. Reference manual. TL07xx Low-Noise FET-Input Operational Amplifiers. Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265 Copyright © 2021.
2. Reference manual. AD8033/AD8034. Analog Devices. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника от простого к сложному, 2005. 416с.
4. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах, 1988. 304с.
5. Дворников О. «Компоненты и технологии» // Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения №1, 2005

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕННЫ С ТЕПЛОЗАЩИТОЙ И СЛОЕМ ПЛАЗМЫ

Мажник И.В.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Аннотация. Разработана математическая модель бортовой антенны космического аппарата на траектории спуска с учетом теплозащиты и слоя плазмы. Представлены результаты расчета потерь электромагнитной энергии в нагретой теплозащите круглого волновода и слоя плазмы. Предложен алгоритм расчета математической модели. Проведен расчет с целью определения влияния изменения толщины и электрических параметров теплозащиты и слоя плазмы на диаграмму излучения и КПД.

Ключевые слова: круглый волновод, однородная теплозащита, полетная плазма, диаграмма излучения, КПД.

В настоящее время на траектории спуска космического аппарата (КА) связь нарушается. Объясняется это тем, что в условиях гиперзвукового полета в плотных слоях атмосферы образующая вокруг аппарата ударная волна порождает высокотемпературный нагрев. Разогрев воздуха, окружающего КА, приводит к термической ионизации воздуха за фронтом ударной волны, т.е. образованию плазменной оболочки, параметры которой резко изменяются по траектории полета. Для защиты от нагрева бортовая антенна закрывается нагревостойкой радиопрозрачной теплозащитой. В этих условиях из-за температурного изменения электрических характеристик теплозащиты и наличия слоя плазмы, ухудшается распространение радиоволн. Важной и актуальной становится задача разработки математических моделей бортовых антенн с учетом воздействия аэродинамического нагрева и влияния плазменного образования.

Бортовые антенны летательных аппаратов являются слабонаправленными, что достигается излучением из открытого конца волновода. Электродинамическая задача может быть сформулирована следующим образом. Имеется излучающий раскрыв антенны *a*, изображённый на рисунке 1, расположенный на бесконечном экране, перед которым

находятся диэлектрические слои толщиной d_1 и d_2 с комплексной диэлектрической проницаемостью ε_{a1} и ε_{a2}. Бесконечный экран соответствует металлическому корпусу КА, первый слой эквивалентен твердому диэлектрическому слою теплозащиты, второй расплавленному слою теплозащитного материала или плазменной оболочке.

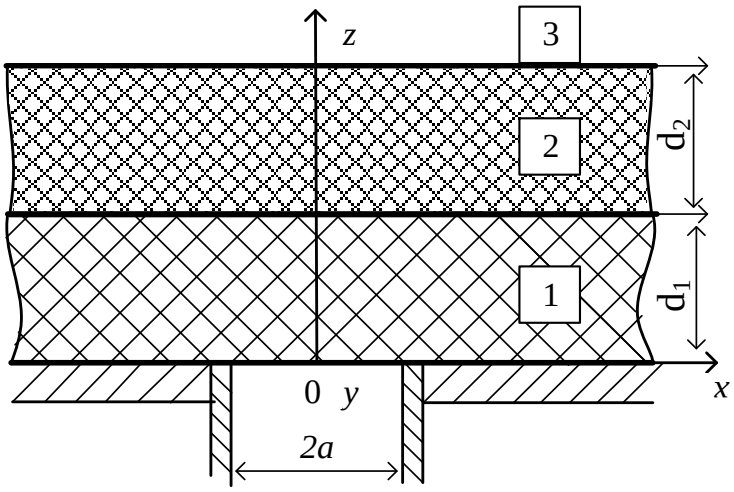


Рис. 1. – Электродинамическая модель антенного окна:
d_1 - толщина однородного слоя теплозащиты; d_2 – толщина однородного расплавленного слоя или плазменной оболочки; a – радиус волновода;x, y, z – декартовы координаты; 1 – область, занимаемая диэлектрической защитой; 2 – область расплавленного слоя или плазменная оболочка, 3 – свободное пространство

Представим составляющие электромагнитного поля в виде углового спектра плоских волн [1]

$$\frac{d^2\hat{H}_x}{dz^2}+(k^2\varepsilon_a-k_x^2-k_y^2)\hat{H}_x=0,\ \frac{d^2\hat{H}_y}{dz^2}+(k^2\varepsilon_a-k_x^2-k_y^2)\hat{H}_y=0.$$

где k — волновое число, ε_a — абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, которая имеет вид:

$$\varepsilon_a=\varepsilon_0(\varepsilon_1'-j\varepsilon_1''),\ \mathrm{tg}\delta=\varepsilon_1''/\varepsilon_1',$$

где ε_0 —электрическая постоянная, ε_1' — относительная диэлектрическая проницаемость, которая принимает следующие обозначения

$$\varepsilon=\begin{cases}\varepsilon_2',\ \text{при } \mathrm{d}_1\le z\le d_2,\\ \varepsilon_1',\ \text{при } 0\le z\le d_1,\\ 1,\ \text{при } z>(d_1+d_2).\end{cases}$$

Диэлектрические параметры слоя плазмы, где нет магнитного поля в плазме (μ = 1) и внешнее электромагнитное поле имеет малую напряженность, определяется следующим выражением:

$$\varepsilon_2'=1-\frac{\omega_p^2}{\omega^2+\upsilon^2},\ \varepsilon_2''=\frac{\omega_p^2\,\upsilon/\omega}{\omega^2+\upsilon^2}.$$

В дальнейшем ε_1' и ε_2' будем обозначать, как ε_1 и ε_2.

В области плазменного слоя происходит затухание и отражение. Количественно эти явления зависят от частоты соударения электронов υ, угловой частоты ω и угловой плазменной частоты электронов в плазме ω_p следующим образом:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{N_e e^2}{\varepsilon_0 m}},$$

где N_e – концентрация электронов, e – заряд электрона, m – масса электрона.

Приближенное значение $\bar{\upsilon}$, учитывающее постоянную величину эффективного поперечного сечения для данного вида частиц (Q_i), определяется следующим образом:

$$\bar{\upsilon} = \bar{U} \sum_i N_{\rho_i} Q_i,$$

где $\bar{U} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$ средняя тепловая скорость электронов, k – постоянная Больцмана, T – температура, N_{ρ_i} – концентрация i-го вида частиц.

Далее удовлетворяя условиям излучения для областей 1, 2, 3 находим неизвестные константы интегрирования, которые определяются из граничных условий при z = 0, z = d_1 и z = d_2. Будем рассматривать колебания типа H_{11} в круглом волноводе.

При условии излучения (z→∞), переходя от спектрального представления $\hat{H}$ к полю E, имеем [2]

$$E_x^{(3)} = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{\Pi} F_{x_1}^{(3)}(x, y, z, x', y', 0) E_x(x', y', 0) dx' dy' +$$

$$+ \frac{1}{4\pi^2} \iint_{\Pi} F_{x_2}^{(3)}(x, y, z, x', y', 0) E_y(x', y', 0) dx' dy',$$

$$E_y^{(3)} = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{\Pi} F_{y_1}^{(3)}(x, y, z, x', y', 0) E_x(x', y', 0) dx' dy' +$$

$$+ \frac{1}{4\pi^2} \iint_{\Pi} F_{y_2}^{(3)}(x, y, z, x', y', 0) E_y(x', y', 0) dx' dy'.$$

Здесь П - область интегрирования по раскрыву волновода, x', y' - координаты, отсчитываемые в раскрыве излучающего волновода.

Расчет по разработанной математической модели диаграммы направленности и КПД бортовых антенн базируется на известных температурных зависимостях теплозащиты и плазмы. Температурные зависимости определяются видом теплозащиты антенны, а значение температуры траекторией полета. Параметры плазмы также определяются траекторией полета [3,4].

На рисунке 2 изображена диаграмма направленности КА класса «несущий корпус» [5] на 90, 85 и 35 км траектории баллистического спуска, будем считать, что на этих высотах интенсивного нагрева теплозащиты нет и характеристики материала теплозащиты плавленого кварца не изменяются, и равны $\varepsilon_1 = 3.3$, $\mathrm{tg}\delta = 0.003$. На рисунке 2 показаны диаграммы излучения круглого волновода в носовой части аппарата, характеристики плазмы равны: $\varepsilon_2' = 0.51$, $\varepsilon_2'' = 7 \cdot 10^{-4}$ (90 км), $\varepsilon_2' = 6 \cdot 10^{-5}$, $\varepsilon_2'' = 8 \cdot 10^{-3}$ (85 км), $\varepsilon_2' = 0.71$, $\varepsilon_2'' = 0.4$ (35 км).

Из рисунка 2 следует, что изменение характеристик плазмы влияет на форму диаграммы направленности.

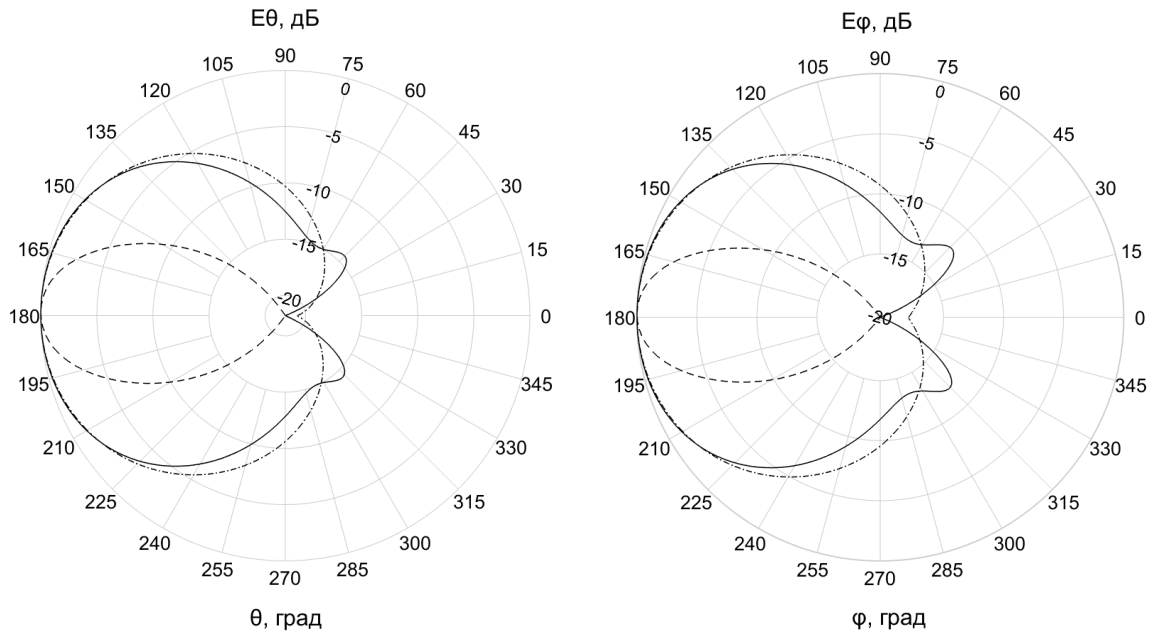


Рис. 2 – Нормированная диаграмма излучения круглого волновода для носовой части аппарата с однородной теплозащитой d_1 = 7 см, и толщиной слоя плазмы d_2 = 4 см; (——) 90 км, (– – –) 85 км, (·–·–·) 35 км

КПД будем рассчитывать для баллистической траектории возвращения на землю КА класса «несущий корпус» (рисунок 3). Если будем считать, что на уровне -30 дБ связь теряется, то потери связи будут на высотах, которые заштрихованы.

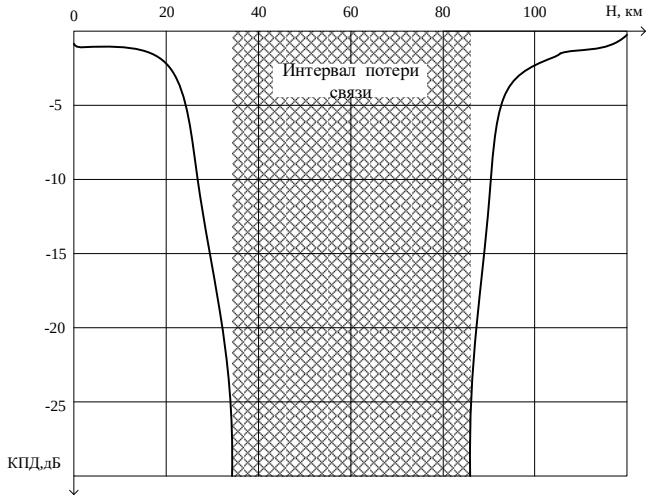


Рис. 3 – КПД для траекторий КА класса «несущий корпус»; антенное окно находится в носовой части, с однородной теплозащитой при d_1 = 7 см, и толщиной слоя плазмы d_2 = 4 см

По результатам расчета радиотехнических характеристик антенного окна для условий аэродинамического нагрева можно разработать рекомендации по выбору теплозащиты, которая обеспечит наивысшую стабильность характеристик антенн в условиях эксплуатации и снизит чувствительность к воздействию высокотемпературного нагрева. Рассчиты-

вая радиотехнические характеристики, с учетом параметров плазмы, можно разработать рекомендации по расположению антенны на КА.

Список литературы

1. Михайлов В. Ф. Характеристики излучения круглого волновода через плоскую однородную теплозащиту. Электромагнитные волны и электромагнитные системы. №1, 2019, 12-19 стр.
2. Мажник И.В., Михайлов В. Ф. Расчёт характеристик излучения круглого волновода, закрытого теплозащитой. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Материалы XXIII международной научной конференции, в 2 ч.. Санкт-Петербург, 2020. С. 118-124.
3. Свидетельство № RU 2021614062, РФ. Программа расчёта диаграммы направленности круглого волновода, закрытого теплозащитой и слоем плазмы. Д. В. Васильева, И. В. Мажник, В. Ф.Михайлов (РФ). № 2021613308 // ФСПИС. 2021. 1 с.
4. Свидетельство № RU 2021612958, РФ. Программа расчёта КПД круглого волновода, закрытого теплозащитой и слоем плазмы. Д. В. Васильева, И. В. Мажник, В. Ф.Михайлов (РФ). № 2021612222 // ФСПИС. 2021. 1 с.
5. Елисеев А.Н., Миненко В.Е., Якушев А.Г., Агафонов Д.Н. Проектный, аэродинамический и термобаллистический анализ спускаемого аппарата класса «Несущий корпус» // Машиностроение и компьютерные технологии. 2015. №10. С. 88-125.

К ВОПРОСУ ОБ ОБНАРУЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ МАЛОЙ АВИАЦИИ

Поваренкин Н.В., Ермаков А.К., Слободнюк А.С.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Проблема безопасности полетов по сей день остается актуальной, сложной и до конца не изученной. Актуальность проблемы состоит в том, что в результате нарушения установленных правил гибнут люди, причем имеющие солидный опыт, выходит из строя авиационная техника, нарушается инфраструктура, тратятся большие средства на ликвидацию последствий аварий и катастроф. В рамках рассматриваемой статьи авторы предлагают выделить проблему, связанную с использованием малой, в том числе и сверхмалой авиации и возникающими при этом предпосылками к летным происшествиям, результатом которых может в большинстве случаев быть авиационная катастрофа.

Несмотря на то, что использование воздушного пространства регламентировано законодательно [1, 2, 3] достаточно часто возникают ситуации, когда полеты малоразмерных воздушных судов совершаются самостоятельно без получения разрешения на выполнение полетов, либо же выполнение полетов производится без учета высоты препятствий на пути маршрута следования или же возникают ситуации, когда в зоне полетов оказываются одновременно несколько воздушных судов [3].

При этом наибольшую опасность при решении задач обеспечения полетов представляют собой полеты на малых высотах. В соответствии с действующими авиационными правилами [1] полеты воздушных судов запрещаются на высотах ниже 300 метров над самым высоким препятствием в пределах горизонтального радиуса в 500 метров вокруг воздушного судна. Например, если средняя высота опоры линии электропередачи составляет около 40 метров, то минимальная высота полета воздушного судна в этом районе не может быть ниже 340 – 350 метров. Под эти критерии не попадают ситуации совершения полетов над населенными пунктами.

Несмотря на все ограничения в нашей стране полеты на таких высотах и даже ниже встречаются чаще чем хотелось бы. Причин много. Во-первых, очень много энтузиастов,

которые имеют за плечами большой опыт пилотирования, но уже не являются действующими пилотами. Такие люди, зная специфику организации воздушного движения на свой страх и риск совершают полеты без подачи заявки в органы управления воздушным движением. Полеты в таком случае совершаются в диапазоне от 200 до 400 метров. Эти высоты вне населенных пунктов являются не опасными, так как позволяют преодолевать практически все препятствия. Во-вторых, техника полетов на малых высотах являлась необходимым условием выполнения полетов пилотами государственной авиации при решении задач, возложенных на них. В результате сформированный у них навык остался, и они им во всю пользуются при совершении кратковременных полетов на воздушных судах малой авиации. В-третьих, инженеры, посвятившие практически всю свою жизнь авиации, не редко занимаются самостоятельным изготовлением легких самолетов. Апробирование таких летательных аппаратов зачастую производится вдоль русла рек на уровне кромки деревьев, что позволяет выполнять такие полеты практически не замеченным.

Все вышеописанное позволяет сделать вывод о том, что для повышения уровня безопасности полетов необходимо обеспечить контроль воздушного пространства таким образом, чтобы своевременно обнаруживать не только сами воздушные суда, совершающие полеты с нарушением существующего законодательства, но и определять место их взлета и посадки для последующего принятия решения о запрете эксплуатации таких воздушных судов. Особую опасность малоразмерные воздушные суда могут оказывать самолетам, выполняющим авиационные работы, либо магистральным самолетам, находящихся на этапах взлета или посадки. Основные параметры наиболее используемых воздушных судов малой авиации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Летно-технические характеристики воздушных судов

Тип воздушного судна	Страна производитель	Крейсерская скорость, км/ч	Дальность полета, км	Максимальная высота полета, м
Piper Seneca PA-34	США	350	1611	7620
Be 76 Duchess	США	280	1445	6800
Cessna 172	США	228	2172	4116
Рысачок	Россия	400	2000	6000
L-410	Чехия	400	990	4200
Morava L200D	Чехия	256	1710	5700

На этапе посадки пилотируемое воздушное судно входит в глиссаду для последующего приземления на взлетно-посадочную полосу. В аэропорту Пулково (г. Санкт-Петербург) существует две взлетно-посадочные полосы и, соответственно, четыре направления для осуществления посадки. В качестве примера рассмотрим одну из них и два различных направления для посадки: 10R и 28L [5]. Посадка на полосу 10R осуществляется по схеме захода, которая содержит прохождение шести промежуточных пунктов маршрута, после чего осуществляется вход в глиссаду и посадка.

Сам этап посадки начинается при входе в глиссаду. В этой схеме он осуществляется на удалении от взлетно-посадочной полосы на расстоянии 6 морских миль (около 12 километров) на высоте 2000 футов (около 600 метров). Перед входом в глиссаду пилотируемое воздушное судно проходит два промежуточных пункта маршрута. Отсюда полное расстояние S проходимое воздушным судном до касания взлетно-посадочной полосы при скорости υ, равной 220 – 240 км/ч составляет приблизительно 15 морских миль (около 30 километров).

На основании проведённых расчётов следует, что необходимое значение минимальной дальности обнаружения малоразмерных воздушны судов должно быть не менее 56,8 км.

Для определения сектора обзора по азимуту и углу места примем во внимание следующее. Перед совершением посадки воздушное судно проходит точку, с которой командир воздушного судна может безопасно прервать процедуру посадки и принять решение об уходе на второй круг.

Согласно [1, 2, 3] высота полета малоразмерного воздушного судна может быть достаточно большой и лежать (таблица 1) в пределах от 990 до 7200 метров. Также стоит отметить, что высота полета пилотируемого воздушного судна над дальним маркерным маяком в аэропорту Пулково составляет приблизительно 240 метров, а над ближним маркерным маяком около 90 метров (рисунок 3). В связи с этим возникает необходимость обнаружения и сопровождения самолетов нарушителей на высотах до 90 метров, так как их характеристики позволяют совершать полеты во всех диапазонах высот, на которых производят снижение воздушные суда и тем самым привести к угрозе их столкновения.

Ширина зоны обзора по азимуту определяется исходя из необходимости создания сплошного радиолокационного поля в пределах периметра ограждения вокруг взлетно-посадочной полосы. Например, если радиолокационная станция будет установлена вдоль оси взлетно-посадочной полосы соответствующего направлению 10R, то зона внешнего ограждения аэропорта расположена на удалении 600 м в ту и другую сторону.

Если расстояние между двумя целями окажется менее 270 м, то система воспримет их как одну цель.

Заключение

Таким образом, малоразмерные воздушные суда обладают достаточными характеристиками, чтобы оказаться в зоне аэродрома и создать аварийную ситуацию на этапе посадке магистрального воздушного судна. Поэтому дальность обнаружения радиолокационной станции должна составлять не менее 57 километров. Это расстояние является оптимальным для своевременного обнаружения малоразмерной цели, оповещения соответствующих служб о несанкционированном полете, а также предотвращения столкновения воздушного судна с этим летательным аппаратом. Высота обнаружения малоразмерных судов должна составлять до 300 метров.

Список литературы

1 Приказ Минтранса РФ от 31 июля 2009 г. N 128 "Об утверждении Федеральных авиационных правил "Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации" – Текст: электронный // Консультант плюс. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения 16.03.2021).

2 Приказ Минтранса РФ от 17.07.2008 N 108 (ред. от 23.06.2009) Об утверждении Федеральных авиационных правил Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации (Зарегистрировано в Минюсте РФ 14.08.2008 N 12119) –Текст: электронный // Консультант плюс. – URL: http://www.consultant.ru. (дата обращения 16.03.2021)

3 Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации: введены Постановлением Правительства РФ от 11.03.2010 N 138 (ред. от 02.12.2020) "Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации". – Текст: электронный // Консультант плюс. – URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home;rnd=0.5968759733346269 (дата обращения 16.03.2021)

4 Авиафорум : [сайт] Катастрофа ЕЭВС самолета Piper PA-28-180 RA-2659G в Ленинградской области 08.01.2021 // . – URL: https://aviaforum.ru/threads/katastrofa-eehvs-samoleta-piper-pa-28-180-ra-2659g-v-leningradskoj-oblasti-08-01-2021.48372/page-2 (дата обращения 29.03.2021)

5 Аэропорт ULLY. – Текст : электронный . – URL: https://www.platinumairways.org/files/DOTW_Charts/ULLICharts201806.pdf (дата обращения 04.04.2021).

6 Рысачок . – Текст : электронный //Авиационная энциклопедия УГОЛОК НЕБА : [сайт] . – URL: http://www.airwar.ru/enc/la/rysachok.html (дата обращения 04.04.2021).

АЛГОРИТМ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ КУРСА СУДОВЫХ РАДАРНЫХ ЛЕДОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

МАЙМЕСКУЛ К.В., РЯСКИНА С.Ю., СИТНИКОВ И.Ю.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

ООО «НавДК», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Описан алгоритм компенсации угловой погрешности, вызванной флуктуациями курсоуказателя судна, для радарных ледовых изображений. С использованием экспериментальных данных – ледовых снимков - проведен сравнительный анализ существующего метода поиска угла поворота путем определения общих артефактов двух соседних снимков и разработанного алгоритма, определяющего угол поворота на основании сравнения поступающего снимка с береговой чертой, присутствующей на снимке. Использование предложенного метода обработки позволяет повысить четкость итогового снимка за счет компенсации размытия, вызванного угловой погрешностью.

Ключевые слова: мониторинг ледовой обстановки, РЛС, интегрированные ледовые снимки, компенсация погрешностей, угловая погрешность.

По требованию Полярного кодекса морские суда должны быть оснащены средствами получения и отображения оперативной информации о текущей обстановке, включая ледовую обстановку в районе плавания [1].

В данной статье проанализированы экспериментальные данные, полученные с ледокола «Мурманск» в акватории Выборгского залива в феврале 2021 года. Судно оснащено радиолокационной системой для сбора данных об окружающей обстановке и специализированной ледовой приставкой МКИС Ice Vision [2], которая путем накопления и обработки радарных данных формирует точные геопривязанные ледовые изображения. Сформированные изображения поступают в модуль электронной картографической системы «dKart Navigator Ice» [3] Ice Syntesizer, где производится несколько ступеней их обработки для повышения качества снимков и их последующее сложение для формирования синтезированного геопривязанного снимка, несущего информацию о ледовой обстановке в районе следования судна. Изображение для удобства судоводителей может быть совмещено с картой в ЭКС.

Изображения поступают в dKart Ice Syntesizer с пятиминутным временным интервалом накопления, снимки ориентированы по истинному северу. Каждый снимок поступает на вход со смещением относительно предыдущего, равным перемещению судна. Одним из факторов, снижающих качество синтезированного изображения, является угловая погрешность, вызванная неточностью гирокомпаса, то есть поворот соседних поступающих изображений на небольшие углы.

Таким образом каждый последующий снимок поступает с двумя преобразованиями: смещение и небольшой поворот, вызванный угловой погрешностью. Так как снимки геопривязаны и поступают с заданным интервалом во времени, преобразование смещения нам известно, и компенсировать его в пределах дискрета измерения легко. Для получения максимальной точности отображения ледовой обстановки на синтезированном снимке остается скомпенсировать угловую погрешность в поступающих снимках, если она превосходит соответствующее значение дискрета по углу.

При сложении изображений без компенсации углового сдвига иногда возникают заметные искажения при совмещении снимка с картой, наблюдаемые в ЭКС (Рисунок 7).

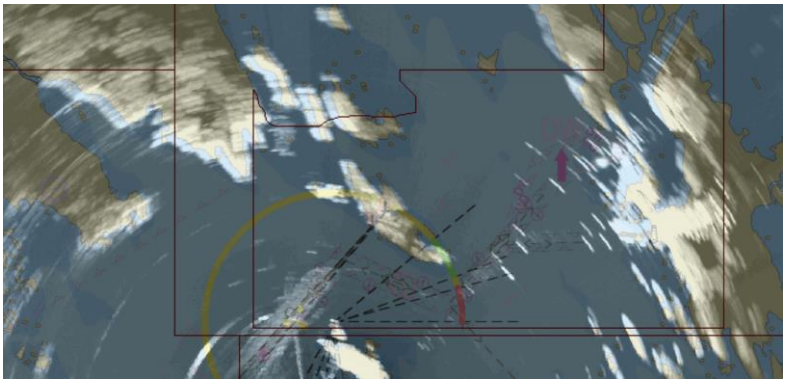


Рисунок 7 – Синтезированный снимок без компенсации углового смещения (фрагмент на расстоянии около 4 км от ледокола).

Можно заметить, что снимок «размыт» из-за нескомпенсированной угловой погрешности гирокомпаса. Для определения угловой погрешности и поворота изображения существуют различные программные реализации: например, использование известных методов MSER [4] и SURF [5] для определения артефактов изображений и наглядного нахождения суммарного вектора смещения и поворота.

Метод максимально стабильных экстремальных областей (MSER) производит поиск элементов изображения для нахождения соответствий путем анализа входных последовательностей изображений, приведенных к бинарному виду по порогу. Анализ последовательности позволяет вычислить, сколько уровней область экстремума не изменялась. Тогда, выбрав значение порога R, можно выделить максимально устойчивые области экстремума – регионы, которые не изменялись в последовательности R раз.

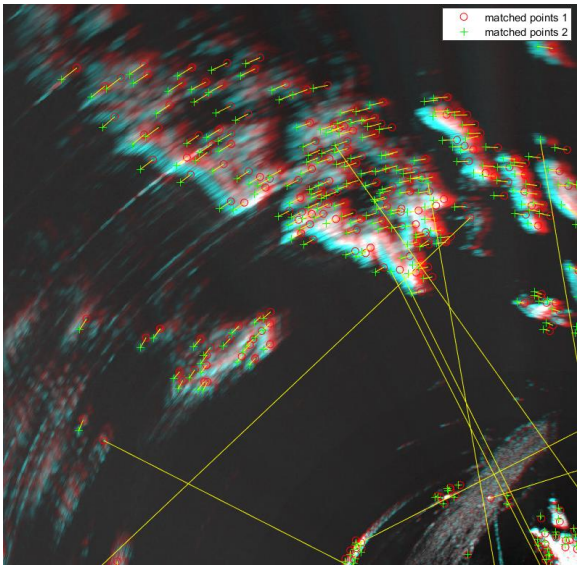


Рисунок 8 – Совпавшие области двух изображений – вектор перемещения.

Определив на соседних изображениях экстремальные области (в нашем случае для вычисления углового сдвига больше всего подходит ледовая обстановка на краях изображения и береговая черта), можем найти координаты одинаковых областей на изображениях. Преобразование соседних изображений складывается из смещения и

поворота (Рисунок 8). Вычислить и исключить смещение легко, останется только вычислить угол поворота: 2arcsin угла от центра изображения до середины вектора между одинаковыми точками на двух соседних изображениях.

Использование такого подхода для решения поставленной задачи оказалось затратным по ресурсу: в программной реализации Matlab требуется 70-80 секунд для определения суммарного вектора смещения изображения.

Для сравнения использовался собственный алгоритм. За основу была взята идея с вычитанием последовательно поступающих снимков друг из друга. Снимки поворачиваются с заданным интервалом с целью нахождения минимальной разницы между изображениями – полученная разница показывает угловое смещение, определяем нужный угол поворота. Разница стала минимальной, значит изображения совмещены по углу. Размер вычитания (разности между фрагментами снимка с поворотом и без поворота), которое можно вычислить в пикселях по координатам двух точек, позволит оценить угол поворота. Синус угла поворота будет равен отношению разности в пикселях к расстоянию от центра изображения до выбранного фрагмента.

Если на снимке присутствует береговая черта, найти угол поворота становится еще проще: с учетом координат геопривязанного снимка рисуется векторная береговая черта, соответствующая береговой черте, присутствующей на снимке, поворачивать вектор берега быстрее и проще, чем растровый снимок.

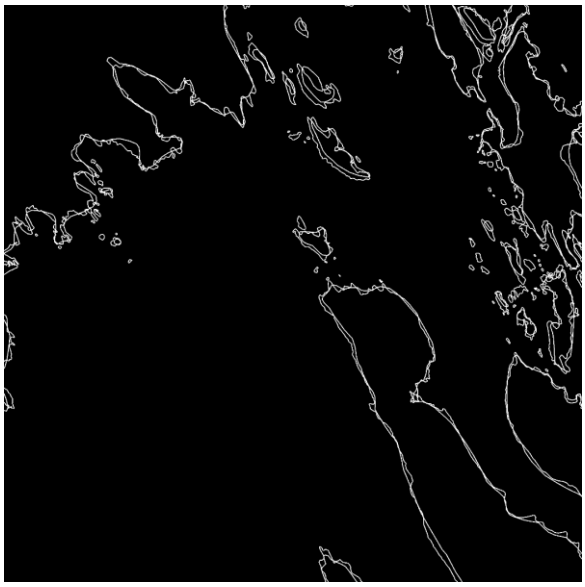


Рисунок 9 – Векторное изображение береговой черты.

Изображения поворачиваются с заданным интервалом, вдоль береговой черты производится оценка корреляционной функции: суммируются пиксели для каждого угла поворота. Формула критерия максимума функции совпадения:

$$F_{max}(\alpha) = \Sigma P(X_i \cdot \cos\alpha - Y_i \cdot \sin\alpha,\ X_i \cdot \sin\alpha + Y_i \cdot \cos\alpha),$$

где α - угол поворота, X_i и Y_i - координаты вершин береговой черты, $P(X,Y)$ – суммарная яркость пикселя радарного изображения в координатах X,Y.

В первом эксперименте интервал угла поворота α задавался равным 0,2°. После нахождения угла поворота радарное изображение поворачивается на нужный угол, повернутая версия сохраняется программой в выходную папку.

Среднее время коррекции поворота одного снимка на компьютере с 64-разрядной ОС Windows 10, процессором Intel® Core™ i5-8520U CPU, 1.6 GHZ, ОЗУ 4 Гб составило около 6 секунд. Ниже приведена со значениями углов коррекции поворота ряда снимков:

Таблица 1

Угол, °	-0,4	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4	0,8	1	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4

Время, затраченное на поворот всех картинок незначительно, учитывая интервал формирования ледового снимка.

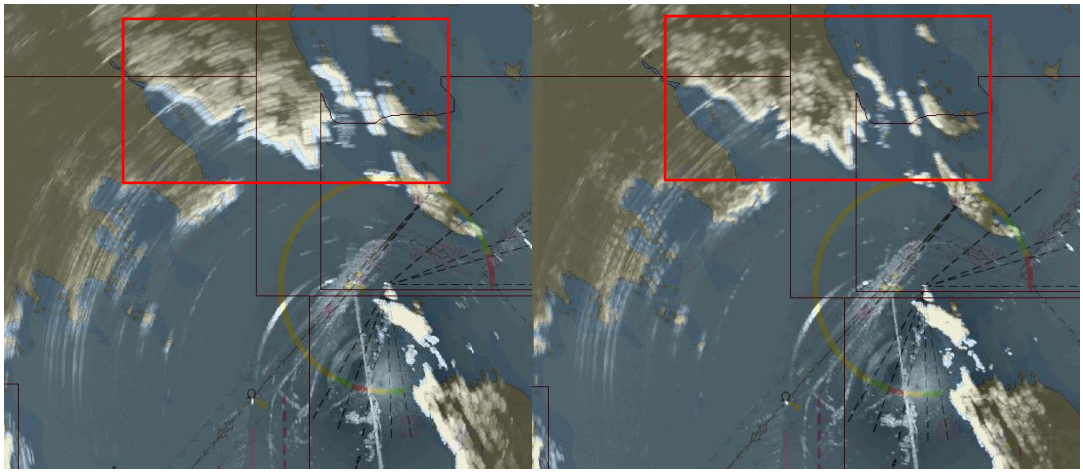


Рисунок 10 – Исходное интегрированное изображение – слева, изображение с компенсацией угловой погрешности – справа.

С помощью инструмента измерений, встроенного в ЭКС, было оценено численное значение выигрыша по четкости изображения, оно составило 0,07 миль или 112 метров на расстоянии порядка 4 км.

Для увеличения скорости и повышения точности компенсации угловой погрешности разработанный метод был усовершенствован. Поиск угла поворота производится в два этапа: грубая и точная оценка. Во время грубой оценки угла поворота программа находит нужную область поворота с шагом 0,5°. Затем в найденной области производится поворот картинки с точностью 0,1°. Точность поворота соответствует десятой доле ширины диаграммы направленности РЛС, что говорит о высокой точности совмещения. Разработанный метод позволяет уменьшить среднее время поворота снимка почти в два раза – оно составляет 3,5 секунды на компьютере с теми же характеристиками. Ниже приведена таблица со значениями углов поворота тех же снимков с точностью 0.1°:

Таблица 2

Угол, °	-0,4	-0,3	-0,3	0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4

Была также выполнена проверка взаимодействия алгоритмов MSER и SIFT с выделенной векторной береговой чертой: поиск совпавших областей. Итоги эксперимента показали, что алгоритм не подходит для поставленной задачи, так как береговая черта на снимке недостаточно четкая для определения совпадающих областей методом SIFT.

Таким образом при наличии в области видимости береговой черты для компенсации угловых погрешностей радарных ледовых изображений используется ее векторное изображение, что обеспечивает оптимальный результат с погрешностью 0.1° при сравнительно небольших вычислительных затратах.

Список литературы

1. IMO. «International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)». – 2016. – MEPC 68/21/Add.1
2. Фадеев В. А., Баргман С. А., Булатов А. А. «Радиолокационные средства МКиС контроля ледовой обстановки» - 2019.
3. Ситников И.Ю., Самсонова Т.Е., Миронов Е.У., Смоляницкий В.М., Кусуров В.И., Иванов В.В. «Модернизированная технология ECS dKart Navigator Ice для эффективного использования ледовой и навигационной информации на платформах и судах ледового плавания» - 14-я межд.конф. RAO/CIS Offshore 2019, СПб
4. J. Matas, O. Chum, M. Urban, and T. Pajdla. "Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions." – 2002. – Proc. of British Machine Vision Conference, pages 384-396.
5. Bay, H. SURF. «Speeded Up Robust Features» / H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars «Computer Vision and Image Understanding» – 2008. – V. 110(3). – P. 346–359.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ КОНВЕРГЕНЦИИ УСЛУГ В СИСТЕМАХ СЛУЖЕБНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Селиванов А.С., Шакалов И.А., Черников Д.Ю.

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы основные тенденции проектирования, развертывания и использования систем широкополосного радиодоступа в качестве «последней мили» мультисервисных систем связи. Показано, что при проектировании и первоначальном развертывании целесообразной является реализация функционала, связанного в первую очередь с решением технологических задач крупными промышленными предприятиями.

Ключевые слова: радиодоступ, широкополосные системы, мультисервисные услуги, зона обслуживания системы, распределение задержки пакетов.

Введение

Естественное желание использовать единый канал связи для передачи различных видов информации приводит к необходимости реализации конвергентных технологий в основе всех подсистем, входящих в состав современных систем связи с подвижными объектами. Несмотря на постоянный прогресс в области сетевых технологий, вопросы определения степени взаимного влияния алгоритмов приема и обработки различных видов информации, и в первую очередь в абонентском оборудовании, по-прежнему остаются весьма актуальными.

Задействование радиодоступа для организации «последней мили» - достаточно традиционный подход, позволяющий эффективно обслуживать передачу трафика речи, данных и видео [1]. В этой связи одной из наиболее характерных тенденций развития радиодоступа является повсеместное использование технологий пакетной передачи, ориентированных, прежде всего, на использование IP пакетов. Подобный подход позволяет спроектировать и построить «последнюю милю» как единую мультисервисную сеть абонентского доступа, которую можно обосновано отнести к сетям NGN [2]. Наряду с многочисленными достоинствами, которые сулит следование «пакетной» тенденции при построении «последней мили», достаточно очевидным будет и появление новых проблем, связанных, прежде всего, с необходимостью отслеживания нормированных показателей качества обслуживания пакетного мультсервисного трафика.

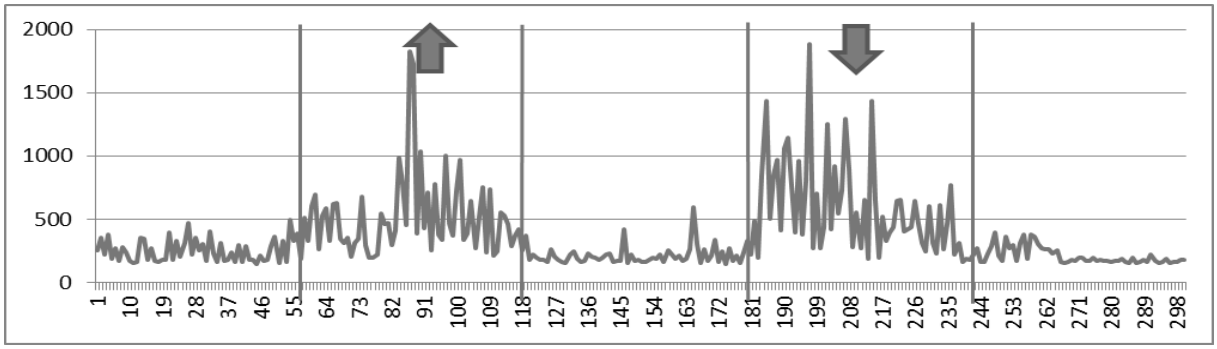
В соответствии с рекомендациями международного союза электросвязи (МСЭ) показателями качества обслуживания трафика в системах абонентского радиодоступа, постро-

енного с использованием пакетных технологий, являются: математическое ожидание времени задержки пакетов - IP packet Transfer Delay (IPTD) и вариация времени задержки пакетов – IP packet Delay Variation (IPDV).

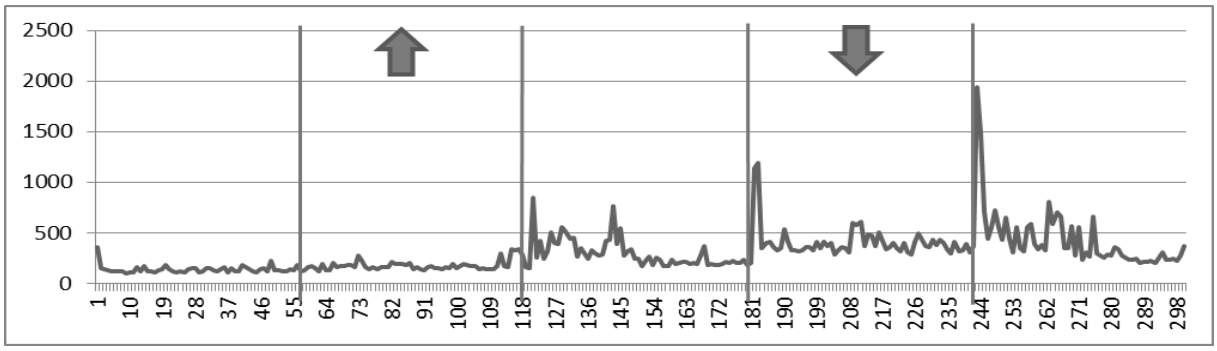
Основная часть

Для обеспечения возможности варьирования данными величинами в системе широкополосного радиодоступа McWill [3] используются специальные опции, назначаемые абонентам в зависимости от доминирования того или иного вида трафика.

Оценка влияния данных опций на качественные характеристики предоставления услуг, производилась в ходе измерений задержки последовательностей тестовых пакетов по аналогии с [3], с использованием оборудования XinWei MT359 [4] при величине пакета равной 1400 байт, на фоне услуг речевой связи, предоставляемых при дуплексной радиотелефонной связи (рис.1, а) и непрерывного сеанса симплексной транкинговой радиосвязи (рис.1, б). Дополнительно стрелками на рисунке 1 поясняются направления радиотелефонных и транкинговых голосовых вызовов.



а)



б)

Рис. 1. Измеренные величины задержек для различных условий приема потока данных

Исходя из представленных графиков (вертикальная ось – задержка в мсек; горизонтальная – время в секундах), можно говорить о том, что измеряемая величина задержки (в условиях отсутствия абонентской нагрузки) изменяется в интервале примерно от 100 до 2000 мсек, а аномальные выбросы измеренных значений задержки могут быть связаны, например, с возможным выполнением абонентским оборудованием процедуры смены вида модуляции.

Экспериментальная оценка влияния параметров используемой полосы частот на скорость передачи данных в системе связи радиодоступа McWill подтверждает высокий уро-

вень зависимости качества оказываемых услуг, прежде всего от величины полосы (ΔF) [2,3], выделенной для работы системы связи.

При проведении измерительного эксперимента под систему был отведен частотный диапазон с полосой ΔF=3 МГц. Желание уменьшить задержку при передаче данных, повысив тем самым качество обслуживания абонентов, приводит к необходимости расширения непрерывной полосы частот, отводимой под использование системой радиодоступа. Отсюда дополнительные сложности - всевозможные ограничения на величины непрерывных частотных диапазонов ΔF, которые могут быть выделены на территории, входящей в зону обслуживания радиодоступа [5].

Статистические характеристики результатов измерений задержки представлены на рис. 2.

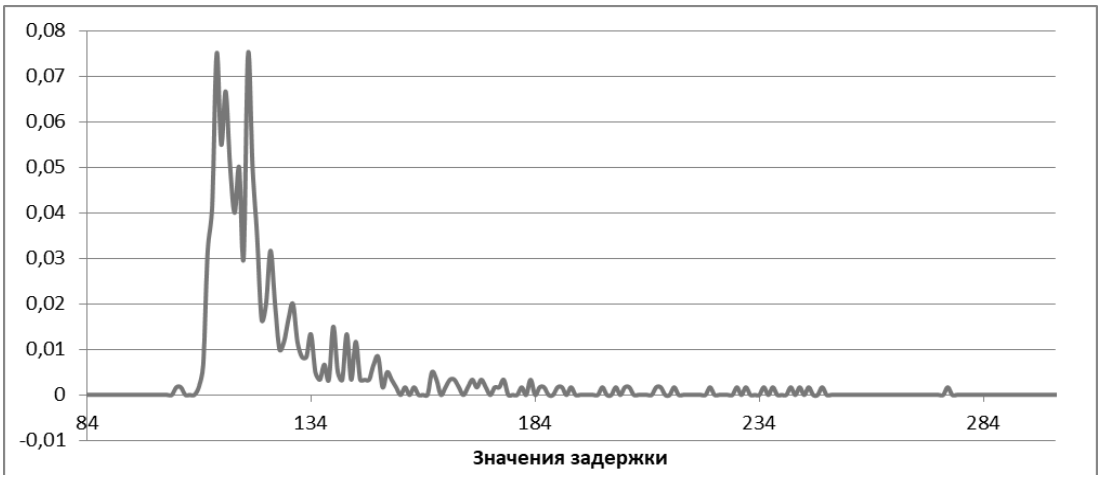


Рис 2. Плотность вероятности измеренных значений задержки

Есть основания полагать, что полученная таким образом функция распределения задержки хорошо аппроксимируется распределением Вейбула [6], которое может быть представлено в следующем виде:

$$p(\tau) = \frac{k}{\lambda}\left(\frac{\tau}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{\tau}{\lambda}\right)^{k}} \quad \tau \geq 0 \tag{1}$$

где λ - масштаб распределения, k - коэффициент формы.

В (1) τ является непрерывной случайной величиной, которая может принимать только положительные значения. Объем выборки n, которого удалось достигнуть, предположив, что τ~W(k,λ) и выполнении условий проведения независимых измерений τ (Δt=1 сек), а также неизменности величины k, составил порядка 1000 значений.

Заключение

На временном интервале, соответствующем входящим и исходящим телефонным вызовам (рис 1.), обработка голосовых пакетов препятствует обработке пактов трафика данных. Поэтому задержка тестовых пакетов данных возрастает.

Уровни флуктуации на временных интервалах рисунка 1 соответствующих отсутствию голосовых сервисов примерно одинаковы. В случае приема тестовых пакетов на фоне симплексного транкинкого сеанса, голосовые сообщения передаются пакетами со структурой, отличной от традиционного SIP. Поэтому вариация задержки оказывается меньше.

Если говорить о технологиях радиодоступа в более широком плане, то основные тенденции его активного применения так или иначе проявляются на территориях, где стационарная и сотовая связь отсутствует или ее использование нецелесообразно по техническим или экономическим причинам. В этой связи наиболее широкое применение средства радиодоступа в качестве «последней мили» нашли широкое применение в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, в энергетике при обслуживании электросетей и удаленных энергообъектов, в природоохранном комплексе и в работе экстренных служб.

При этом, темпы развития ресурсодобывающих отраслей промышленности могут существенно сдерживаться отсутствием или недостаточным развитием технологий связи и телекоммуникации на осваиваемой территории [7].

Типичная сеть широкополосного радиодоступа для удовлетворения информационных потребностей пользователей должна иметь большое территориальное покрытия. Но внедрение технологий доступа такого вида предлагает одномоментное привлечение значительных инвестиций. Одним из преимуществ именно технологий радиодоступа может быть возможность организации предоставления услуг на начальном этапе на небольшой территории и последующее расширение сети до более серьезных масштабов.

К особенностям технического проектирования и развертывания, именно описываемой системы широкополосной радиодоступа диапазона 340 МГц - McWill, при использовании ее для организации «последней мили», следует, прежде всего, отнести значительную площадь радиопокрытия для каждой используемой базовой станции. В этой связи не исключены ситуации фактического простоя базовых станций, обусловленные низкой концентрацией абонентов, характерные для труднодоступных и удаленных, районов в т.ч. арктических, также так и случаи быстрого роста числа абонентов в районе отдельной БС до критических концентраций.

Принимая во внимание необходимость нивелирования подобных ситуаций, следует заранее сформулировать условия динамического изменения вида модуляции для различных категорий абонентов в зависимости от качества приема связного сигнала, исходя из необходимости обеспечения стабильной скорости передачи информации.

Кроме этого, следует изначально закладывать и использование алгоритмов разделения ресурсов системы для совмещения режимов дуплексной радиотелефонной и симплексной транкинговой связи в условиях необходимости передачи различных видов трафика [8].

Параметры используемого диапазона частот - частотные присвоения, являются одними из наиболее важных характеристик для всех без исключения радиосистем передачи информации. От них во многом зависят наиболее важные эксплуатационные параметры систем, а также ключевые организационные вопросы проектирования и развертывания.

Список литературы

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа/ Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А.– Сети и системы радиодоступа.– М.:Эко-Трендз, 2005.– 384 с.: ил.
2. Туров А.В., Девлишов А.Г., Черников Д.Ю. Использование оборудования широкополосного радиодоступа NG-1 в составе мультисервисных систем связи.- В сборнике: Радиотехника, электроника и связь (РЭиС-2017). - Сборник докладов IV Международной научно-технической конференции. 2017. С. 339-347.
3. Гаранина А.А.,Черников Д.Ю. О некоторых тенденциях использования технологий радиодоступа при организации "последней мили", сб. материалов XI Международной научно-практической конференции. Научно-технический прогресс: Актуальные и перспективные направления будущего, Кемерово, 16 мая 2019 г.
4. Комнет - профессиональная радиосвязь [Электронный ресурс] : XinWei MT359_Оборудование – Режим доступа: http://www.comminform.ru/cat/cat/xinwei-mt359.
5. Стукалов Р.В., Черников Д.Ю., Тарбазанов К.В. Визуализация измерений качества радиопокрытия в зонах обслуживания абонентов широкополосного радиодоступа. - в сб: Фундаментальные основы, теория, методы

и средства измерений, контроля и диагностики. Матер. 19-ой Меж. научн-прак. конф., Новочеркасск, 2018. с. 174-178.
6. Распределение Вейбулла / НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ [Электронный ресурс] : Учебные материалы для студентов – Режим доступа: https://studme.org/211327/tehnika/raspredelenie_veybulla.
7. Шакалов И.А., Селиванов А.С., Якушев В.Н., Черников Д.Ю. Телекоммуникационное обеспечение технологий нефтедобычи консолидированными средствами систем служебной радиосвязи / Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении "КомТех-2020" : Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием : в 2 т., Ростов-на Дону, Таганрог, 02–05 июня 2020 года. – Ростов-на Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 592 с. – ISBN 9785927535569(Т.1).
8. Гаранина А.А., Непрокина М.В., Черников Д.Ю. Реализация сети транкинга как наложенной на сеть широкополосного радиодоступа. – в сб.: Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Д.М. Дубинкин. 2018. с. 9-11.

АЛГОРИТМ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ШИРОКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

Стрижевич М.В

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Проведен сравнительный анализ существующих решений, исследование операторов тонального отображения, проведен анализ среднеквадратических отклонений полученных алгоритмом изображений от истинных изображений в широком динамическом диапазоне.

Ключевые слова: широкий динамический диапазон, обработка изображений, тональное отображение.

Известно, что динамический диапазон яркости окружающего мира очень широк, в то время как диапазоны современных устройств вывода ограничены всего лишь двумя-тремя порядками. Данное ограничение привело к практике получения изображений с диапазоном яркости в 256 градаций, что может иметь ряд негативных последствий, одним из которых может являться потеря информации в некоторых областях изображения.

Нами был разработан алгоритм рендера изображения с эффектом широкого динамического диапазона (HDR) из нескольких изображений узкого динамического диапазона (LDR) разной выдержки. Количество градаций и битность изображения алгоритмом не увеличиваются, но мы отражаем настоящий HDR диапазон с наименьшими потерями и высоким уровнем детальности и чёткости [1,2].

Предлагаемый алгоритм получения изображений с эффектом большого динамического диапазона основывается на смешении 3 изображений разной выдержки, обработке полученного изображения двумя операторами тонального отображения и последующее взвешенное суммирование тонально отображенных изображений.

Первым шагом необходимо выполнить совмещение снимков. Для этого необходимо преобразовать изображения в битовые карты с медианным порогом (1 – для пикселей, которые имеют яркость выше медианной яркости и 0 в противном случае), а затем выровнять результирующие битовые карты с помощью битовых операций.

Для того, чтобы рассчитать величину изменения пикселя в нормированной форме цветовой модели RGB, можно применить формулу

$$P_{diff}(x,y) = \frac{(S_{diff}(R,x,y) + S_{diff}(G,x,y) + S_{diff}(B,x,y))}{3},$$

где S_{diff} – указатель цветовой модели для каждой цветовых компонент R, G, B.

Чтобы подавить некоторые малые отклонения стоит вычислять изменение пикселя по формулам

$$\mathrm{P_{diff}(x,y)} = \begin{cases} \mathrm{Pl_{diff}(x,y)}, \text{если } \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} < \mathrm{TS}; \\ \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} + 1, \text{если } \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} \geq \mathrm{TS} \text{ и } \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} < \mathrm{F_{boost}TS}; \\ \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} + 2, \text{если } \mathrm{Pl_{diff}(x,y)} \geq \mathrm{F_{boost}TS}, \end{cases}$$

где $Pl_{diff}(s, x, y)$ – функция вычисления абсолютной разницы по указанной цветовой компоненте между заданными кадрами, x и y – пространственные координаты; *Fboost* – величина, определяющая степень активации режима усиления; *TS* – пороговое значение, которое определяет, произошли ли изменения в цвете пикселя.

Эта операция не зависит от значения экспозиции, поэтому значения экспозиции и отклик камеры не нужны. [3] Несовпадение изображений, используемых при создании изображения HDR, может привести к серьезным артефактам.

Обычно при съемке HDR-изображений профессиональный фотограф устанавливает камеру на штатив. Также необходимо использовать функцию, называемую блокировкой зеркала, чтобы уменьшить дополнительные вибрации. Однако, даже в этом случае изображения не могут быть идеально выровнены, потому что невозможно гарантировать отсутствие вибрации. Проблема выравнивания становится более весомой, когда изображения сняты без штатива [4].

Далее необходимо использовать знания о значении экспозиции для каждого из объединяемых снимков. В таком случае мы высчитываем функцию отклика камеры по следующей формуле:

$$O = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{P}[g(Z_{ij}) - ln\, E_i - ln\, \Delta t_j]^2 + \lambda \sum_{\zeta=Z_{min}+1}^{z_{max}-1} g''(\zeta)^2,$$

где i – пространственный индекс, j – индекс по времени экспозиции t, Z и E – значения пикселей LDR изображений и карты яркости соответственно, g'' – вторая производная, которая обеспечивает гладкость CRF, а λ представляет собой весовой коэффициент. Для уменьшения ошибки, которая появляется из-за усечения интенсивности и шума, введен весовой коэффициент, который улучшит оценку CRF, представлен формулой:

$$E_i = exp\left\{\frac{\sum_{j=1}^{p} w(Z_{ij})[g(Z_{ij}) - ln\Delta t_j]}{\sum_{j=1}^{p} w(Z_{ij})}\right\}.$$

Весовой коэффициент функции рассчитывается следующим образом:

$$w(Z) = 1 - \left(2\frac{Z}{255} - 1\right)^{12}$$

Чаще всего отклик камеры нелинеен относительно изменений яркости в сцене. Предположим, что два объекта сфотографированы одной и той же камерой с одного и того же ракурса, и один из них в два раза ярче другого в реальном мире. Когда мы измеряем интенсивность пикселей двух объектов на фотографии, значения пикселей более яркого объекта не будут в два раза больше, чем у более темного объекта. Поэтому нам необходимо оценить функцию отклика камеры [5].

После того, как мы оценили функцию отклика камеры, можно объединять изображения.

Далее перед нами стоял выбор, с помощью каких алгоритмов тонально отображать изображения [6]. После внимательного изучения результатов тонального отображения каждого из алгоритмов, мы сделали вывод о том, что алгоритм Reinhard хорошо справляется с тональным отображением ярких источников света, а алгоритм Mantiuk, в сравнении с остальными, осветляет затемненные области, что в будущем даст нам возможность изучать детали в этих областях.

Финальной стадией обработки изображения является улучшение цветопередачи изображения. На основании проведенного аналитического обзора было принято решение, что для данной задачи целесообразно использовать алгоритм Retinex, потому что он служит для компенсации ряда артефактов [7].

В результате проведённого исследования и экспериментов для решения поставленной задачи был разработан алгоритм, который объединяет три снимка разной выдержки в одно изображение с эффектом широкого динамического диапазона, качественные показатели которого выигрывают в 38 случаях из 40.

Разработанный алгоритм показал лучшие результаты в проведенном сравнительном тестировании по параметру среднеквадратического отклонения, значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения СКО для набора изображений

Расчёт относительно ground truth	Durand	Drago	Reinhard	Mantiuk	Разработанный алгоритм
Image1	22,8861	42,9954	30,4307	57,8517	**20,9019**
Image2	38.2271	104.453	31,2044	47,2963	**13,642**
Image3	44.3539	77.8407	79.3032	**18.7658**	41.211
Image4	41.2145	**4.08931**	53.1304	32.9378	26.8626
Image5	26.0505	28.4399	21.8071	97.6239	**9.62161**
Image6	30.4647	28.1159	39.0383	32.1721	**17.5268**
Image7	29.6146	11.9389	34.715	94.5527	**7.6685**
Image8	56.361	72.2153	12.8236	57.0525	**12.5564**
Image9	26.8142	65.1304	50.8093	29.0449	**11.5086**
Image10	40.0213	18.8161	18.6824	40.1255	**16.5966**

В таблице полужирным шрифтом выделены наименьшие значения СКО, а это значит, что именно эти изображения тонального отображения с эффектом широкого динамического диапазона были ближе всего к истинному изображению широкого динамического диапазона.

Результатом работы алгоритма является визуально хорошее изображение с небольшим количеством артефактов и возможными ошибками в цветопередаче, однако, без отсутствия ошибок в передаче градаций яркости, относительного истинного изображения широкого динамического диапазона.

Список литературы:

High Dynamic Range Imaging Acquisition, Display and Image-Based Lighting / E. Reinhard, G. Ward, S. Pattanaik, P. Debevec. San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher, 2005. 520 p.

Benchmarking of Objective Quality Metrics for HDR Image Quality Assessment / P. Hanhart, M. V. Bernardo, M. Pereira, A. M. G. Pinheiro, T. Ebrahimi // EURASIP J. on Image and Video Processing. 2015. Art. 39.

Ward G. Fast, Robust Image Registration for Compositing High Dynamic Range Photographs from Hand-Held Exposures // *Journal of graphics tools*. 2003. Vol. 8, iss. 2. P. 17–30.

Montabone S. Beginning Digital Image Processing. Using Free Tools for Photographers. New York: Apress, 2010. 312 p.Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes / F. Drago, K. Myszkowski, T. Annen, N. Chiba // Eurographics. 2003. Vol. 22, iss. 3. 9 p.
Mantiuk R., Daly S., Kerofsky L. Display Adaptive Tone Mapping / ACM Transactions on Graphics. 2008. Vol. 27, iss. 3. URL: https://www. researchgate.net/publication/47862088 (дата обращения 15.03.2021)
Bloch K. Technika HDRI w fotografii. Od inspiracji do obrazu, Helion, 2010. 344 p.
Ling L., Yinqing Z., Jingwen L. Visualization of High Dynamic Range Image with Retinex Algorithm // Intern. Symp. on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications. 14–17 Aug. 2007, Hangzhou, China. P. 1215–1218.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ

Топчий О. А.

Брянский государственный технический университет

Аннотация. В статье описана разработка программных средств приемного устройства для системы дистанционного мониторинга электромагнитной активности в атмосфере. Проведены экспериментальные исследования и выполнен спектральный анализ электромагнитных сигналов с помощью разработанной программы в *LabVIEW*.

Ключевые слова: рамочная скрещивающаяся приемная антенна, дистанционный способ, спектральный анализ.

Наблюдения за электромагнитными явлениями в атмосфере (молниями, короткими замыканиями, обрывами в электросетях и т.п.) представляют огромный интерес и для науки, и для промышленности. В настоящее время разработка дистанционных способов поиска повреждений в линиях электропередачи является важной и актуальной.

Цель данной работы – проведение исследований в плоскости практической разработки средств по наблюдению за электромагнитными процессами в атмосфере.

Важным элементом системы мониторинга является приемная антенна. Рассматривая, анализируя и сравнивая параметры различных видов приемных антенн [1], предпочтение было отдано сравнительно простой в изготовлении и в то же время обладающей хорошими характеристиками, подходящей для целей решения нашей задачи, двойной рамочной антенне, представляющей собой две неподвижные взаимно-перпендикулярные рамки, фиксирующие электромагнитный сигнал по двум каналам звуковой карты компьютера (рис.1).

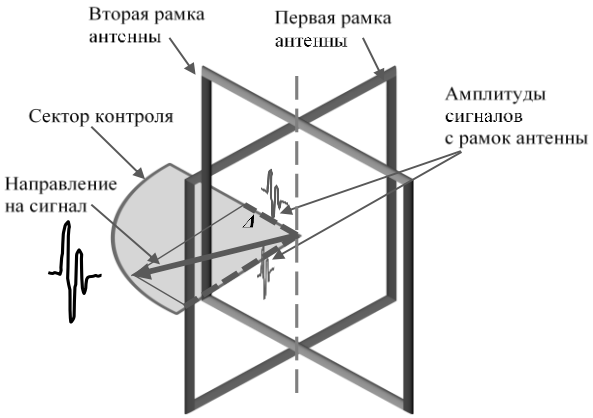


Рис. 1. Схематичное изображение рамочной антенны

Используемая антенна и созданная программа рассчитаны для работы в НЧ-диапазоне до 30 кГц.

Поскольку полотна антенны находятся друг относительно друга под углом 90°, возможно по сигналам двух каналов определять направление на место возникновения электромагнитного разряда. Угол направления на сигнал определяется из отношения двух амплитуд сигналов: $\alpha = \arctan(U_x/U_y)$ [2].

Устройство опробовано в работе под управлением программы, написанной в среде проектирования виртуальных приборов *LabVIEW* [3].

В программе заложена возможность анализа ранее записанных файлов в формате « .wav».

На рис. 2 представлен рабочий вид программы с результатами обработки записанных сигналов. Программа, анализируя электромагнитные сигналы окружающей среды, выполняет их разложение в ряды Фурье. Полученный спектр отображается на экране анализатора, определяющего основную частоту и частоты гармоник, составляющих сигнал, их амплитуды. Рядом, на экране спектрографа, строится спектрограмма электромагнитного сигнала.

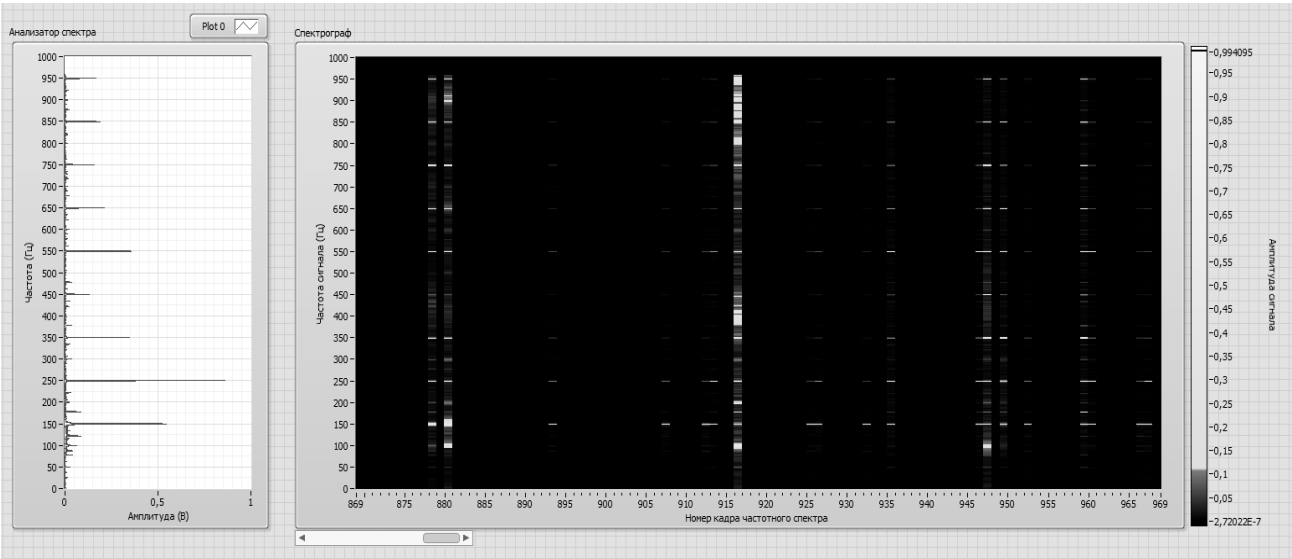


Рис. 2. Рабочий вид программы LabVIEW для мониторинга электромагнитной активности среды с результатами обработки наблюдаемых сигналов

В ходе проведенных исследований был изготовлен экспериментальный опытный образец антенны и разработано для нее программное обеспечение в *LabVIEW* для наблюдения и записи электромагнитных сигналов, проведения спектрального анализа наблюдаемых сигналов. В настоящее время продолжается моделирование и эксперименты по определению направления на источник сигнала.

Список литературы

1. Ротхаммель К. Антенны. / К. Ротхаммель. – М.: «Энергия», 1979. – 320 с.
2. Кукес И.С., Старик М.Е. Основы радиопеленгации. – М.: Издательство «Советское радио», 1964. – 640 с.
3. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. пособие / В.П. Федосов, А. К. Нестеренко/ под ред. В. П. Федосова. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ СЕРВЕРОВ HUAWEI FUSIONSERVER 1288H V5

Цыпцова А.В.

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Аннотация. Предложен многовариантный подход к решению задачи коллективного использования вычислительных ресурсов современных серверов. Такой подход является первопричиной самого серьезного отношения к обоснованию выбора как собственно самого сервера, так и технологии виртуализации его ресурсов.

Ключевые слова: стоечный сервер, виртуальные ресурсы, высокопроизводительные вычисления, большие данные, компания Huawei, гипервизор.

Наряду с широко разрекламированными Blade-системами стоечные серверы могут являться реальной альтернативой для использования в качестве основы для построения виртуализируемых ресурсов. В этой связи FusionServer 1288H V5 компании Huawei [1] обладает рядом существенных достоинств. FusionServer 1288H V5 – это двухсокетный стоечный сервер высотой 1U, ориентированный на развертывание центров обработки данных (ЦОД) и использования в условиях высокой плотности монтажа оборудования, а также выполнения различного рода задач, таких как виртуализация облачных вычислений, высокопроизводительные вычисления (HPC) и обработка больших данных. Сервер обеспечивает превосходную производительность и отличную масштабируемость, а также оптимальное использование пространства в ЦОД, снижая общие расходы на его организацию и содержание.

К основным характеристикам сервера относятся [1]: превосходная производительность, сверхвысокая плотность установки, поддержка установки двух процессоров серии Intel® Xeon® Scalable в пространстве высотой 1U, использование шины UPI (Ultra Path Interconnect), которая поддерживает скорость до 10,4 гигатранзакций в секунду, а один ЦП поддерживает до 28 ядер.

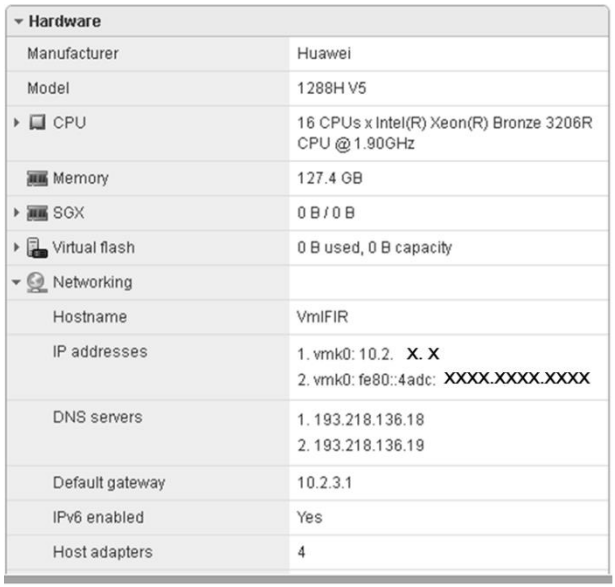
Также наличие двух портов GE и двух портов 10GE LAN на материнской плате (LOM), что отвечает сетевым требованиям в 98% сценариев с упрощенной конфигурацией.

Для виртуализации ресурсов Huawei FusionServer 1288H V5 был использован гипервизор Vmware ESXi-7.0 [2]. Основная функциональная возможность, которую реализует гипервизор ESXi – это создание виртуальных машин на физическом сервере. В качестве гостевых операционных систем поддерживаются все основные версии, используемые в корпоративном секторе. Функционал BIOS FusionServer 1288H V5 позволил произвести инсталляцию Vmware ESXi-7.0 непосредственно с USB носителя без задействования дополнительного ПО. Размер дистрибутива Vmware ESXi-7.0 составил порядка 350 Мбайт.

Параметры, полученного в результате инсталляции гипервизора хоста, представлены на рис. 1

Виртуализация была произведена с учетом необходимости предоставления доступа к виртуализированным ресурсам из сети СФУ. В качестве основного физического

интерфейса - vmnic0, использован оптический SFP модуль, обеспечивающий доступ на скорости 10000 Мбит/сек, дополнительно установленный в 0-слот физического сервера. Ответный аналогичный оптический модуль был установлен в первый порт внешнего коммутатора. Соединение задействованных оптических устройств произведено с помощью двухволоконного многомодового оптического LC-патчкорда. В качестве внешнего коммутатора использован оптический коммутатор 3 уровня производства компании Huawei S6730-S24X6Q [3]. Таким образом виртуальный коммутатор vSwitch0 был каскадирован с физическим коммутатором Huawei S6730-S24X6Q оптическим нетегированным линком [4].



Hardware	
Manufacturer	Huawei
Model	1288H V5
CPU	16 CPUs x Intel(R) Xeon(R) Bronze 3206R CPU @ 1.90GHz
Memory	127.4 GB
SGX	0 B / 0 B
Virtual flash	0 B used, 0 B capacity
Networking	
Hostname	VmIFIR
IP addresses	1. vmk0: 10.2. X. X 2. vmk0: fe80::4adc: XXXX.XXXX.XXXX
DNS servers	1. 193.218.136.18 2. 193.218.136.19
Default gateway	10.2.3.1
IPv6 enabled	Yes
Host adapters	4

Рис. 1. Основные характеристики виртуального хоста

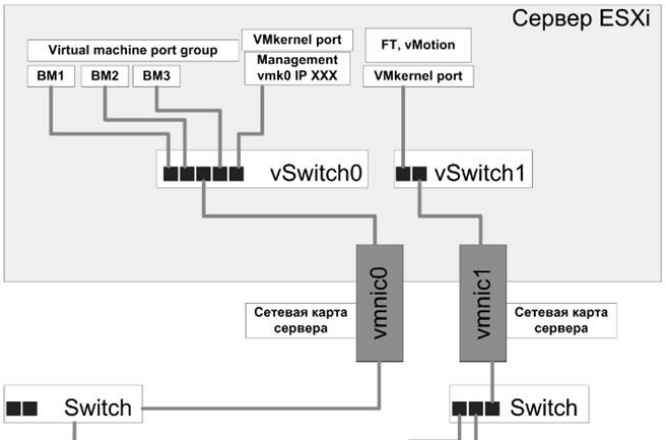


Рис. 2. Топология использованных виртуальных устройств

Схема организации доступа к организуемой таким образом группе виртуальных машин (ВМ) представлена на рис 2 и учитывает возможность последующего использования дополнительной системы хранения, для включения которой сконфигурирован отдельный виртуальный коммутатор - vSwitch1, а также задействован отдельный физический интерфейс vmnic1.

Группа портов Virtual machine port group создается автоматически при установке гипервизора ESXi на сервер. С ее использованием и присоединяются сетевые интерфейсы виртуальных машин. Формируемая при этом цепочка выглядит следующим образом:

-сетевая карта виртуальной машины должна принадлежать какой-нибудь порт группе; порт группа должна быть присоединена к какому-нибудь виртуальному свитчу; виртуальный свитч может быть присоединен к физическому сетевому интерфейсу или может и не иметь выхода в общую сеть СФУ.

Ответным устройством со стороны сети СФУ является коммутатор Cisco-2950, который располагает, только 100 мбит/сек FastEthernet портами. Поэтому полное одновременное использование даже 10 ответных портов для доступа к виртуализированным ресурсам будет соответствовать не более чем 10% загрузке единственного порта Huawei S6730-S24X6Q и соответствующего порта в составе физического сервера

Дальнейшими действиями по использованию сформированных таким образом виртуализированных ресурсов являются: организация семейства виртуальных машин под управлением операционных систем Windows Server 2016, установка на каждой из них прикладного ПО eNSP [5] - платформы для моделирования телекоммуникационных топологий компании Huawei и далее - подготовка и тестирование моделей радиосетей пакетной передачи данных [6-7].

Список литературы

1. Стоечный сервер FusionServer 1288H V5 [Электронный ресурс] : сайт компании Huawei. - Режим доступа: https://e.huawei.com/ru/products/servers/rh-series/1288h-v5

2. VMware ESXi: специализированный аппаратный гипервизор. [Электронный ресурс] : официальный сайт VMware в России. - Режим доступа: https://www.vmware.com/ru/products/esxi-and-esx.html

3. Характеристики Huawei S6730-S24X6Q. [Электронный ресурс] : сайт компании Huawei. - Режим доступа: https://huawei-rus.ru/kommutator-huawei-cloudengine-s6730-s24x6q? yclid=1862493190346275590

4.Заленская М.К., Тарбазанов К.В., Черников Д.Ю. Практика конфигурирования коммутаторов L2 компании Huawei для обработки нетегированного трафика Успехи современной радиоэлектроники. 2019.№12. С. 220-225.

5. Платформа для моделирования телекоммуникационных топологий eNSP. [Электронный ресурс] : сайт компании Huawei. - Режим доступа: https://support.huawei.com/enterprise/en/nce-data-communication/ensp-pid-9017384/software

6. Копылова Н.Г., Черников Д.Ю. Использование эмулятора eNSP в конфигурации клиент-сервер В сб.: Современные проблемы радиоэлектроники. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 125-й годовщине Дня радио. Сибирский федеральный университет. 2020. С. 214-220.

7. Копылова Н.Г., Черников Д.Ю Виртуальный лабораторный практикум на основе эмулятора eNSP.В сборнике: Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы IV Международной научной конференции, в 2-ух ч.. Красноярск, 2020. С. 186-190.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДПРОГРАММЫ FACTORY I/O В SIMATIC S7 ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Дружинин В.М., Ачкасов М.А., Прозоров А.А.

НАО «Карагандинский Индустриальный Университет», г. Темиртау

Аннотация. В статье авторы дают описание возможностей подпрограммы FACTORY I/O, работающей в SIMATIC S7 совместно с интегрированной средой разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). Подпрограмма Factory I / O предназначена, с помощью трехмерного производственного моделирования, для обучения технологиям автоматизации. В данной статье авторы, используя набор стандартных промышленных деталей, размещая и располагая их вместе, моделируют автоматизированную систему сортировки продукции. Наиболее распространенным является использование подпрограммы Factory I / O в качестве платформы обучения ПЛК, поскольку ПЛК являются наиболее распространенными контроллерами, встречающимися в промышленных приложениях. Данная подпрограмма может использоваться с микроконтроллерами, SoftPLC, Modbus и многими другими технологиями.

Ключевые слова: TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), FACTORY I/O, SIMATIC S7, визуализация, автоматизация, технологические процессы, система сортировки товаров

Подпрограмма FACTORY IO представляет собой средство для трехмерного производственного моделирования для обучения технологиям автоматизации. Она разработана таким образом, чтобы, используя набор стандартных промышленных деталей, с ее помощью можно было построить автоматизированные системы различного типа, от начального до продвинутого уровней сложности.

Набор последовательных действий позволяет создавать простую систему сортировки и вырабатывать навыки по собой целый тренировочный комплекс в 3D, который позволяет реализации задач управления различными автоматизированными системами с разными сценариями [1, 2].

Поставлена задача создать автоматизированную систему сортировки продукции на системе взаимосвязанных конвейеров, при этом продукция должна перемещаться через главный конвейер при прохождении через индукционные датчики, срабатывают поршни, которые разделяет продукцию по цветам, для перемещения по соответствующему конвейеру.

К данной системе предъявляются следующие требования:

1) Для электропривода конвейера необходимо использование приводного электродвигателя.

2) При попадании в зону действия индукционного датчика идентификации продукции определенного цвета, должен сработать поршень, направляющий движение продукции по соответствующему конвейеру, запрограммированный на определенный цвет.

Система управления конвейера приведена на рисунке 1.

Решение поставленной задачи:

Движение продукции осуществляется по главному конвейеру, над которым установлены датчики идентификации. При попадании продукции в зону действия датчика происходит ее идентификация по цвету:

1) если продукция серебристого цвета, то она проходит на конвейер №1;
2) если продукция зеленого цвета, то она проходит на конвейер №2;
3) если продукция синего цвета, то она проходит на конвейер №3.

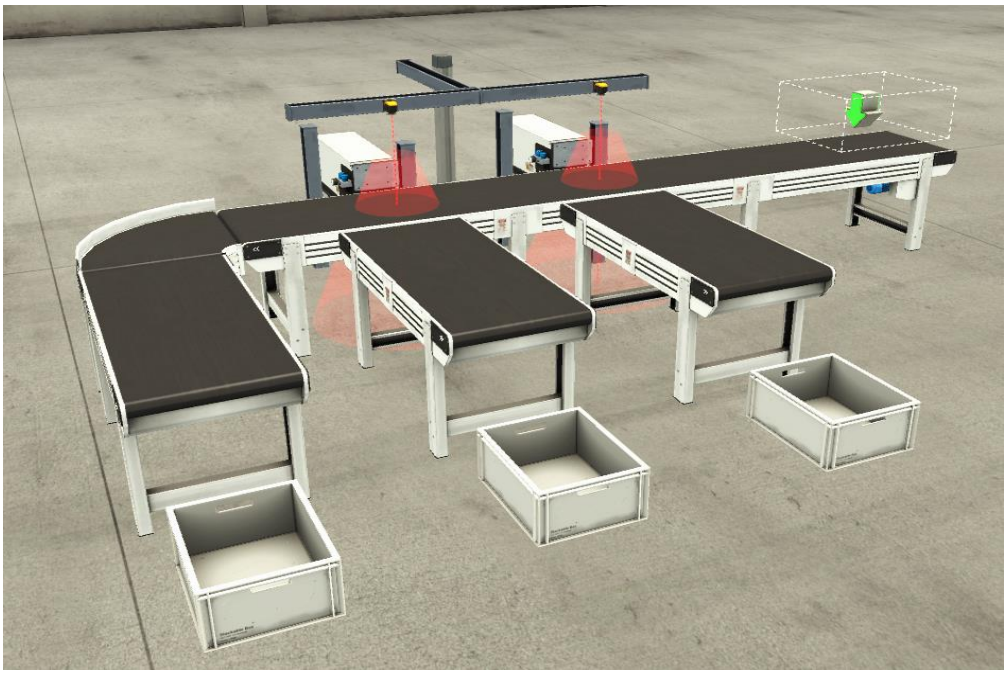


Рис. 1. Система управления конвейеров

Рис. 2. Вид системы главного и распределительных конвейеров

После прохождения по соответствующим конвейерам отсортированная продукция складируется в корзину.

1) Формируем систему главных и распределительных конвейеров передвижение продукции (рисунок 2) [3]

2) Установка индукционных датчиков идентификации продукции (рисунок 3),

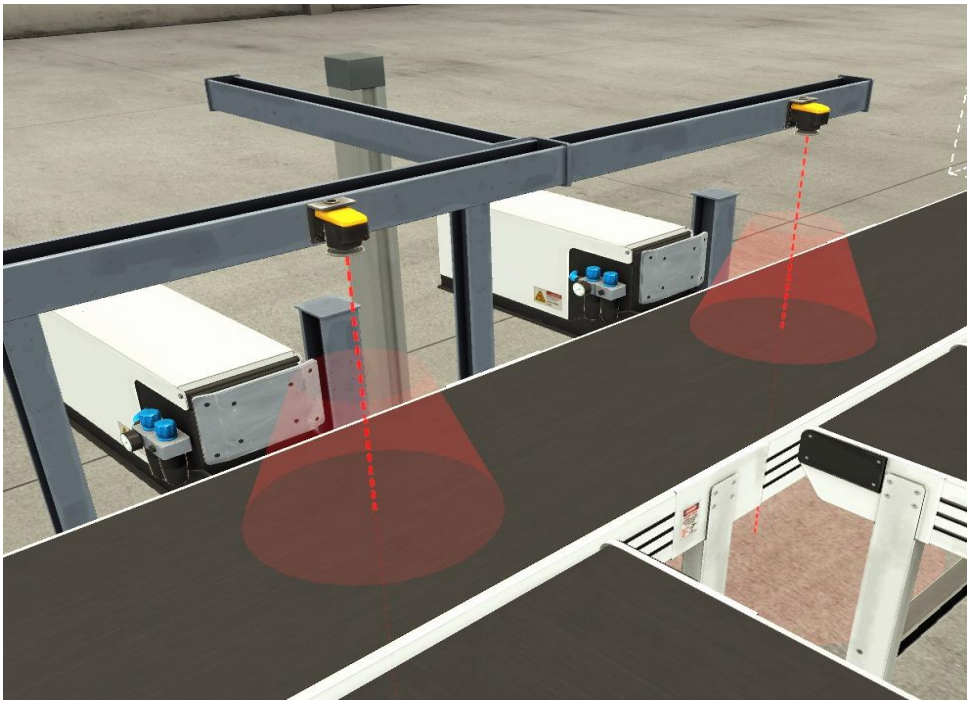


Рис. 3. Вид формирования зоны действия датчика идентификации продукции

3) Установка направляющих поршней для направления движения продукции, по соответствующему конвейеру (рисунок 4) [3]

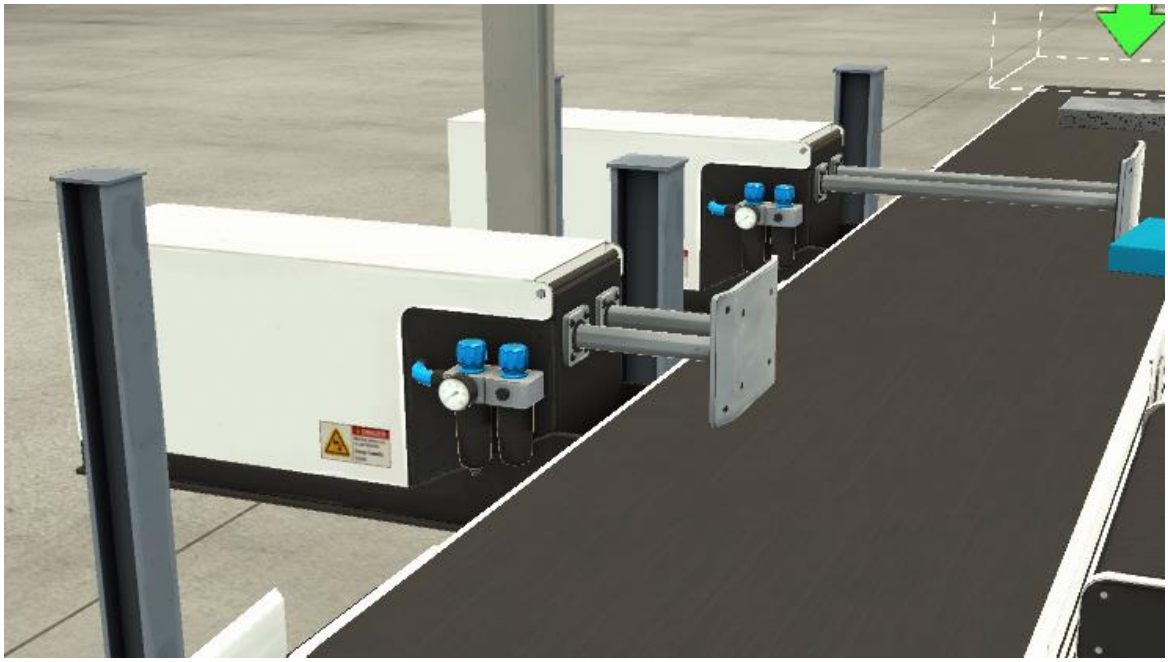


Рис. 4. Вид системы установки направляющих поршней

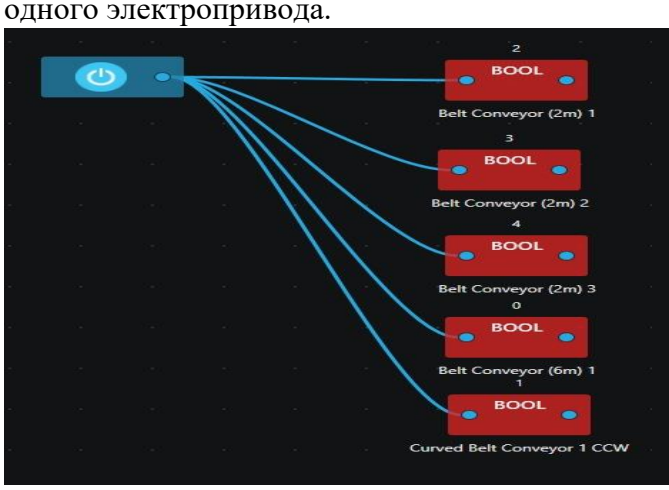
4) Установка системы формирования подачи продукции разного цвета и формирования цикла движения продукции по основному конвейеру (рисунок 5).

Рис. 5. Вид системы формирования движения продукции по конвейерам

Функциональные схемы питания автоматизированной системы и привода поршня, приведены на рисунках 6 и 7. На рисунках 6 и 7 показана, функциональная связь системы управления конвейера.

Для работы 3D модели необходимо установить специальное оборудование [4]:

1) в схеме (рисунок 6) под цифрами 2, 3, 4, и 0 обозначаются конвейеры. Цифрой 1 обозначается угловой конвейер. Данная система предусматривает работу конвейеров от одного электропривода.



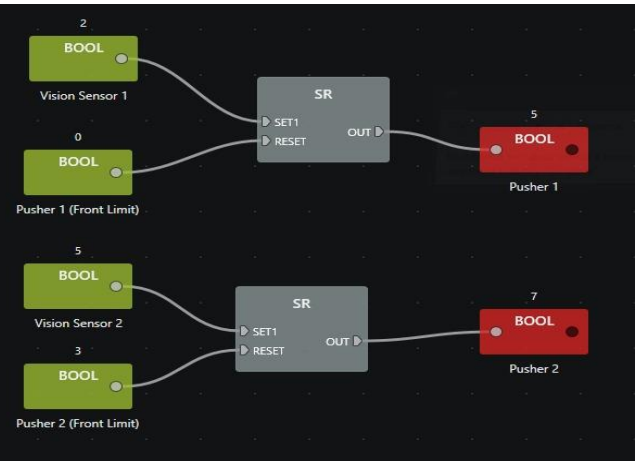


Рис. 6. Принципиальная схема работы конвейеров *Рис. 7. Функциональная схема работы поршня*

2) в схеме (рисунок 7) блоки выделенными зеленым цветом под цифрами 2, 5 обозначаются датчики срабатывания, а под цифрами 0 и 3 блоки устанавливающие время работы поршня, SR – блок сравнения. Красными блоками под цифрами 5 и 7 обозначают поршни.

Таким образом, подпрограмма FACTORY IO в SIMATIC S7 предназначенная, с помощью трехмерного производственного моделирования, для обучения технологиям автоматизации, может быть эффективно использована для визуализации систем автоматизации технологических процессов. Это необходимо для понимания процессов моделирования автоматизированных систем управления производством.

Список литературы

1. ООО Сименс Департамент «Цифровое производство». Продукты SIMATIC для комплексной автоматизации. Информация и цены. 2017г. – Москва: Издательство АДВЕНТА, 2017г. С.215.
2. Siemens сайт производителя [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.siemens.com свободный. – Загл. с экрана.
3. FACTORY I/O сайт производителя [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.factoryio.com свободный. – Загл. с экрана.
4. FACTORY I/O документация [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.factoryio.com/docs/ свободный. – Загл. с экрана.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БИОТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гатауллин А. О.,Пудова А. В., Смирнова В. О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В рамках работы разработан лабораторный макет биотопливного элемента, основанный на проведенных экспериментах по выявлению оптимальных параметров анодов, на которые осаждаются микроорганизмы. Испытаны различные типы анодов на основе углерода, такие как углекартон, углеродный войлок и композитный материал из стеклоуглерода и полимерного связующего материала. А также предложена модель конструкции ячейки для дальнейшего повышения эффективности БТЭ.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, биотопливный элемент, биоанод, цианобактерии

Объектом разработки является миниатюрный биотопливный элемент для генерации электроэнергии в результате фотосинтеза биотоплива. Целью работы была разработка миниатюрного топливного элемента для генерации электроэнергии в результате фотосинтеза биотоплива – цианобактерий; исследование влияния параметров анода на эффективность устройства.

Одним из перспективных источников электроэнергии могут стать цианобактерии (сине-зеленые водоросли), которые способны к фотосинтезу и могут быть использованы в биотопливных элементах (БТЭ). Более того, помимо получения электроэнергии микроорганизмы, такие как цианобактерии, могут стать средством для утилизации углекислого газа и выработки кислорода. Цианобактерии (цианопрокариоты, цианофиты, сине-зеленые водоросли) представляют собой древнюю многочисленную группу микроорганизмов, обладающих прокариотической (бактериальной) структурой клеток. CO_2 является единственным источником углерода в фотоавтотрофных организмах. В кислородном фотосинтезе электроны, полученные из фотолиза воды, вырабатывают кислород [1].

Принцип работы БТЭ заключается в генерации электронов цианобактериями, осажденными на анод по формуле 1. При этом на электроде идет реакция превращения $2H^+$ в H_2, что создает между анодом и катодом разность потенциалов [2].

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2 \qquad (1)$$

Лабораторный макет БТЭ создан по наиболее простой конструкции размером $20 \times 20 \times 20\ мм^3$ из ПММА с открытым верхом (рис. 2). В качестве материалов для анода использовались:

1) Углекартон, имеющий достаточно развитую поверхность, не окисляется в среде для роста бактерий, но имеет свойство набухать в водной среде, нет достаточно надежного и удобного способа прикрепления его к контактам.

2) Композит на основе стеклоуглерода, полиметилметакрилата (ПММА) [3]. Этот материал наиболее удобен в использовании и имеет довольно низкое сопротивление.

3) Углеродный войлок имеет наибольшую развитую поверхность, способную обеспечить большую площадь для окислительно-восстановительных реакций, высокую электролитическую эффективность, механическую стабильность при относительно низких затратах.

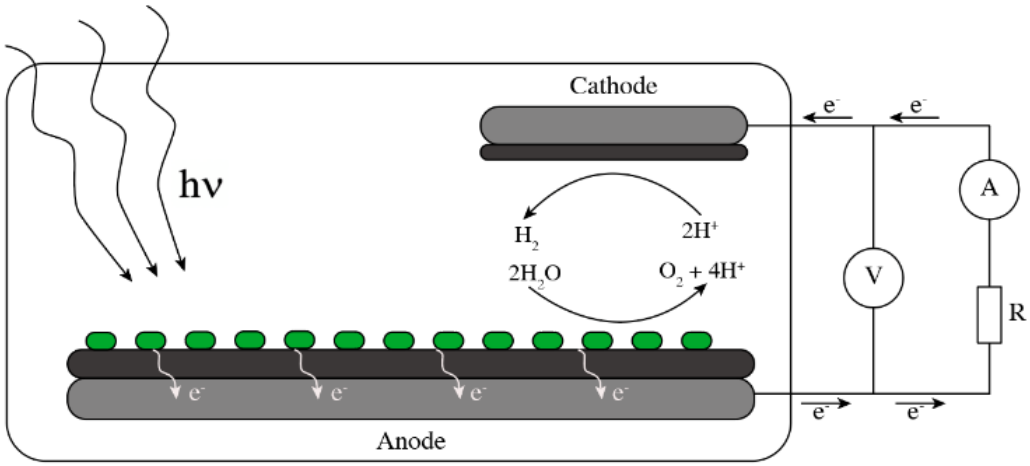


Рис. 1. Схема подключения биотопливного элемента

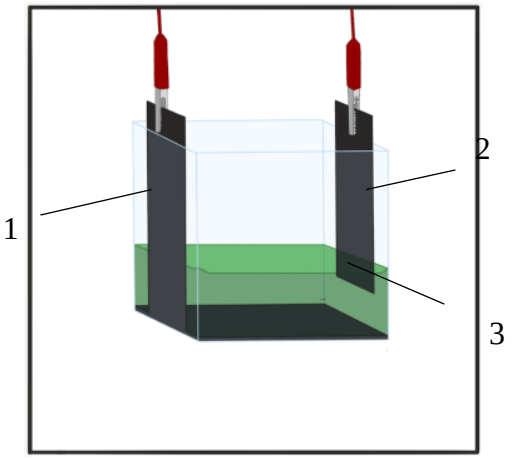
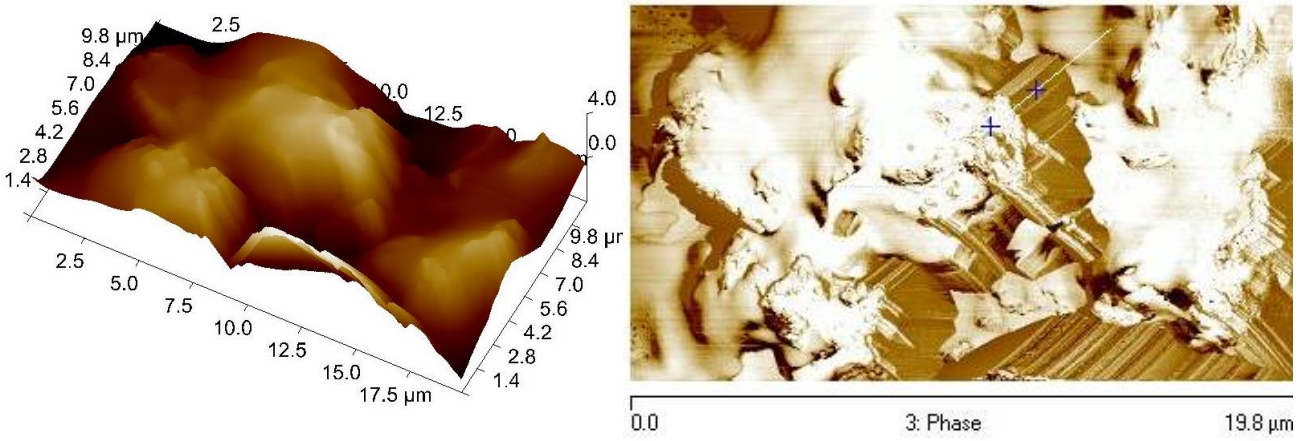


Рис. 2. Схема ячейки биотопливного элемента (1 – анод, 2 – катод, 3 – цианобактерии)

В работе использованы штаммы цианобактерий: *Anabaena* (одноклеточные) и *Synechococcus* (нитчатые). Материалы, используемые в качестве анода, должны отвечать ряду конкретных требований, чтобы улучшить взаимодействие между электроактивной биопленкой и поверхностью материала. Наиболее важными характеристиками являются: 1) высокая электропроводность; 2) коррозионная стойкость; 3) высокая механическая прочность; 4) развитая площадь поверхности; 5) биосовместимость; 6) экологичность; 7) низкая стоимость.

Результаты исследований поверхности композита на основе стеклоуглерода и ПММА приведены на рис. 3. Из данных изображений можно оценить размер неоднородностей, значения которых находятся в диапазоне от 1 до 5 мкм.



а *б*

Рис. 3. АСМ-изображения поверхности анода из стеклоуглеродной пасты: а – в режиме Height, б - в режиме фазового контраста

Проведен сравнительный анализ двух штаммов цианобактерий с использованием анода на основе углекартона (рис. 4), а также анализ реакции на свет наиболее эффективного штамма (рис. 5).

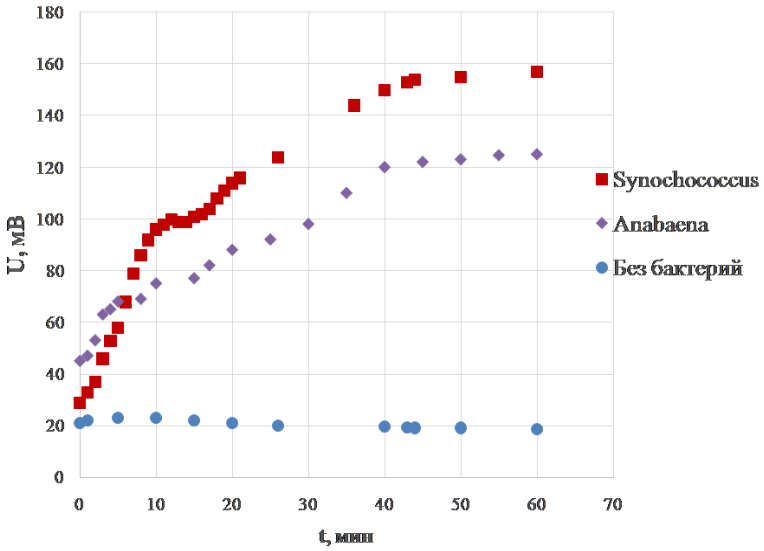


Рис.4. Разности потенциалов топливных ячеек с двумя разными штаммами по сравнению чистым питательным раствором на аноде из углекартона

Исходя из полученных результатов, в дальнейших экспериментах использованы штаммы *Synechococcus*, т.к. разность потенциалов ячейки с *Synechococcus* была в 1,3 раза выше, чем с *Anabaena*.

Задержка изменения разности потенциалов при переключении со световой фазы на темновую (и обратно) объясняется накоплением продуктов реакции, которые могут разлагаться во время темновой фазы фотосинтеза.

Рис. 6 показывает, что среди трех типов материалов углеродный войлок был наиболее эффективным. Из полученных графиков можно сделать вывод, что фотогенерация происходит на всех электродах, но в зависимости от развитости поверхности анодов эффективность ячейки оказалась выше у анода из углеродного войлока.

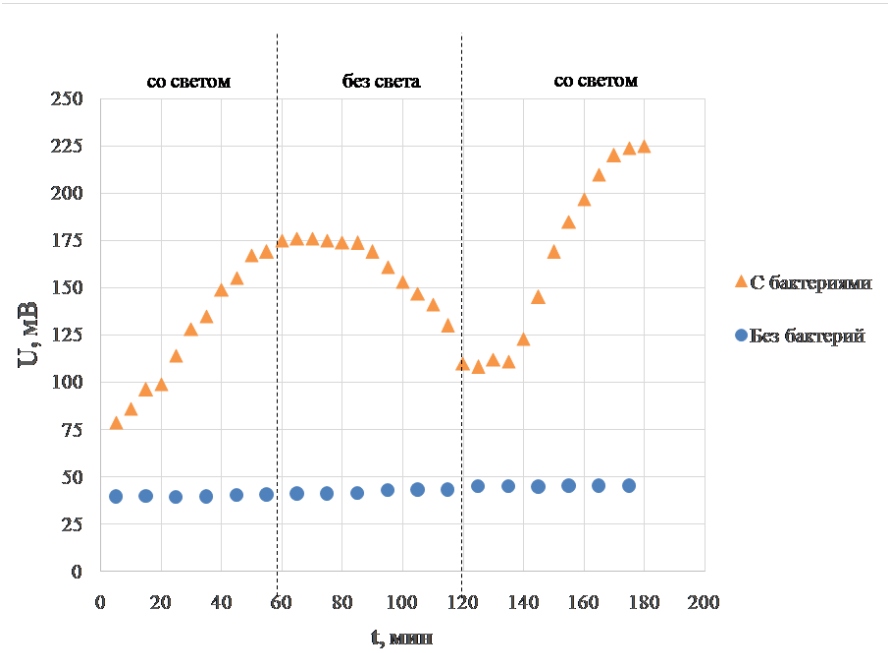


Рис.5. Реакция на свет топливной ячейки с использованием Synechococcus и анода из углекартона

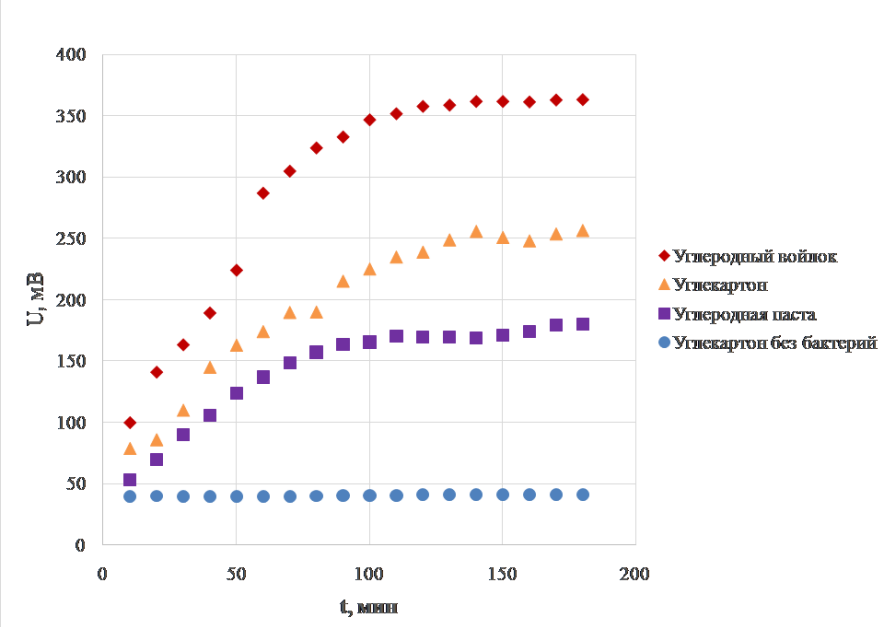


Рис. 6. Сравнение разностей потенциалов БТЭ с разными анодами

Для повышения эффективности топливной ячейки предложена модель конструкции, представленная на рис. 7.

В конструкции с воздушным катодом между анодом и катодом находится протонообменная мембрана, которая позволяет протонам достигать катода и изолировать катод от

бактерий. Корпус БТЭ выполняется из ПММА, материал катода – углеродный войлок, для герметичности конструкции используются резиновые прокладки.

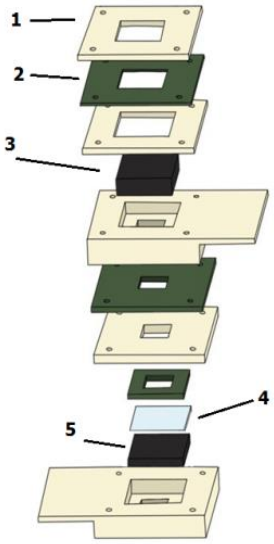


Рис. 7. Конструкция ячейки с воздушным катодом (1 – корпус из ПММА, 2 –резиновая прокладка, 3 – анод, 4 - протонообменная мембрана, 5 - катод)

Выходная мощность БТЭ с углеродным войлоком в качестве анода и штаммом бактерий *Synechococcus* в качестве биологического компонента составила порядка 10 мВт/м^3.

Список литературы

1. J.Komárek, J. R.Johansen,“Coccoid cyanobacteria, Freshwater Algae of North America,” Academic Press, pp.75-133, 2015.
2. A. H. Knoll, S. Golubic, “Proterozoic and Living Cyanobacteria”. In: Schidlowski M., Golubic S., Kimberley M.M., McKirdy D.M., Trudinger P.A. (eds) Early Organic Evolution. Springer, Berlin, Heidelberg, 1992.
3. T. M. Zimina, V. V. Luchinin, V. L. Krasikov, “Electrically conductive composite for an analytical microchip,” Russian Federation Patent 2265918/C1, Dec. 10, 2005.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Горкавенко С.О., Королев В.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова

Аннотация. В работе анализируется устройство станочного комплекса, его система управления и движения. Анализируются основные компоненты станочного комплекса, в частности основной двигатель, приводящий в движение систему, устройства управления подачи и фиксации инструмента, устройства фиксации и движения обрабатываемой детали. Разрабатывается собственная автоматизированная система управления станочного комплекса. Была разработана программа управления для обработки детали с помощью программного обеспечения.

Ключевые слова: система управления, станочный комплекс, компоненты системы, электрический привод, программа обработки.

Система управления (СУ) станками это такая система, которая воплощает какое-либо действие над станочными комплексами или станками и их механизмами, обеспечивая тем самым обработку заготовок или деталей за полный цикл обработки.

Система управления станком одновременно или поочередно получает множество информации во время процесса работы, которая она анализирует и принимает необходимое решение о дальнейших действиях механизмов системы. Все эти действия отрабатываются и записываются в память в виде управляющей программы, либо контролируются оператором станка. Как правило управление станком либо полностью автоматизировано, и оператор только контролирует процесс, либо частично автоматизировано и оператор помимо контроля принимает участие в рабочем цикле, либо управление происходит полностью вручную.

Исключив коробку передач и ручную систему привода из станка 16К20 необходимо выбрать подходящие двигатели под наш станок. В первую очередь определимся с приводами продольной и поперечной подачи, а также привода смены инструмента. Ось x – продольная ось, ось z – поперечная ось.

Рисунок 1 – Внешний вид привода с передачей

В общем случае привод будет соединен с шарико винтовой передачей, который в свою очередь будет закреплен на каретках подачи. Схема такого привода показана на рисунке 1.

Для подбора таких двигателей необходимо определить момент, следующий образом:

$$M_{\min} = M_{mp} + M_p$$

Где:

M_{min} – момент который требуется

$M_{тр}$ – момент трения шарико винтовой передачи

$M_р$ – момент который используется при работе станка

$$M_{mp} = \frac{m \cdot g \cdot \mu \cdot h}{2\pi}$$

Где:

m – масса суппорта, кг

g – ускорение свободного падения, м/с^2

μ – коэффициент трения

h – шаг шарико винтовой передачи, мм

$$M_p = \frac{F \cdot g \cdot h}{2\pi}$$

Где:

F – сила которую используется при работе станка

Тогда необходимый момент для осей поперечной и продольной подачи будет следующим:

m_x = 100 кг; m_z = 50 кг; h = 0,04 м; μ = 0,1 для стали; F = 100 Н.

1) Для оси x

$$M_{\min} = \frac{m_X \cdot g \cdot \mu \cdot h}{2\pi} + \frac{F \cdot g \cdot h}{2\pi} = \frac{100 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}1}{2 \cdot 3{,}14} + \frac{100 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04}{2 \cdot 3{,}14} = 6{,}8H$$

2) Для оси z

$$M_{\min} = \frac{m_Z \cdot g \cdot \mu \cdot h}{2\pi} + \frac{F \cdot g \cdot h}{2\pi} = \frac{50 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}1}{2 \cdot 3{,}14} + \frac{100 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04}{2 \cdot 3{,}14} = 6{,}6H$$

Привод инструмента будет вмонтирован в суппорт станка в жесткой связке с пеналом инструментов из нескольких штук. Момент для такого привода будет следующим:

$$M_{\min} = M_u + M_p$$

Где:

$M_и$ – момент инерции пенала с инструментами

Тогда,

$$M_{\min} = \frac{m \cdot a^2}{6} + \frac{F \cdot g \cdot h}{2\pi} = \frac{10 \cdot 0{,}15^2}{6} + \frac{100 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04}{2 \cdot 3{,}14} = 6{,}3H$$

Где:

m – масса пенала

a – сторона квадрата

Мощность двигателя станка 16К20 10 кВт, причем одновременно работал шпиндель и одна из осей подач. В таком случае, так как оси подач так же будут работать попеременно, то мощность всех двигателей должна быть не меньше 5 кВт, а момент двигателя шпинделя должен быть не меньше максимального значения привода подачи, т.е. не меньше 6,8 Н.

В качестве выбора блока системы ЧПУ была выбрана модель CNC 8055 компании Fagor, показанная на рисунке 2.

Система ЧПУ имеет модульную систему, центральный модуль находится в удобном месте для оператора, а блок ЧПУ находится в электрическом шкафу станка.

В качестве привода шпинделя был выбран асинхронный двигатель фирмы Leroy-somer. Данный двигатель оснащен функционалом контроля скорости, а номинальная скорость равна 3000 об/мин.В качестве приводов подачи и привода инструмента выберем шаговые двигатели с энкодером компании ST.

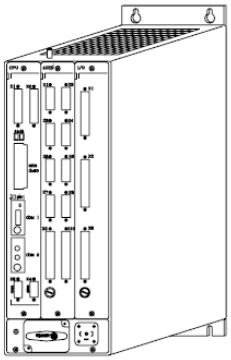


Рисунок 2 – Внешний вид центрального модуля системы ЧПУ

В качестве управляющей программы была выбрано программное обеспечении компании CIMCO. Управляющая программа может быть написана как со стационарного компьютера и передана в станок, так непосредственно и на самом станке.

Перед написанием управляющей программы необходимо произвести настройку инструмента, который будет обрабатывать заготовку, и параметры твердого тела, которое является заготовкой.

На рисунке 3 изображен код управляющей программы, которая разрабатывалась в CIMCO Edit.

```
1  G21 G40
2  G50 S3000
3  N1 T1
4  N2 G18 G99
5  N3 G96 S450 M03
6  N3 G00 X50 Z50
7  N4 G00 X50 Z0 M08
8  N5 G90 X49 Z-100 F5
9  N6 X48
10 N7 X47
11 N8 X46
12 N9 X45
13 N10 x44
14 N11 X25 Z0
15 N12 Z-1
16 N13 Z-2
17 N14 Z-4
18 N15 Z-6
19 N16 Z-8
20 N17 Z-10
21 N18 G00 X44. Z-9. M08
22 N19 G90 X43. Z-30. F2.
23 N20 X42
24 N21 X41
25 N22 X40
26 N23 G00 X150 Z100 M09
27 N24 T2
28 N25 G18 G99
29 N26 G97 S300 M03
30 N27 G00 X0. Z0. M08
31 N28 G90 x0 z0 F5
32 N29 Z-20
33 N30 G00 X0. Z0
34 N31 G00 X50. Z50 M09
35 N32 M01
36 N33 M05
37 N34 M30
38
```

Рисунок 3 – Код управляющей программ

На рисунке 4 и 5 изображена модель на основе кода программы, которая создавалась в CIMCO Edit на разных этапах моделирования.

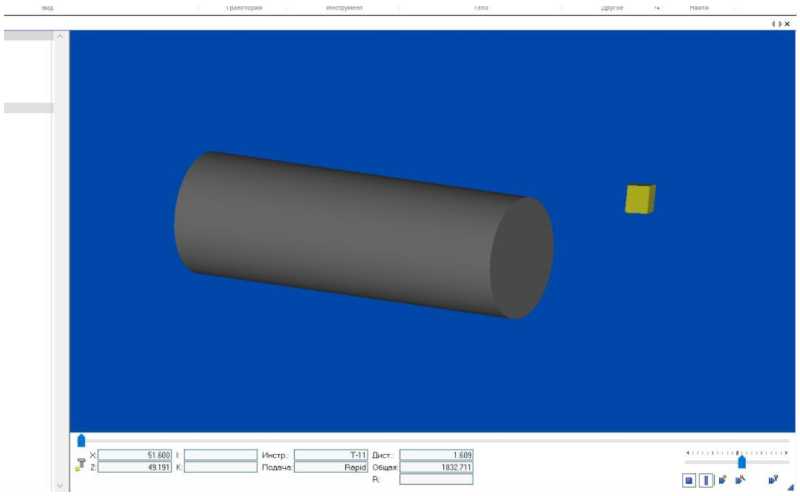


Рисунок 4 – Начало моделирования

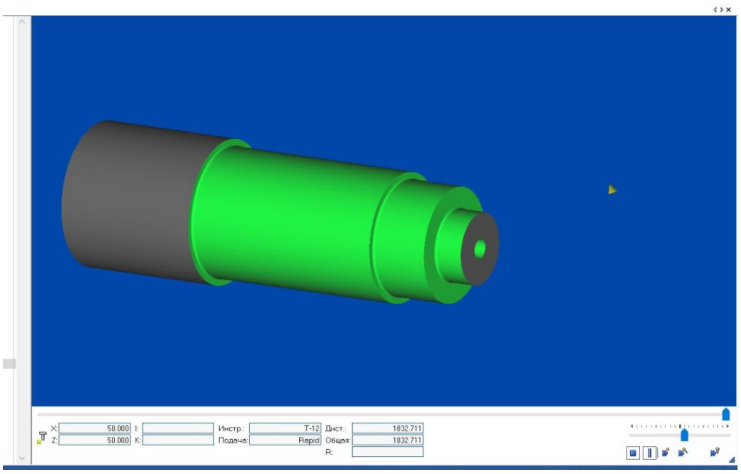


Рисунок 5 – Конец моделирования

Причем моделирование программного кода происходит покадрово, что позволяет отслеживать ход программы в любой момент времени, а также задавать темп работы программы используя отдельные команды управления моделирования, расположенные в правом нижнем углу

Список литературы

1. Калинкик В.И.: Системы автоматического управления станками. [Электронный ресурс]. URL: http://old.rim.mrsu.ru/kafedry/MSK/data/USiSK.pdf (дата обращения: 30.05.2020).
2. В.В.Королев, Р.Е.Петров Модернизация токарно-винторезного станка // Вестник НГИЭИ, 2015, №12 (55), с.42-47.3.Системы ЧПУ [Электронный ресурс] URL: http://elektronik-chel.ru/literature/sistemyi-chpu.html (дата обращения: 21.11.2020).
3. Vitalii V. Korolev, Maksim A. Loginov, Yulia A. Gapchenko «Lathe control automation» / 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2020 ElConRus), 27-30 января 2020г. pp.693-695.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Гунин Д.В.[1], Королев В.В.[1], Гапченко Ю.А. [2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова*

[2] *Тольяттинский государственный университет*

Аннотация. В этой статье представлено моделирование методов управления скоростью вентильно-индукторных двигателей (ВИД) с использованием Matlab Simulink. Для моделирования использовались три стратегии управления, и после правильной настройки с использованием метода проб и ошибок стратегия №3 дала лучший отклик с точки зрения сокращения времени установления, исключения установившейся ошибки и минимизации превышения скорости.

Ключевые слова: вентильно-индукторный двигатель, ВИД, способы управления вентильно-индукторным двигателем, минимизация пульсаций электромагнитного момента вентильно-индукторного двигателя

Реактивные электродвигатели с регулируемым сопротивлением (вентильно-индукторные двигатели или ВИД) представляют собой машины переменного тока с электрической коммутацией, также известные как электродвигатели с регулируемым магнитным сопротивлением. Он сочетает в себе многие из желаемых качеств приводов с асинхронными двигателями, коллекторного двигателя постоянного тока, а также бесщеточных систем постоянного тока с постоянными магнитами. ВИД прочен, прост в конструкции и экономичен по сравнению с синхронным и асинхронным двигателем. Известно, что они имеют высокое отношение пикового электромагнитного (э.-м) момента к моменту инерции, а механическая конструкция ротора хорошо подходит для высокоскоростных задач.

Модель вентильно-индукторного двигателя.

Положение ротора определяется датчиком положения ротора, и он выдает соответствующий выходной сигнал на детектор ошибок. Детектор ошибок сравнивает опорную скорость и фактическую скорость для генерации сигнала ошибки, который подается на блок контроллера. Контроллер подает на преобразователь соответствующий управляющий сигнал в соответствии с сигналом ошибки. Скорость двигателя регулируется преобразователем путем правильного возбуждения соответствующих обмоток статора.

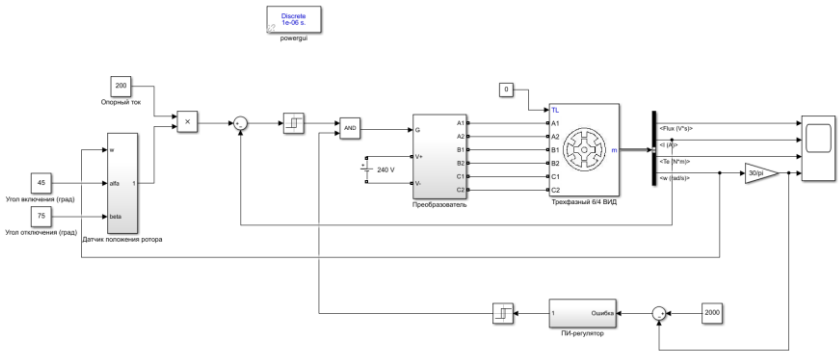


Рисунок 1. Модель трехфазного 6/4 ВИД с ПИ-регулятором в MATLAB Simulink

На рисунке 1 показана модель трехфазного 6/4 (6 полюсов статора и 4 полюса ротора) ВИД с ПИ-регулятором в MATLAB Simulink (2020b).

Используется напряжение питания постоянного тока 240 В. Углы включения и выключения преобразователя поддерживаются постоянными: 45° и 75° соответственно. Опорный ток составляет 200 А, а полоса гистерезиса выбрана как ±10 А. ВИД запускается путем применения ссылки на шаг ко входу регулятора. Скорость разгона зависит от характеристик нагрузки. Чтобы сократить время запуска, выбирается очень легкая нагрузка. Поскольку контролируются только токи, скорость двигателя будет увеличиваться в соответствии с механической динамикой системы.

Минимизация пульсаций электромагнитного момента.

В этой статье представлены три стратегии управления для минимизации пульсаций электромагнитного момента в вентильно-индукторных двигателях (ВИД), а также приведены результаты моделирования для трехфазного 6/4 ВИД. Три схемы управления включают добавление сигнала компенсации тока к сигналу управления током, производимому ПИ-регулятором в вентильно-индукторном приводе (ВИП) с регулируемой по току скоростью. Компенсирующий токовой сигнал является необходимой модификацией текущего управляющего сигнала от ПИ-регулятора, необходимой для создания профиля электромагнитного момента с минимальной пульсацией.

Стратегия №1.

Стратегия нейро-нечеткого управления №1 использует э.-м. момент M, выходной токовый сигнал ПИ-регулятора, $I_{ПИ}$, и информацию о положении ротора, θ, для тренировки компенсатора. Когда обучение завершено и нейро-нечеткий компенсатор включен в ВИП, компенсатор требует пульсации э.-м. момента, M-пульсации, и положения ротора, θ, для создания необходимого сигнала компенсирующего тока.

Результаты моделирования (рисунок 2) показывают, что эта стратегия управления очень эффективна для минимизации пульсаций электромагнитного момента. Однако недостатком этой стратегии является необходимость знания сигнала э.-м. момента как для тренировки компенсатора, так и для последующей работы ВИП (с включенным обученным компенсатором). Можно использовать датчик э.-м. момента, но это значительно увеличит общую стоимость привода.

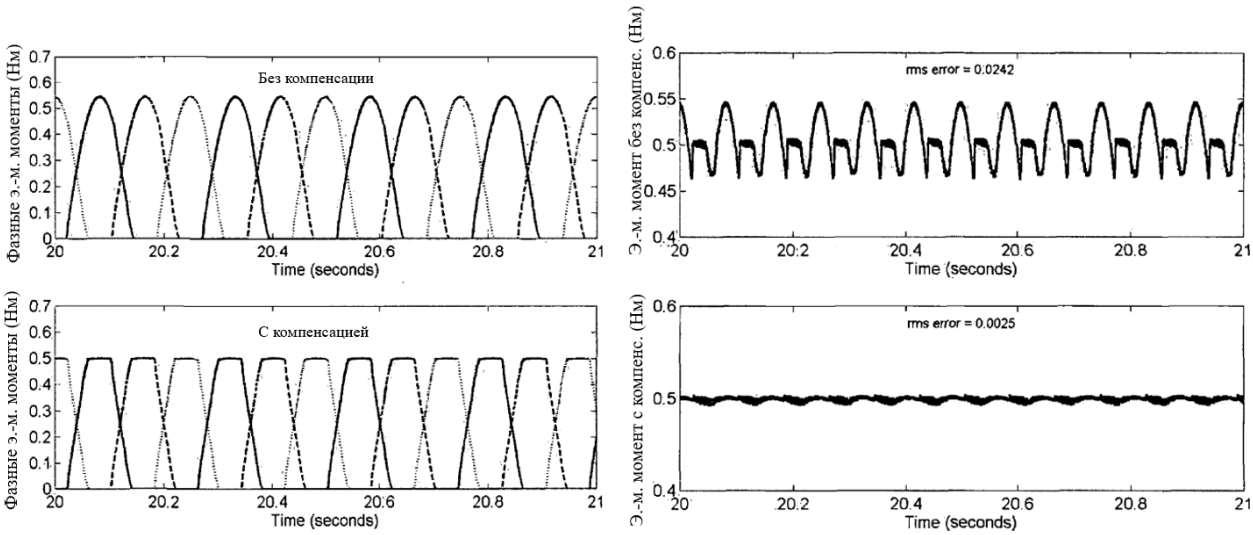


Рисунок 2. Результаты применения стратегии №1

Реализация такого алгоритма оценки приводит к увеличению времени цикла управления для работы в реальном времени. Несомненно, главный недостаток использования этой стратегии управления в экспериментальной установке заключается в том, что она подхо-

дит только для ВИД с относительно линейными характеристиками момент-ток-положение. Кроме того, для эффективной работы требуется высокая частота дискретизации. Дополнительным, более очевидным недостатком стратегии №1 нейронечеткого управления является обширный процесс обучения, необходимый для получения функции компенсирующего тока.

Стратегия №2.

Стратегия нейро-нечеткого управления №2 использует средний электромагнитный момент, $M_{ср}$, положение ротора, θ, пульсацию момента, $M_{пульс}$, и сигнал компенсирующего тока, $I_{комп}$, в процессе тренировки компенсатора. При последующей работе системы ВИП с включенным компенсатором входными данными являются среднее значение э.-м. момента и положение ротора. Правильный компенсационный токовый сигнал возвращается нейронечетким компенсатором.

Результаты моделирования (рисунок 3) доказывают эффективность этого подхода к управлению в минимизации пульсаций электромагнитного момента. Стратегия нейронечеткого управления №2 подходит для использования с сильно нелинейными ВИД. Следовательно, он явно превосходит стратегию нейро-нечеткого управления №1.

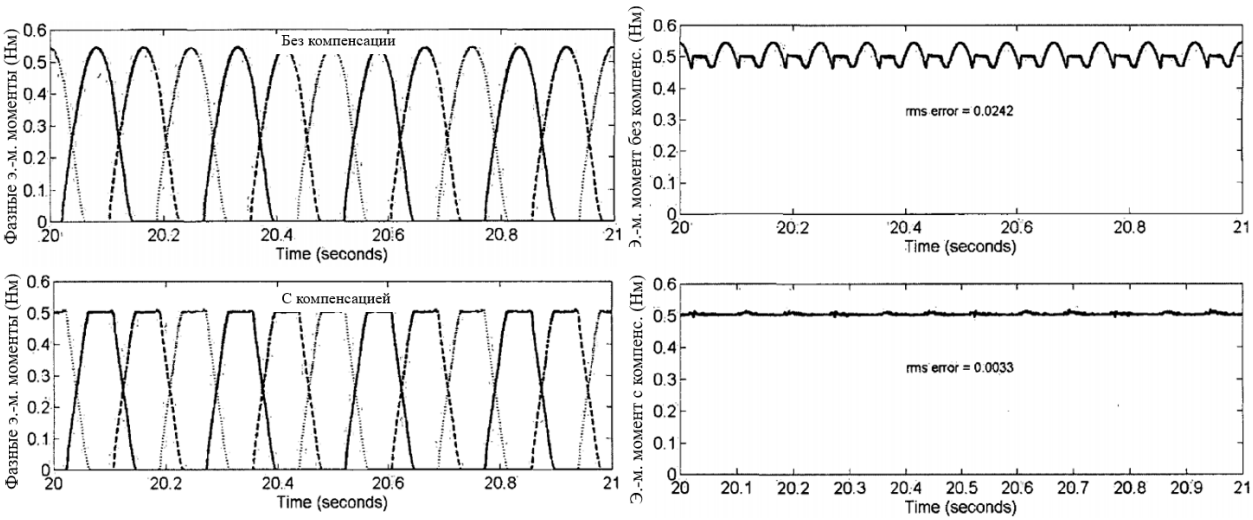


Рисунок 3. Результаты применения стратегии №2

Как и раньше, мгновенный э.-м. момент можно измерить с помощью датчика э.-м. момента или рассчитать с помощью алгоритма оценки. Очевидным недостатком является итеративный и, следовательно, трудоемкий характер обучения.

Стратегия №3.

Стратегия нейро-нечеткого управления №3 использует опорный ток, $I_{опор}$, положение ротора, θ, пульсации э.-м. момента, $M_{пульс}$, и сигнал компенсирующего тока, $I_{комп}$, в тренировке компенсатора.

Во время последующей работы системы ВИП с токовой компенсацией входами нейронечеткого компенсатора являются токовый сигнал ПИ-регулятора и положение ротора. Подобно стратегии нейронечеткого управления №2, эта стратегия управления подходит для использования с сильно нелинейными ВИД, результаты моделирования (рис. 4) подтверждают ее эффективность в снижении пульсаций электромагнитного момента.

Выводы

Стратегия нейро-нечеткого управления №2 оказалась немного лучше, чем стратегия нейро-нечеткого управления №3 в плане уменьшения пульсации э.-м. момента. Стратегия

контроля №3 – лучшая из трех, рассмотренных в этой главе, в частности, по одной причине. Хотя знание сигнала э.-м. момента требуется во время процесса тренировки компенсатора, сигнал э.-м. момента не требуется знать во время работы в режиме онлайн. Таким образом, средства получения сигнала э.-м. момента (датчик э.-м. момента или вычислительно интенсивный алгоритм оценки э.-м. момента) могут быть исключены после завершения тренировки компенсатора. Однако, как и стратегия нейронечеткого управления №2, стратегия нейронечеткого управления №3 имеет недостаток в виде длительного итеративного процесса обучения.

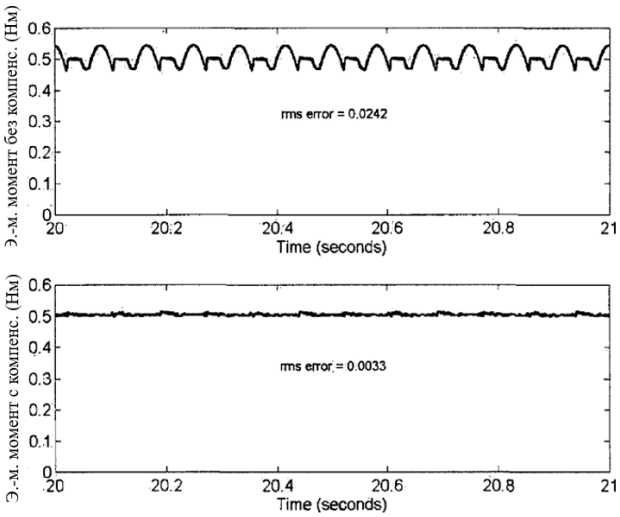


Рис. 4. Результаты применения стратегии №3

Список литературы

1. Bolognani S. and Zigliotto M., Fuzzy logic control of a switched reluctance motor drive, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 32, No. 5, pp. 1063-1068, 1996.
2. W.R. Ray. P.J. Lawrenson, RM. Davis. LM. Stephenson, N.N. Fulton and R.J. Blake, Wigh “performance switched reluctance brushless drives", IEEE IAS Annual Meeting Conference Record, pp. 1769-1776. 1985.
3. mathwork.com
4. Wadah Abass Aljaism,” SWITCHED RELUCTANCE MOTOR: DESIGN, SIMULATION AND CONTROL”. School of Engineering DRG “Power Conversion and Intelligent Motion Control” University of Western Sydney.
5. Красовский А.Б. Анализ условий формирования постоянства выходной мощности в вентильно-индукторном электроприводе. Электричество, 2002, № 2, с. 36–46.
6. Vitalii V. Korolev, Ivan V. Vasin, Yulia A. Gapchenko «Energy-efficient car electric drive system» / 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronical Engineering (2020 ElConRus),27-30 января 2020г. pp.690-692.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ С ПЕРСПЕКТИВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Евтифеев Г.С., Балашов В.О.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова

Аннотация.

Благодаря интенсивному развитию разных отраслей промышленности повышаются требования к электрическим приводам, преобразующим электрическую энергию в механическую. Таким требованиям отвечают вентильно-индукторные двигатели. Этот тип двигателя является новым и отличается тем, что сочетает свойства электрической машины и интегрированной системы управления. Таким образом, вентильно-индукторный двигатель преобразует электрическую энергию, а также позволяет управлять этим процессом, регулируя частоты вращения, момент, выходную мощность и много других параметров. Основными преимуществами этого типа двигателя являются сниженные пульсация электромагнитного момента, обеспечение высокого КПД двигателя, незначительные потери в стали ротора, повышенная живучесть двигателя.

Ключевые слова: ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ИНДУКТОР, ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА

Краткая информация о вентильно-индукторных двигателях

Вентильно–индукторный двигатель (ВИД) – это один самых перспективных электромеханических преобразователей энергии. Как система регулируемого электропривода, ВИД дает возможность управлять процессом преобразования электрической энергии в механическую в соответствии с особенностями конкретной нагрузки: регулировать частоту вращения, момент вращения, мощность и прочие параметры.

ВИД представляет собой достаточно сложную электромехатронную систему. В ее состав входят: индукторная машина (ИМ), преобразователь частоты, система управления и датчик положения ротора (ДПР). Функциональное назначение этих элементов таково: преобразователь частоты обеспечивает питание фаз ИМ однополярными импульсами напряжения прямоугольной формы; ИМ осуществляет электромеханическое преобразование энергии, система управления в соответствии с заложенным в нее алгоритмом и сигналами обратной связи, поступающими от датчика положения ротора, управляет данным процессом. Структурная схема ВИД представлена на рисунке 1.

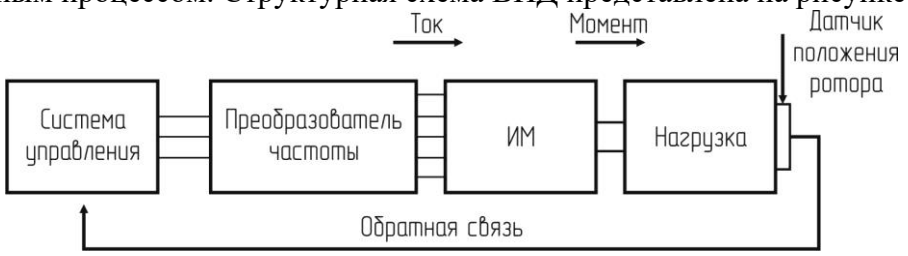


Рисунок 1- Структурная схема ВИД

ВИД имеют простую конструкцию, благодаря ей они исключительно надежны, долговечны и технологичны; отлично приспособлены для работы во взрывоопасных и агрессивных средах при повышенной температуре; покрывают большой диапазон

мощностей и обеспечивают широкое регулирование частоты вращения, что обусловлено применением микропроцессорных регуляторов; имеют высокие энергетические показатели, как следствие пренебрежимо малого уровня потерь в роторе.

Конструкция ВИД включает в себя: явнополюсный ротор с постоянным магнитом, статор с обмотками, соединёнными с силовым коммутатором, подшипники, корпус и датчик ротора в виде датчика Холла.

В ВИД электромагнитный момент появляется за счёт несимметрии магнитного поля обмотки статора и магнитного поля зубьев постоянного магнита ротора.

Рассмотрим работу ВИД на примере рисунка 2. При возбуждении фазы А происходит генерация электромагнитного поля, которое поворачивает ротор двигателя. Поворот осуществляется таким образом, чтобы зубец ротора установился по оси потока магнитного поля, которое создается индуктором. В этот же момент во время t1 необходимо включить следующий по направлению движения ротора индуктор. Теперь ротор вращается в сторону смещённого магнитного поля статора. В момент t2 необходимо включить следующий по направлению движения ротора индуктор. Работающие по такому принципу ВИД называются переключаемыми реактивными электродвигателями.

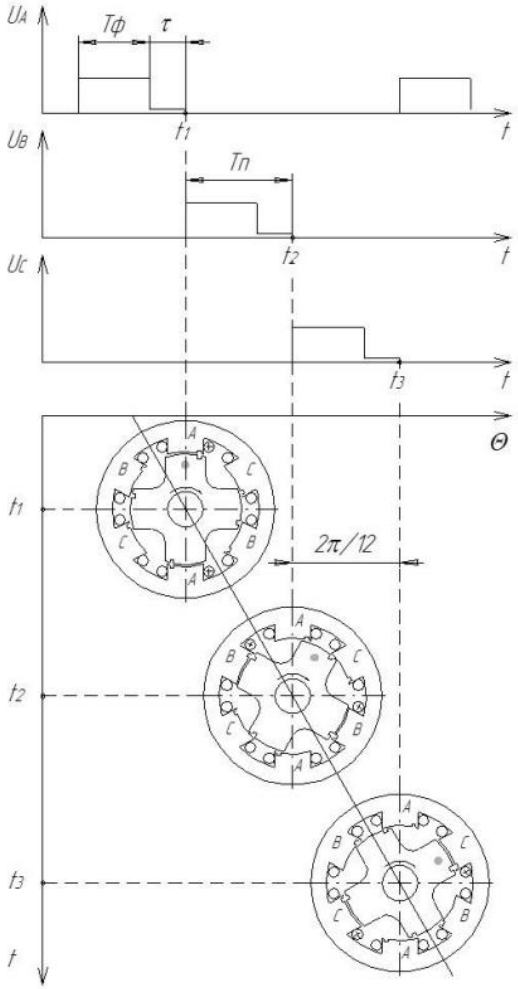


Рисунок 2 – Диаграмма процесса работы ВИД

Время, в течение которого подаётся питающее электродвигатель напряжение:

$$T_П = T_Ф + \tau$$

где $T_ф$ – время, в течение которого напряжение подается на фазу двигателя;

τ - время затухания сигнала.

Величина $T_п$ оказывает влияние на угловую скорость ротора.

Рассматриваемый на рисунке 2 ВИД имеет конфигурацию 6/4. Частота вращения для него будет равна:

$$\omega = (2\pi / 12) / T_П$$

Для изменения положения ротора на определенный угол, затрачивается следующее количество электрической энергии

$$W_\theta = M_C \cdot \theta + ((I \cdot \omega_2^2) / 2 - (I \cdot \omega_1^2) / 2)$$

где M_c – момент сопротивления ротора вращению;

I – момент инерции ротора;

ω_1 - угловая скорость ротора при начале его вращения;

ω_2 - угловая скорость ротора в конце его поворота.

θ - угол поворота ротора.

Когда вращение ротора становится установившемся, кинетическая энергия практически не изменяется. С целью дальнейшего вращения ротора требуется подвод энергии. Она расходуется на преодоление момента сопротивления.

Если форма импульсов напряжения прямоугольная, то электромагнитный момент будет иметь значительные пульсации. В выпускаемых в настоящее время ВИД применяется кривая тока в обмотках индуктора, которая изменяется по заданному заранее закону. Этот закон может быть достигнут за счет ШИМ транзисторов, которые входят в схему питания обмотки.

К преимуществам ВИП относятся:

• высокая технологичность за счет возможности машинной намотки катушек, простой конфигурации магнитной системы, отсутствия коллектора, беличьей клетки;

• высокие механические параметры, так как безобмоточный ротор более жесткий и менее инертный;

• широкие функциональные возможности - работа в зоне низких или высоких частот вращения в широком диапазоне регулирования и большой момент в при низких частотах;

• высокие энергетические показатели, не уступающие аналогичным аппаратам;

• в силу вышеизложенного, более высокая надёжность привода в целом.

К недостаткам ВИП относятся:

• наличие силового коммутатора и датчика положения ротора;

• при отказе электронного коммутатора неработоспособность привода;

• сложность математического описания работы ВИП;

• сложность управления ВИП, управление возможно только при использовании микропроцессора.

Совокупность достоинств и недостатков позволяет говорить о том, что ВИП в скором будущем составит серьёзную конкуренцию традиционным машинам постоянного тока с постоянными магнитами и синхронным генераторам, работающим на современных автомобилях.

В последнее время вентильные индукторные электромеханические преобразователи все чаще применяются в различных отраслях промышленности и на транспорте, как автономные источники электроэнергии, и в качестве регулируемых электродвигателей.

Список литературы:

1. Vitalii V. Korolev, Ivan V. Vasin, Yulia A. Gapchenko «Energy-efficient car electric drive system» / 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronical Engineering (2020 ElConRus),27-30 января 2020г. pp.690-692.
2. В.В.Королев Вентильно-индукторные электромеханические преобразователи в современном автомобиле // Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров: Материалы 66-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) Международного научного симпозиума «Автотракторостроение-2010», Книга 3, Москва: МГТУ (МАМИ), 2010, с.46-54.

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Мачеев Е. М.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова

Аннотация. Статья описывает разработку системы удаленного управления модели транспортного средством, работающей по bluetooth . Система главным образом состоит из 2 элементов: модели транспортного средства, в основе которой лежит микроконтроллер с датчиками и управляющий элемент, в роли которого выступает мобильное приложение. Рассмотрены программы, реализующие удаленное управление, передачу информации от модели к управляющему приложению. Описаны две команды управляющих воздействия, реализующие запрос информации о текущем ускорении и «управляющая команда», при получении которой микроконтроллер должен настроить ШИМ сигнал для управления приводами.

Ключевые слова: Arduino, удаленное управление, bluetooth, Android

Система состоит из двух основных элементов — объекта управления и управляющего устройства. В качестве управляющего устройства выступает мобильный телефон на базе ОС Android с приложением-клиентом. В роли объекта управления выступает модель транспортного средства, за логику которой отвечает микроконтроллер. Программа микроконтроллера представляет из себя сервер, задачей которого является ответ на запросы приложения-клиента. Взаимодействие элементов представлено на рисунке 1. «Запрос/команда–ответ» происходят по беспроводной связи между мобильным приложением и модели ТС.

Рис. 1. Взаимодействие программно-функциональных единиц

Управление моделью происходит посредством взаимодействия пользователя с интерфейсом мобильного приложения. Вид интерфейса представлен на рисунке 2. Под соответствующими номерами:

кнопка подключения;

область управления движением;

статусная строка, информирующая пользователя о процессе, происходящем в данный момент на управляющем устройстве;

указатель текущего положения касания;

график ускорения модели (в значениях по оси X отложено время в относительных единицах (тиках), по оси Y соответствующие этим тикам значения ускорений).

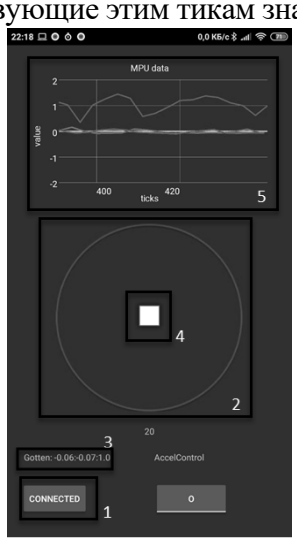


Рис. 2. Интерфейс приложения

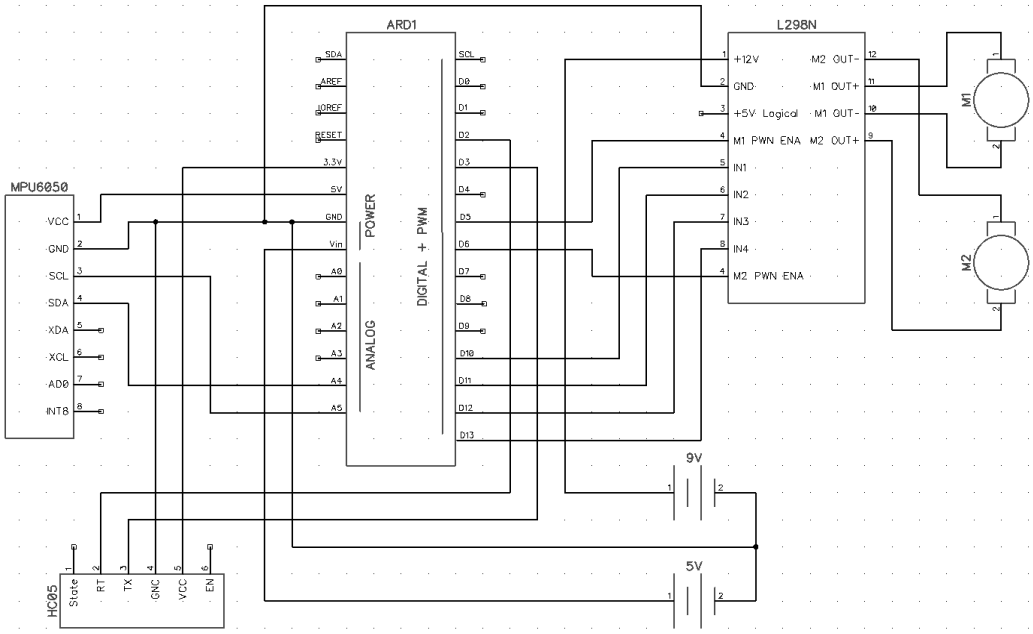


Рис. 3. Схема подключения элементов

Модель транспортного средства представляет из себя трехколесную платформу с приводами на два передних колеса. Основной платформой, реализующей модель выбрана Arduino Uno R3 – программируемая плата на базе микроконтроллера ATmega328. Ее преимуществами при реализации системы являются:

встроенный преобразователь CH340 USB-UART;

встроенный программатор;

выведенные коннекторы для пинов.

Для создания системы управления использована следующая элементная база:

Arduino Uno R3;

bluetooth модуль HC-05 – модуль для удаленной передачи данных;

3-х осевой гироскоп и акселерометр (MPU6050) – датчик ускорения;

драйвер L298N для управления двигателями.

Схема подключения элементов представлена на рисунке 3.

Программа микроконтроллера выполняет 3 задачи:

управления двигателями в соответствии с имеющимися данными о положении управляющего стика (отмечен на рисунке 1 цифрой 4);

опрос шины I2C, к которой подключен трехосевой гироскоп и акселерометр;

опрос последовательного порта на наличие сообщения от управляющего устройства, к которому подключен bluetooth модуль.

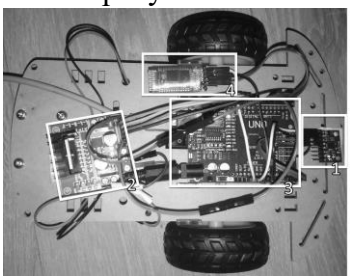
Единицей обмена информацией от клиента к серверу является команды представляет собой 4-х байтную структуру, представленную на рисунке 3. Запрос на получение данных об ускорении должен содержаться в поле cmd символ ‘M’, содержимое остальных полей произвольное. При получении такого сообщения, программа сервер должна отправить данные об ускорении на приложение-клиент. При отправке команд управления поле cmd должно содержать символ ‘C’, а поля x, y – соответствующие координаты управляющего стика (положение элемента номер 4 на рисунке 1), в соответствии с которыми регулируется ШИМ сигнал для драйвера. Передача данных обратно, то есть от микроконтроллера к управляющему устройству размер.

```
1 typedef struct {
2   int8_t x;
3   int8_t y;
4   char cmd;
5   char optional_cmd;
6 } hcMsgStruct, *pHcMsgStruct;
```

Рис. 4. Структура сообщения от клиента к серверу

Для работы с трехосевым гироскопом и акселерометром используется встроенный в плату сопроцессор DMP, благодаря чему достигается высокая точность получаемых данных.

Разработанная модель представлена на рисунке 5.



1 – MPU6050 – датчик акселерометр; 2 – L298N – драйвер двигателей;
3 – плата Arduino Uno R3; 4 – bluetooth модуль HC-05

Рис. 5. Внешний вид устройства

Реализованная модель управляется с мобильного приложения, предоставляя информации о текущем ускорении.

Список литературы

1. Спецификация ATmega328 // URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (дата обращения: 05.06.2021).

2. Карта и описание регистров MPU6050 // URL: https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf (дата обращения: 06.05.2021).

СИНТЕЗ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ С ЛЮФТОМ И УПРУГИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ В МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Нгуен З. Х., Второв В. Б.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Доклад посвящен задаче управления электромеханическим объектом с люфтом и упругостью в механической передаче при использовании адаптивно-модального регулятора, а также наблюдателя состояния.

Ключевые слова: упругая двухмассовая электромеханическая система, люфт, модальный регулятор, адаптивный регулятор, наблюдатель состояния.

Введение

Одной из главных проблем в системах управления электромеханическими объектами (ЭМО) с редуктором является наличие люфта и упругих деформаций в механической передаче. Их наличие создают благоприятные условия для возникновения электромеханических колебаний, которые сильно ухудшают работу следящей системы [1]. В данном докладе рассмотрена следящая система с упругостью и люфтом (зазором) в механической передаче, а также возможность использования средств управления для устранения их негативного влияния на динамику и точность системы.

Математическая модель объекта управления

Объектом управления в данной работе является электромеханическая система, содержащая двигатель постоянного тока (ДПТ), получающий питание от источника регулируемого напряжения, редуктор и исполнительный механизм. Связь двигателя с механизмом считается упругой и содержащей зазор. Механическая часть такой системы представляется двухмассовой математической моделью с параметрами: жесткость и коэффициент внутреннего вязкого трения упругой связи, а также моменты инерции первой и второй масс.

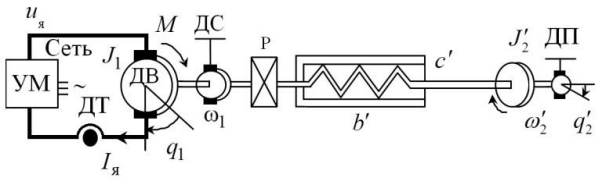


Рис. 1. Следящая система с люфтом и упругими деформациями в механической передаче

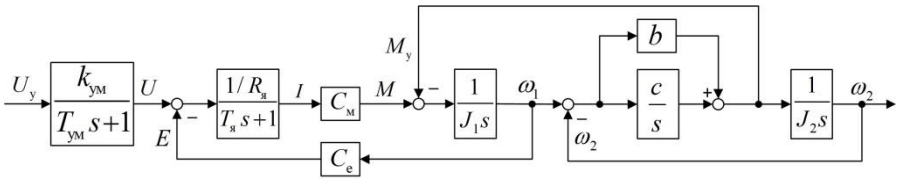


Рис.2. Структурная схема двигателя постоянного тока и усилителя мощности

Модель (рис. 2) можно представить в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{U} = -\dfrac{1}{T_{ум}}U + \dfrac{k_{ум}}{T_{ум}}U_у; U = E + R_я I_я + L_я \dot{I}_я; E = C_e\omega_1; T_я = L_я / R_я \\ M_у = J_2\dot{\omega}_2; M_у = M_{у_1} + M_{у_2}; \dot{M}_{у_1} = c(\omega_1 - \omega_2); M_{у_2} = b(\omega_1 - \omega_2) \end{cases}$$

Здесь, $k_{УМ}, T_{УМ}$– постоянные параметры усилителя мощности; $L_я, R_я, T_я$ – индуктивность, активное сопротивление и электромагнитная постоянная времени якорной цепи двигателя; C_e, C_M – конструктивные постоянные коэффициенты электродвигателя; E– ЭДС якорной обмотки двигателя; U – напряжение усилителя мощности, подаваемое на якорную обмотку; $I_я$ – ток якоря двигателя; ω_1, ω_2 – угловая скорость двигателя и приведенная угловая скорость механизма; J_1, J_2 – момент инерции ротора двигателя и приведенный момент инерции механизма; M – электромагнитный момент ДПТ; c,b – приведенные жесткость и коэффициент внутреннего вязкого трения в механической части; M_{y1} – момент упругих сил деформации в механической части; M_{y2} – момент от внутренней силы вязкого трения в механической части.

Ширина зазора в редукторе –2δ. Вводя для нелинейности в редукторе обозначения углового рассогласования двух валов $\Delta\varphi$ и "угла скручивания" θ, запишем:

$$\theta = f(\Delta\varphi) = \begin{cases} \Delta\varphi - \delta, & \Delta\varphi \geq \delta \\ 0, & |\Delta\varphi| < \delta \\ \Delta\varphi + \delta, & \Delta\varphi \leq -\delta \end{cases}$$

Получим структурную схему механической подсистемы с зазором и упругостью:

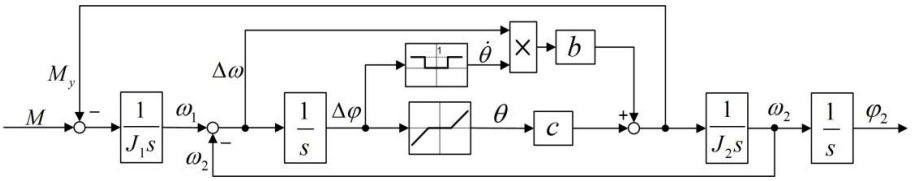


Рис. 3. Структурная схема механической подсистемы с зазором и упругостью

Синтез и исследование системы с модальным управлением

Согласно [2], уравнения системы с модальным регулятором имеют вид:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ u = g - Kx \end{cases}; K = [k_1, k_2, ..., k_n] - \textit{матрица обратной связи}$$

По приведенному закону управления построим модальный регулятор для данной линейной системы, настроив контур тока на оптимум по модулю (с ПИ-регулятором $\beta_T \frac{\tau_T s + 1}{\tau_T s}; \tau_T = T_я; \beta_T = \frac{T_я}{2T_{ум} k_{ум} R_я^{-1} k_{дт}}$). Ввиду его высокого быстродействия на первом этапе пренебрегаем его динамикой и противо-ЭДС.

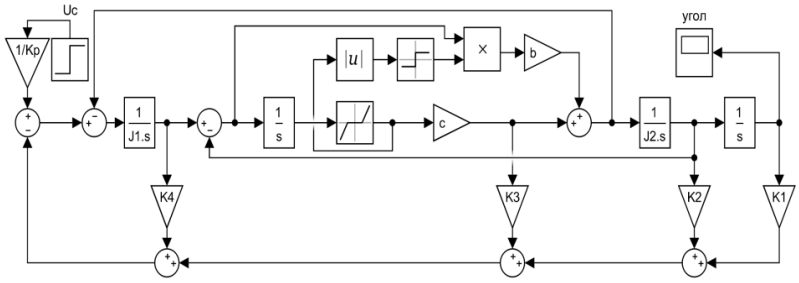


Рис. 4.Структурная схема следящей системы с модальным регулятором

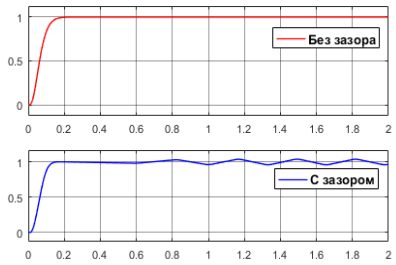


Рис. 5.ПХ системы с модальным регулятором без зазора (δ=0 рад) и с зазором (δ=0,05 рад)

Желаемый характеристический полином следящей системы взят в виде полинома Ньютона. Его среднегеометрический корень ω_0 рассчитываем исходя из требований к ди-

намике. Модель следящей системы с модальным управлением и ее переходная характеристика (ПХ)представлены на рис.4-5.

Из рис. 5 видно, что с помощью модального регулятора устраняется влияние упругости в механической передаче, но не устраняется негативное влияние зазора в редукторе, при котором в системе возникают автоколебания. Это серьезно ухудшает работу следящей системы, поэтому необходимо демпфировать эти автоколебания.

Синтез и исследование системы с адаптивно-модальным управлением (АМР)

Негативное влияние зазора можно устранить путем использования адаптивного управления с эталонной моделью (ЭМ) и сигнальной адаптацией. Структурная схема такой системы [3] показана на рис.6. В качестве ЭМ используем динамическую систему, состоящую из линейной модели ЭМО управления 3-го порядка с обратными связями по переменным $\omega_1, M_{y1}, \omega_2$. Модель следящей системы с АМР и результаты моделирования представлены на рис. 7-9.

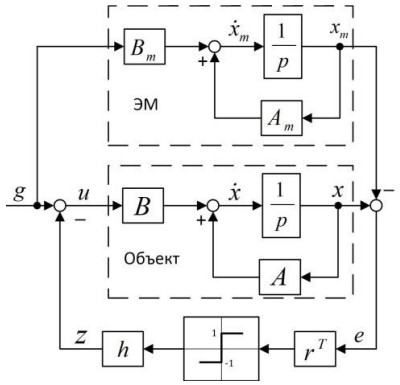


Рис. 6.Структурная схема системы с ЭМ и сигнальной адаптацией

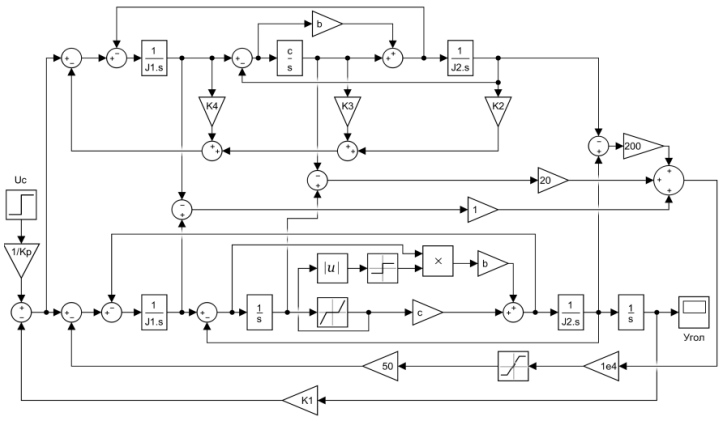


Рис. 7.Структурная схема следящей системы с АМР

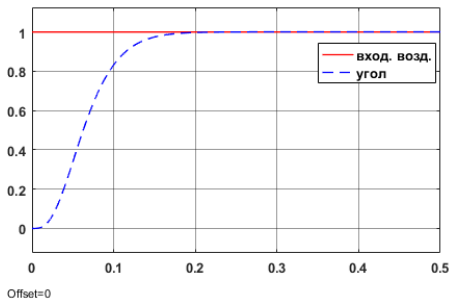


Рис. 8. ПХ следящей системы с АМР

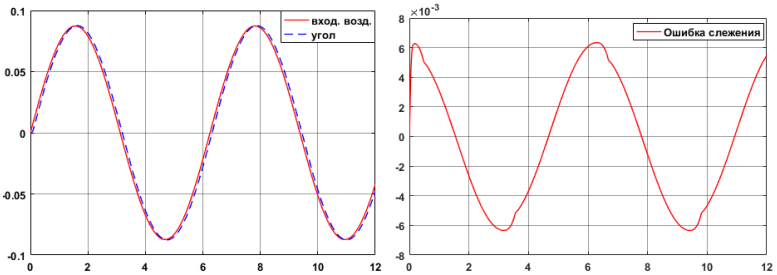


Рис. 9.Отработка следящей системой с АМР задающего синусоидального воздействия

Построение наблюдателя состояния

В процессе синтеза законов управления считали, что все переменные состояния системы измеряются. На практике для данной системы доступны измерению только угловая скорость двигателя ω_1 и угол поворота φ_2. Поэтому для реализации модального и адаптивного управления необходимо использовать наблюдатель состояния. Согласно источнику [2] наблюдатель состояния полного порядка имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + H\left[y - \hat{y}\right] \\ \hat{y} = C\hat{x} \end{cases}$$

где$\hat{x} \in R^n, \hat{y} \in R^m$ – оценки векторов x и y, H – матрица коэффициентов усиления.

На первом этапе построим наблюдатель состояния полного порядка для управления ЭМО 3-го порядка с переменными $\omega_1, M_{y1}, \omega_2$. В качестве желаемого характеристического полинома наблюдателя возьмем полином Ньютона 3-го порядка с $\omega_{0н} = 2\omega_0$. С помощью наблюдателя 3-го порядка и измеряемым угловым поворотом можно реализовать синтезируемые управления. На втором этапе, когда учитываем зазор в редукторе (т.е нелинейность в системе) необходимо улучшить оценки, вырабатываемые наблюдателем. По источнику [1] улучшим оценки путем использования сигнальной адаптации. Рекомендуемая схема адаптивно-модального управления и наблюдателя в системе с люфтом и упругостью и результаты моделирования представлены на рис. 10-12.

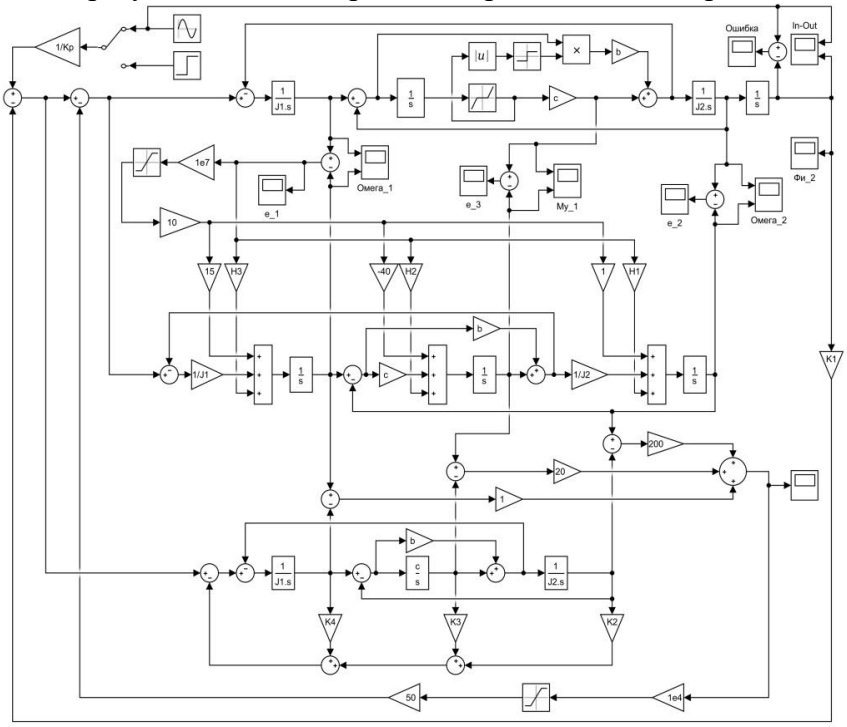


Рис.10. Структурная схема адаптивно-модального управления и наблюдателя в системе с люфтом и упругостью

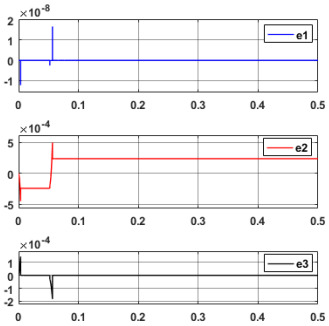


Рис. 11. Ошибки оценивания при наличии зазора

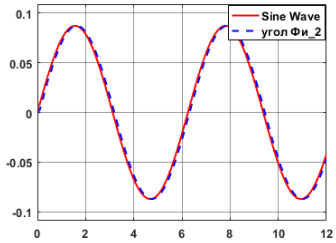


Рис. 12. ПП системы при отработке синусоидального задающего воздействия

Заключение

- Наличие зазора в редукторе приводит к возникновению автоколебаний, погасить которые средствами модального управления не удается;
- С помощью адаптивно-модального регулятора негативное влияние зазора и упругости в передаче полностью устраняется;
- Из-за влияния зазора оценки, вырабатываемые наблюдателем состояния, искажаются; применение сигнальной адаптации наблюдателя улучшает его оценки.

Список литературы

1. Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями: СПб.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Борцов Ю. А., Второв В. Б. Математические модели и алгебраические методы расчета автоматических систем: Учеб. пособие / ЭТИ. СПб., 1992.
3. Второв В. Б., Калмыков А. Н. Некоторые вопросы расчета и практической реализации систем с сигнальной адаптацией // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ» . Сер. Автоматизация и управление. 2003. Вып. 1. С. 37–42.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСОВ ПОДПИТКИ КОТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Новиков М.А., Морозова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе рассмотрена система автоматического управления насосами системы подпитки, являющейся важной частью котельной теплоснабжения. Приведено математическое описание насосного агрегата и его работы на гидравлическую сеть в режиме частотного регулирования

Ключевые слова: электропривод, насосный агрегат, частотное управление

Система управления подпиточными насосами должна поддерживать заданное давление в обратной магистрали сети теплоснабжения при изменении расхода воды (теплоносителя) в широком диапазоне.

На рисунке 1 представлена гидравлическая схема подпитки водогрейной котельной.

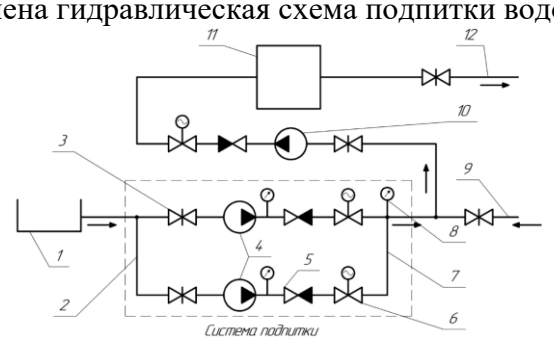


Рис. 1. Гидравлическая схема подпитки водогрейной котельной. Обозначения на рисунке: 1 – аккумуляторный бак;2 – общий коллектор исходной воды; 3–задвижка;4 – подпиточные насосы; 5 – обратный клапан; 6 – арматура с электроприводом;7 – напорный коллектор;8 – манометр; 9 – обратная магистраль; 10– сетевой насос; 11–водогрейный бак; 12 – подающая магистраль.

К подпиточным насосам предъявляются высокие требования по надежности. При остановке подпиточного насоса снизится давление на входе сетевого насоса, он перейдет в режим «сухого хода», перестанет подавать воду в котел. Давление в котле упадет, вода начнет закипать и котел остановится по аварии.

Поэтому устанавливают не менее двух насосов: один в работе, а второй в резерве. И переход с остановившегося по аварии насоса на резервный насос должно выполняться быстро, чтобы не было аварии с сетевыми наосами и с котлом.

Рассмотрим систему, в которой два насоса – 1Д800-56а. Технические данные этого насоса приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Технические данные насоса 1Д800-56а

Типоразмер насоса (агрегата)	Подача, $м^3/ч$, ($м^3/с$)	Напор, м	Потребляемая мощность насоса, кВт		Частота вращения, $с^{-1}$ (об/мин)	КПД насоса, %
			в номинальном режиме	максимальная в рабочем интервале		
1Д800-56а	740 (0,206)	48	120	127	24,2 (1450)	84

Рассмотрим математическое описание насосного агрегата и его работы на гидравлическую сеть в режиме частотного регулирования.

Зависимость напора *H* от подачи *Q* является одной из основных характеристик насоса. Её часто называют напорно-расходной или Q-H характеристикой. Данную характеристику можно представить по данным холостого хода и номинальным данным [1]:

$$H = H_{OH} - K_H Q^2,$$

где H_{OH} – напор насоса при нулевой подаче воды, K_H – коэффициент гидравлического сопротивления насосного агрегата, Q – заданный расход воды.

Существует напорно-расходная характеристика и у магистрали (Q-H характеристика) [1]:

$$H_M = H_{CT} - K_M Q^2,$$

где H_M –текущий напор магистрали, Q –текущий расход жидкости магистрали, H_{CT} – высота подъема напорного трубопровода (статический напор), K_M –коэффициент динамического сопротивления магистрали.

Изменяя частоту вращения ω насосного агрегата, изменяются значения напора *H* и подачи *Q*. Линии равного КПД насосного агрегата определяются следующими соотношениями [1]:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}, \ \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Выражение для требуемой частоты вращения определяется из вышеупомянутых соотношений и выглядит следующим образом

$$\omega = \omega_{ном} \cdot \sqrt{\frac{H_{TP}}{H_{ном}}},$$

где $\omega_{ном}$ –номинальная частота вращения, $H_{ном}$ –номинальный напор насоса на естественной Q-H характеристике при номинальной расходе $Q_{ном}$.

Коэффициент полезного действия изменяется в зависимости от угловой скорости насоса и определяется формулой Муди, преобразованной для насосов [3]:

$$\eta_н = 1 - \frac{1 - \eta_{ном}}{(\frac{\omega}{\omega_{ном}})^{0,36}},$$

где $\eta_{ном}$ – номинальный КПД насоса по паспорту.

Необходимая мощность насоса определяется по формуле

$$N_{нас} = \frac{Q_{макс} \cdot H_{макс}}{3,675 \cdot \eta_н},$$

где $Q_{макс}$ и $H_{макс}$ максимальные значения подачи и напора.

Тогда мощность на валу насоса (на валу двигателя) при перекачивании подпиточной воды.

$$N_{нас} = \frac{700(м^3 / час) \cdot 60(м)}{3,675 \cdot 84\%} = 136,05(кВт)$$

На основе выполненных расчетов выберем двигатель 5АН280-А4 У3, имеющий номинальную мощность 132 кВт. Так как в подпиточной системе используются два таких двигателя, недостаток мощности в пиковые моменты нивелируется парной работой агрегатов. [2]

Выбор преобразователя частоты (ПЧ) был осуществлен на основе следующих расчетов:

Номинальная скорость вращения двигателя

$$n_{дв.н.} = n_0 \cdot (1 - s_н) = 1500 \cdot (1 - 0,024) = 1464(об / мин)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60} = 157,08(рад / с)$$

$$\omega_н = \omega_0 \cdot (1 - s_н) = 157,08 \cdot (1 - 0,024) = 153,31(рад / с)$$

Номинальный момент двигателя

$$M_Н = P_н / \omega_н = 132000 / 153,31 = 861(Н \cdot м)$$

Пусковой момент двигателя

$$M_П = m_П \cdot M_Н = 1,4 \cdot 861 = 1205,4(Н \cdot м)$$

Критический момент двигателя

$$M_к = m_к \cdot M_Н = 2,1 \cdot 861 = 1808,1(Н \cdot м)$$

Подбор преобразователя частоты производится по номинальному току двигателя и мощности [3]:

$$I_н = \frac{P_{дв.ном.}}{3 \cdot U_{ном.ф.} \cdot \eta_н \cdot \cos(\varphi_н)} = \frac{132000}{3 \cdot 380 \cdot 0,93 \cdot 0,89} = 139,89(A)$$

Для полученного номинального тока подходит преобразователь NXP 0261 5A2H0SSS. Основные данные представлены в таблице 2 [4].

Таблица 2

Основные характеристики NXP 0261 5A2H0SSS

Тип ПЧ	Номинальный длительный ток, А	Мощность на валу двигателя, кВт	Напряжение питания, В
NXP 0261 5A 2H 0 SSF	261	132	380

Список литературы

1. Лезнов Б.С. «Частотно-регулируемый электропривод насосных установок».: Машиностроение, 2013.
2. «Насосы центробежные двустороннего входа типа Д и агрегаты электронасосные на их основе». Руководство по эксплуатации Н03.3.302.00.00.000 РЭ. ОАО «ГМС Ливгидромаш».
3. Фащиленко В.Н. «Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий».: Издательство «Горная книга», 2011.
4. VACON NXP | NXC. Брошюра «Преобразователи частоты Vacon NXP и NXC».

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТУРА СКОРОСТИ АСТАТИЧЕСКОЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА САР ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПОСТОЯННОМ МОМЕНТЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

ПРОХОРЕНКО Н.Я.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье исследуется переходный процесс контура скорости на заданные показатели качества. Регулирование происходит за счет применения эталонной передаточной функции третьего порядка. Показано влияние параметров регулятора скорости на показатели качества переходных процессов. Приводятся результаты моделирования и экспериментальных исследований в среде MATLAB Simulink.

Ключевые слова: САР, электропривод, синтез

Введение

В работе [1] синтезированы астатические первого порядка системы автоматического регулирования (САР) положения исполнительного органа электропривода постоянного тока при постоянном моменте сопротивления.

Контур скорости в предложенных САР состоит из силовой части электропривода постоянного тока с выходом по току якоря и угловой скорости исполнительного органа электропривода. Цепь отрицательной обратной связи по току якоря состоит из блоков коэффициента обратной связи по току и регулятора тока якоря. На регулятор тока подаются сигналы задающего напряжения контура тока и сигнал с датчика тока по контуру обратной связи. Напряжение на выходе регулятора тока подается на систему управления тиристорного преобразователя. Цепь отрицательной обратной связи по угловой скорости исполнительного органа состоит из блоков коэффициента обратной связи по скорости и регулятора угловой скорости. На регулятор угловой скорости подаются сигналы задающего напряжения контура скорости через фильтр контура скорости и сигнал с датчика скорости по контуру обратной связи. Напряжение на выходе регулятора скорости является задающим напряжением контура тока.

Синтез контура скорости

Для контура скорости уравнения баланса имеет вид:

$$\left.\begin{aligned}
&\left[\frac{1}{\tau_{\text{рс}}p+1}\cdot U_{\text{зс}}(p)-K_{\text{ос}}\cdot\omega(p)\right]\cdot\beta_{\text{рс}}\cdot\frac{\tau_{\text{рс}}p+1}{\tau_{\text{рс}}p}=U_{\text{зт}}(p);\\
&U_{\text{зт}}(p)=(T_{\mu}p+1)\cdot K_{\text{от}}\cdot I_{\text{я}}(p);\\
&C_{\text{м}}\cdot I_{\text{я}}(p)=M_{\text{со}}(p)+J\cdot p\cdot\omega(p).
\end{aligned}\right\}$$

где T_{μ} – некомпенсированная постоянная времени, с.

Передаточные функции контура скорости по каналам «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» и «момент

сопротивления электропривода – угловая скорость исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\omega(p)}{U_{\text{зс}}(p)} = \frac{1}{K_{\text{ос}}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\beta_{\text{рс}}} \cdot \frac{K_{\text{от}} J}{K_{\text{ос}} C_{\text{м}}} \cdot T_{\mu} \tau_{\text{рс}} p^3 + \frac{1}{\beta_{\text{рс}}} \cdot \frac{K_{\text{от}} J}{K_{\text{ос}} C_{\text{м}}} \cdot \tau_{\text{рс}} p^2 +} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{}{+\tau_{\text{рс}} p + 1};$$

$$\frac{\omega(p)}{M_{\text{со}}(p)} = -\frac{1}{\beta_{\text{рс}}} \cdot \frac{K_{\text{от}}}{K_{\text{ос}} C_{\text{м}}} \cdot \frac{\left(T_{\mu} p + 1\right) \cdot \tau_{\text{рс}} p}{\frac{1}{\beta_{\text{рс}}} \cdot \frac{K_{\text{от}} J}{K_{\text{ос}} C_{\text{м}}} \cdot T_{\mu} \tau_{\text{рс}} p^3 +} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{}{+\frac{1}{\beta_{\text{рс}}} \cdot \frac{K_{\text{от}} J}{K_{\text{ос}} C_{\text{м}}} \cdot \tau_{\text{рс}} p^2 + \tau_{\text{рс}} p + 1}.$$

При выборе параметров регулятора скорости и фильтра контура скорости равными:

$$\beta_{\text{рс}} = \frac{K_{\text{от}} J}{2 K_{\text{ос}} C_{\text{м}} T_{\mu}};$$

$$\tau_{\text{рс}} = 4 T_{\mu}$$

передаточные функции контура скорости по каналам «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угловая скорость исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\omega(p)}{U_{\text{зс}}(p)} = \frac{1}{K_{\text{ос}}} \cdot \frac{1}{8 T_{\mu}^3 p^3 + 8 T_{\mu}^2 p^2 + 4 T_{\mu} p \ \ + 1};$$

$$\frac{\omega(p)}{M_{\text{со}}(p)} = -2 \cdot \frac{T_{\mu}}{J} \cdot \frac{4 T_{\mu}^2 p^2 + 4 T_{\mu} p}{8 T_{\mu}^3 p^3 + 8 T_{\mu}^2 p^2 + 4 T_{\mu} p \ \ + 1}.$$

Передаточные функции контура скорости по каналу управления «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» соответствует эталонной передаточной функции третьего порядка с постоянной времени $4T_{\mu}$.

Моделирование контура скорости

Выбраны следующие параметры для якорной цепи электродвигателя: сопротивление 5 Ом, индуктивность 0,1 Гн, максимально допустимый ток 8 А, максимально допустимая угловая скорость исполнительного органа 160 рад/с.

На рисунке 1 представлена имитационная модель контура скорости смоделированная в MATLAB Simulink, а на рисунке 2 результаты моделирования переходного процесса.

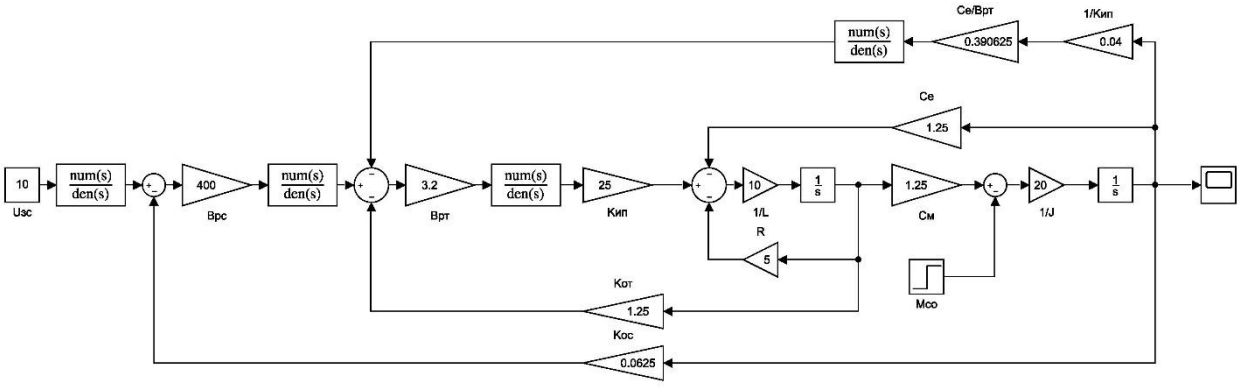


Рис. 1. Имитационная модель контура тока

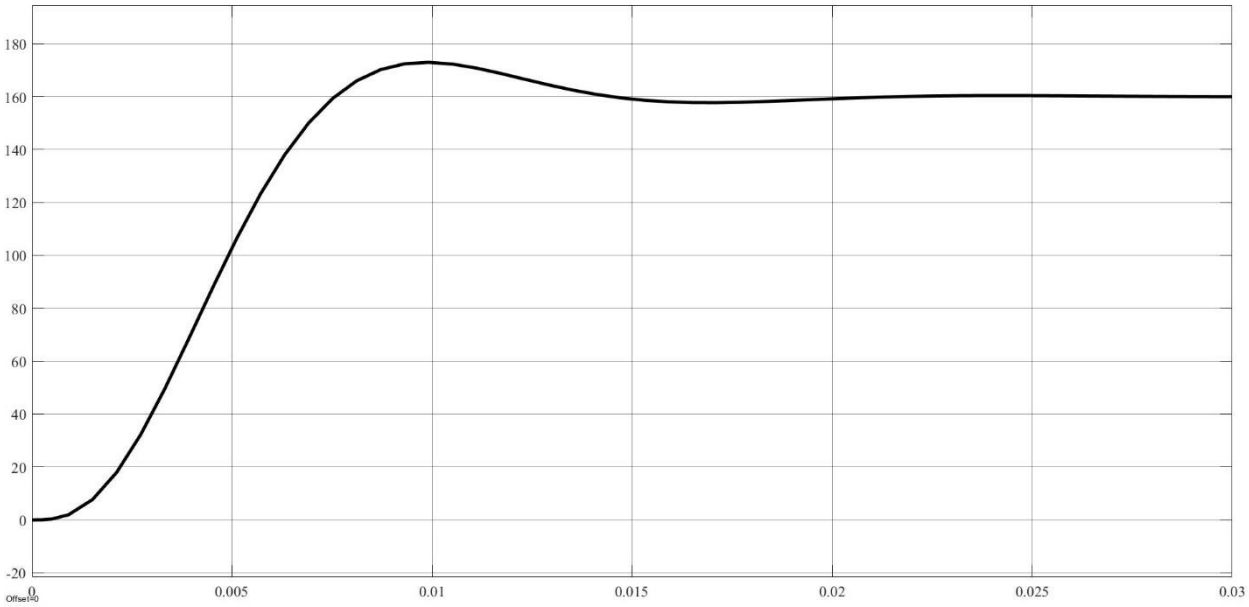


Рис. 2. Переходный процесс в контуре скорости

Вывод

Как видно, в контуре скорости наблюдается перерегулирование равное 8%, время переходного процесса = 12Tμ для заданной точности 5%. Для увеличения быстродействия требуется разработать контур скорости, обладающий астатизмом второго порядка.

Список литературы

1. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Прохоренко Н.Я. Разработка оптимальных по быстродействию диаграмм для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления: монография. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2018. - 125 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОПИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Синельников А.О., Балашов В.О., Королев В.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В настоящее время в нашей стране начинает активно развиваться частное производство. Частные предприниматели производят различную продукцию, которая используется в сельском хозяйстве, автомобилестроении, в искусстве и домоводстве. Новые вызовы времени требуют от производителей обеспечения высокого качества продукции, производства деталей сложной формы, а также выпуска больших партий. Одним из видов оборудования, которое отвечает этим требованиям, являются копировально-фрезерные станки.

Ключевые слова: копировально-фрезерный станок, электродвигатель, преобразователь частоты, система электроснабжения станка.

Описание работы станка

Копировально-фрезерные (КП) станки применяются с целью обработки плоских, а также объемных поверхностей деталей. КП станки могут осуществлять обработку изделий из дерева и металла.

Основной особенностью этих станков является возможность обработки деталей сложной формы, для которой ранее приходилось применять несколько разных станков.

Станок осуществляет копирование по выполненным заранее моделям или по шаблонам.

Разработка предложений по модернизации системы электроснабжения

Объектом модернизации является станок 6441Б. В качестве основного мероприятия по модернизации системы электроснабжения станка предлагается использование для привода шпинделя станка асинхронного двигателя с частотно-регулируемым приводом. Такой привод позволяет автоматически управлять электродвигателем шпинделя, изменяя частоту его вращения, а, следовательно, меняя режимы обработки. То есть регулирование скорости вращения двигателя происходит за счет изменения частоты напряжения питания, который подается на двигатель от преобразователя частоты.

Использование преобразователя частоты позволяет выполнить значительное энергосбережение, что весьма важно при работе нескольких станков в цехе.

Расчет основных параметров модернизируемого электрооборудования.

Выбор электродвигателя зависит от силы резания (фрезерования), с которой производится работа на станке.

Для определения мощности электродвигателя воспользуемся выражением:

$$P_{ДВ} = P_{ЭФ} / \eta$$

где η - КПД для основного движения станка. Оно является вращательным. Принимается равным 0,7…0,85. Для расчетов берем равным 0,7.

Рэф – полезная мощность фрезерования, которая определятся по формуле:

$$P_{эф} = \frac{P_z}{1,25 \cdot \eta_{пр}}$$

где Pz – наибольшее усилие подачи станка, равно 9806,6 Н.

$\eta_{ПР}$ – КПД привода станка. Принимается в диапазоне от 0,8 до 0,85.

$$P_{эф} = \frac{9806,6}{1,25 \cdot 0,85} = 9230 \text{ Вт}$$

$$P_{дв} = \frac{9230}{0,7} = 13185 = 13,18 \text{ кВт}$$

Для использования в качестве электропривода выбираем двигатель АИР160S2.

Выбор элементов станка.

Для выбранного электродвигателя предлагается использование частотного преобразователя отечественного производства в рамках выполнения программы импортозамещения. В качестве ПЧ предлагается использовать векторный ПЧ с обратной связью и управлением моментом EI-9011 производства компании «Веспер».

ПЧ используется для регулирования скорости вращения выбранного асинхронного электродвигателя АИР160S2 с управлением потока и с обратной связью от датчика вращения. Также может быть использован и без нее.

ПЧ имеет полное векторное управление, которое дает возможность напрямую управлять моментом.

На входе ПЧ устанавливается входной RL фильтр. Фильтр выбран того же производителя, что и сам преобразователь частоты. Входной фильтр используется для снижения коэффициента гармоник питающей сети (то есть снижает коэффициент гармоник в 1,1…1,3 раза). Фильтр устанавливают при условии, что мощность сети питания в несколько десятков раз больше номинальной мощности преобразователя. Так как сеть цеха 0,4 кВ питает несколько станков, то ее мощность отвечает указанному выше требованию и требуется установка входного фильтра для ПЧ.

В разработанной схеме подключения электродвигателя необходимо использование выходных фильтров. Они используются с целью сглаживания фронтов и для снижения скачков напряжения. Скачки могут возникнуть на клеммах электродвигателя, который соединен с частотным преобразователем.

Также выходные фильтры предназначены для защиты силовых цепей ПЧ от перегрузок. Они возможны, когда появляются токи КЗ в электродвигателе.

Размещение фильтров предусмотрено между ПЧ и ЭД. Мощность выходного фильтра выбирается по номинальной мощности электродвигателя.

Для нашего случая на выходе ПЧ устанавливаем выходной фильтр марки «Веспер».

Выбранный электродвигатель требует защиты от токов КЗ, а также от токов перегрузки. Для этого используют автоматические выключатели.

Автоматический выключатель представляет собой специализированное устройство, коммутационный аппарат, который отключает электрическую цепь в случае наличия сверхтоков или КЗ, то есть вводит ее в коммутацию. Был выбран автоматический выключатель марки IEK BA88-35 3P 200A.

Моделирование в математическом пакете MATLAB.

На основании полученной системы электропривода была создана модель в математическом пакете MATLAB. Для режима «прямой пуск» получены графические зависимости переходных процессов.

На рисунке 1 приведена имитационная модель электродвигателя АИР160S4.

На рисунках 2 – 3 приведены графики переходных процессов для выбранного электродвигателя без нагрузки в условиях прямого пуска электродвигателя.

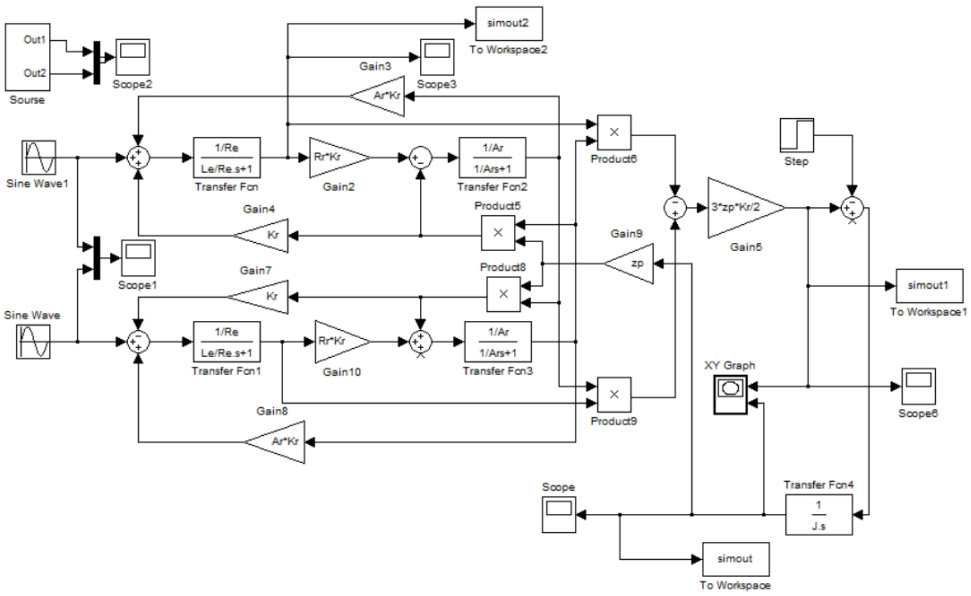


Рисунок 1- Имитационная модель ЭД АИР160S4

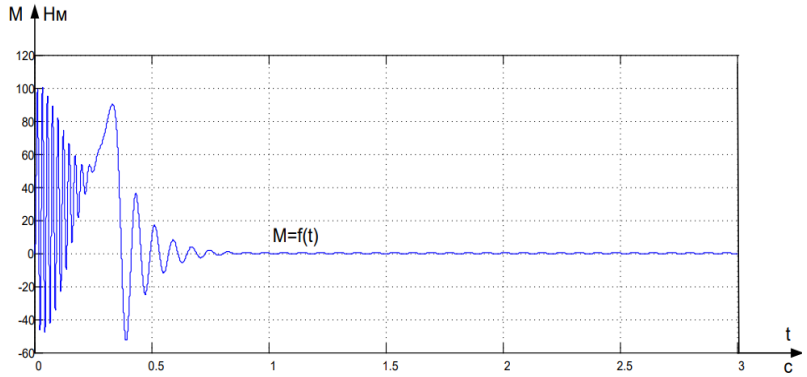


Рисунок 2 – Переходный процесс в условиях прямого пуска ЭД АИР160S4

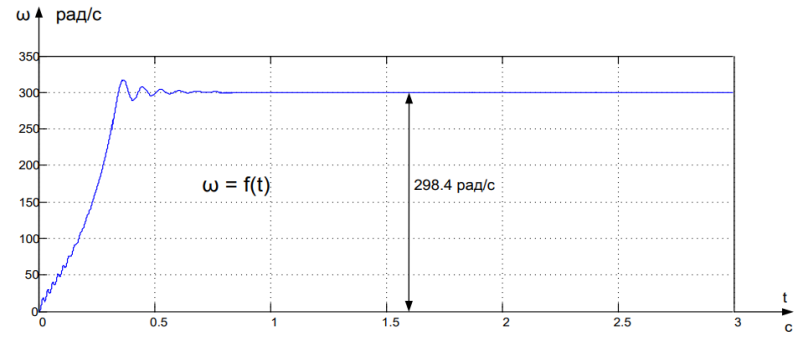


Рисунок 3 – Переходный процесс в условиях прямого пуска ЭД АИР160S4

Основным достоинством ПЧ, в условиях применения его для главного движения станка, является возможность регулирования скорости вращения инструмента за счет изменения частоты вращения электродвигателя.

Кроме того, частотно-регулируемый привод позволяет выполнить: плавное торможение; коррекцию нагрузки на электросеть; стабильность числа оборотов при разных нагрузках; прямое управление моментом электродвигателя в широком диапазоне;

позволяет управлять несколькими электродвигателями одновременно; позволяет работать с электродвигателями, имеющими высокий момент сопротивления; имеет быстрый отклик на любые изменения заданий скорости; имеет быстрый отклик на изменение нагрузки; векторный метод управления относительно скалярного метода имеет большую производительность и точность регулирования, в том числе и при малых оборотах электродвигателя.

Основным недостатком ПЧ является их высокая стоимость. Однако, в настоящее время в связи с насыщением рынка, этот недостаток может быть ликвидирован.

Еще одним недостатком является применимость ПЧ не для всех электродвигателей. Старые модели не поддерживают работу с современными моделями преобразователей частоты.

Недостатком ПЧ являются и сложность их настройки и подключения. Для установки и подключения требуются специалисты с соответствующей квалификацией.

Недостатком векторного управления с обратной связью, которым обладает выбранный ПЧ, является необходимость задания параметров ЭД, а также высокие колебания скорости по постоянной нагрузке и высокая вычислительная скорость.

Список литературы

1 Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2015. - 48 с.
2. Vitalii V. Korolev, Maksim A. Loginov, Yulia A. Gapchenko «Lathe control automation» / 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2020 ElConRus), 27-30 января 2020г. pp.693-695.
3. В.В.Королев, Р.Е.Петров Модернизация токарно-винторезного станка // Вестник НГИЭИ, 2015, №12 (55), с.42-47.
4. В.В.Королев, В.В.Королев Использование RFID меток для построения гибких производственных си-стем в машиностроении // Инновационная наука, 2015, №4, с.30-31.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ВЕТРОКОЛЕСА

Чепига А.А., Корытченкова Е.Е.

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

Аннотация. Рассмотрены вопросы регулирования мощности ветрогенератора. Показаны нелинейные особенности объекта регулирования, разработаны принципы создания адаптивного цифрового регулятора, который способен учитывать нелинейные аэродинамические особенности объекта.

Ключевые слова: ветрогнератор, нейросеть, активная мощность, адаптивный цифровой регулятор, контур регулирования поворота лопасти, коэффициент мощности, быстроходность.

Введение

С возрастанием в энергетике доли возобновляемых источников важное значение приобретает качество энергии, которую они поставляют в сеть. Эта проблема особенно актуальна для ветровых генераторов, поскольку скорость ветрового потока является очень нестабильной величиной, а следовательно, при отсутствии качественного регулирования, нестабильной будет и выходная мощность ветрогенератора.

Данная статья посвящается вопросам регулирования выходной мощности ветрогенератора при помощи механизма поворота лопасти. Целью работы является создание циф-

рового регулятора, способного обеспечить стабилизацию выходной мощности и эффективную работу с нелинейным объектом регулирования.

Для объяснения процесса регулирования приведем здесь формулу мощности, которую ветровой поток отдает ветроколесу [1]:

$$P = 0.49 \cdot c_p(\lambda, \delta) \cdot D^2 \cdot V_w^3 \tag{1}$$

где V_w – скорость ветра, D – диаметр ветроколеса, c_p – коэффициент мощности ветроколеса, который зависит от быстроходности λ и установочного угла δ между плоскостью вращения ветроколеса и хордой крыла.

Для упрощения предположим, что мы имеем дело с ветрогенератором, у которого угловая скорость вращения ω постоянна. Из формулы (1) видно, что скорость ветра является фактором, который существенно влияет на мощность. Достаточно сказать, что изменение скорости ветра на 10 процентов приводит к тридцатипроцентному увеличению мощности. В этом случае единственным фактором, при помощи которого можно стабилизировать мощность, остается c_p – коэффициент мощности ветроколеса, т. е. при увеличении скорости ветра этот коэффициент должен быть снижен, а при уменьшении скорости ветра повышен. Изменение коэффициента c_p возможно за счет изменения угла поворота лопасти δ. Такой метод регулирования мощности носит название pitch-регулирование. Необходимо отметить, что зависимость коэффициента c_p от быстроходности λ и установочного угла δ носит, в следствии аэродинамических особенностей ветроколеса, очень нелинейный характер.

Методика синтеза цифрового регулятора коэффициента мощности

Исходя из всего вышесказанного, можно сформировать контур регулирования мощности для ветрового генератора. Он состоит из следующих основных элементов: цифрового регулятора параметра c_p с передаточной функцией $Rc_p(z)$, контура регулирования угла поворота лопасти δ, и математической модели ветроколеса, в которую заложена нелинейная зависимость $c_p=f(\lambda;\delta)$. Для определения необходимой передаточной функции цифрового регулятора параметра c_p определим передаточную функцию замкнутого контура регулирования угла поворота лопасти в непрерывном виде. Эта функция отражена в формуле (2):

$$W_\delta(p) = \frac{1}{4 \cdot T_w^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_w \cdot p + 1} \tag{2}$$

где T_w – постоянная времени контура скорости механизма поворота лопасти.

Объединим данную передаточную функцию с передаточной функцией экстраполятора и выполним Z-преобразование. Однако, необходимо помнить, что за контуром угла поворота лопасти стоит нелинейный коэффициент, который соответствует нелинейной зависимости между углом поворота лопасти и коэффициентом мощности c_p. Тогда коэффициенты полученного числителя полинома после умножения на нелинейный коэффициент тоже станут нелинейными, и, для того чтобы указать на их нелинейный характер, введем обозначения со звездочками a^* и g^*. Тогда передаточная функция примет вид:

$$W^*_{общ}(z) = \frac{a^* \cdot z^{-1} + g^* \cdot z^{-2}}{1 + b \cdot z^{-1} + c \cdot z^{-2}} \tag{3}$$

Теперь можно найти передаточную функцию регулятора $Rc_p(z)$, используя принцип желаемой передаточной функции для всего контура регулирования c_p:

$$Rc_p(z) = \frac{W^*_{общ}(z)}{W_{ж}(z)} \tag{4}$$

где $W_{ж}(z)$ – желаемая передаточная функция контура регулирования c_p.

В качестве $W_{ж}(z)$ выберем передаточную функцию, соответствующую апериодическому процессу:

$$W_{ж}(z) = \frac{(1-d)\cdot z^{-1}}{1-d\cdot z^{-1}} \tag{5}$$

где $d=\exp(-T_0/T_{ж})$, T_o – период дискретности в системе, $T_{ж}$ – желаемая постоянная времени апериодического процесса.

После преобразований получим передаточную функцию регулятора, зависящую от параметров объекта регулирования:

$$Rc_p(z) = \frac{\frac{1-d}{a^*}(1+b\cdot z^{-1}+c\cdot z^{-2})}{1+(\frac{g^*}{a^*}-1)\cdot z^{-1}-\frac{g^*}{a^*}\cdot z^{-2}} \tag{6}$$

Из формулы (5) видно, что в знаменателе полинома коэффициент g^* делится на коэффициент a^*, поэтому содержащиеся в них нелинейности компенсируются, но в числителе полинома присутствует нелинейный коэффициент a^*, который необходимо учитывать. Этот коэффициент можно представить как произведение:

$$a^* = a\cdot n \tag{7}$$

где n - нелинейный коэффициент, соответствующий модели ветроколеса.

Поскольку коэффициент a является известным параметром объекта регулирования, остается определить нелинейный коэффициент n.

Необходимо отметить, что нелинейная зависимость между коэффициентом c_p, углом поворота лопасти δ и быстроходностью λ не может быть описана какой-либо функцией из-за своей сложности, поэтому для моделирования этой зависимости целесообразно применить нейросеть, которая имеет два входных параметра: быстроходность λ и угол поворота лопасти δ, и один выходной параметр c_p. Для этого была использована нейросеть типа многослойного перцептрона с тремя слоями. Первый слой – пять нейронов с функцией тангенс гиперболический, второй слой – три нейрона с такой же функцией и третий слой – один нейрон с линейной функцией. Исходя из этого можно сказать, что в течение периода дискретности среднее значение нелинейного коэффициента n равняется:

$$n = \frac{\Delta c_p}{\Delta\delta} \tag{8}$$

Этот метод можно назвать методом мгновенной линеаризациии кривой в течение одного периода дискретности. Однако, для решения этой задачи требуется знать, какой установочный угол δ соответствует тому или иному коэффициенту c_p. Это возможно, если в распоряжении системы регулирования будет зависимость $\delta=f(\lambda,c_p)$. Эту зависимость нельзя описать при помощи кокой-либо функции, поэтому в этом случае целесообразно снова применить нейросеть. Для этого была использована нейросеть типа многослойного перцептрона с тремя слоями. Первый слой – десять нейронов с функцией тангенс гиперболический, второй слой – пять нейронов с такой же функцией и третий слой – один нейрон с линейной функцией. Эту нейросеть можно назвать инверсной, т.к. здесь коэффициент c_p является входным данным, а установочный угол δ – выходным.

При помощи этой нейросети становится возможным определение нелинейного коэффициента a^* в передаточной функции объекта регулирования и коррекция в соответствии с этим коэффициентов в числителе передаточной функции цифрового регулятора. Этот процесс можно назвать адаптацией регулятора к объекту регулирования.

Структура системы регулирования мощности с адаптивным регулятором представлена на рисунке 1.

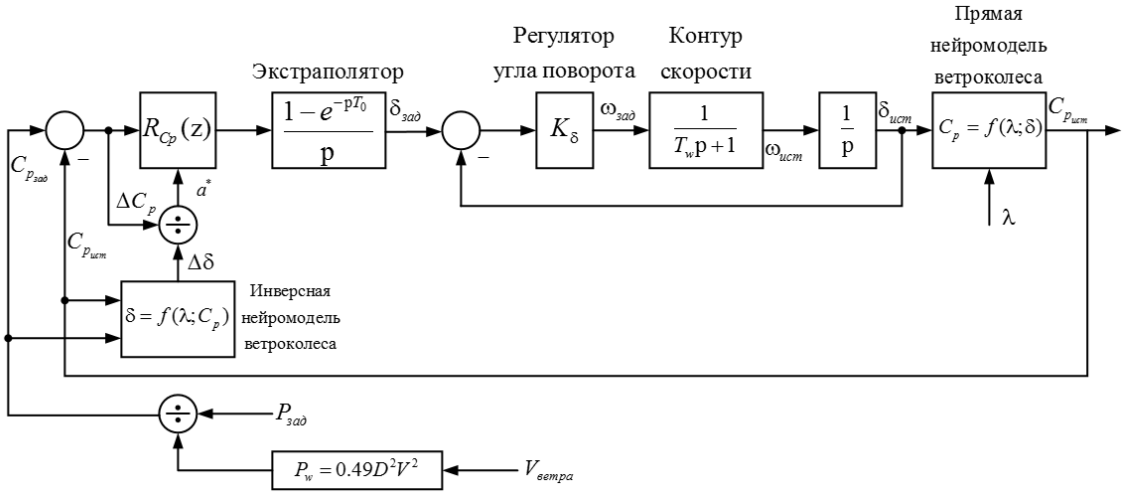


Рис. 1. Структура системы регулирования мощности с адаптивным регулятором

Результаты моделирования

Результаты моделирования процесса стабилизации мощности генератора при колебаниях скорости ветра в программном пакете MATLAB продемонстрированы на рисунке 2.

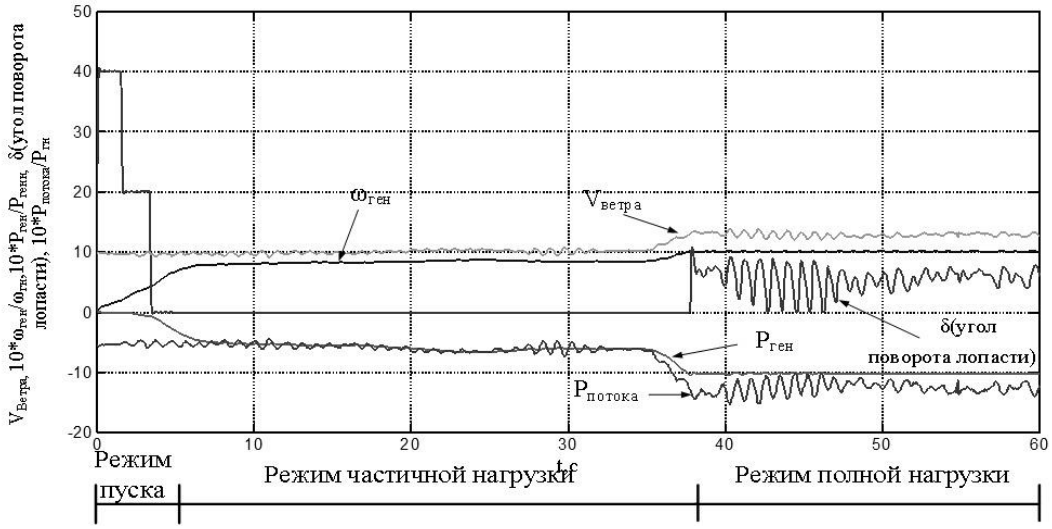


Рис. 2. Поведение ветрогенераторной установки в основных режимах работы (активная мощность генератора $P_{ген}$, мощность ветрового потока $P_{потока}$, скорость вращения генератора $\omega_{ген}$, скорость ветра $V_в$, угол поворота лопасти δ)

На данном графике видно, что в режиме частичной нагрузки мощность генератора по среднему значению ($P_{ген}$) пытается повторить поведение мощности ветрового потока

($P_{потока}$), при этом ветроколесо работает с максимальным расчетным коэффициентом мощности. В режиме полной нагрузки, то есть после достижения скорости вращения генератора своего номинального значения, активная мощность генератора становится меньше, чем мощность ветрового потока, включается контур регулирования поворота лопасти, и значения мощности и скорости генератора ограничиваются на уровне номинала, что выполняется благодаря регулированию угла поворота лопасти δ, который в режиме частичной нагрузке был равным нулю.

Выводы

Использование адаптивного цифрового регулятора коэффициента мощности c_p позволяет снизить уровень колебаний активной мощности генератора, обусловленных в большей степени эффектом затенения башни, примерно на порядок по сравнению с концепцией прямого подключения синхронного генератора к сети, что, безусловно, положительно сказывается на качестве сетевого напряжения с точки зрения соответствия его международным требованиям.

Список литературы

1. C. Lumbreras, J. M. Guerrero, D. Fernandez, D. Diaz, C. Gonzalez, F. Briz, “Analysis and Control of the Inductorless Boost Rectifier for Small Power Wind Energy Converters,” IEEE Transactions on Industry Applications,vol. 55, pp. 689 – 700, Jan.-Feb. 2019.
2. A. Lebioda, K. Rudion, A. Orths, Z. Styczynski, “Investigation of disposable reserve power in a large-scale wind farm,” 2005 IEEE Russia Power Tech, 27-30 June 2005.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАКУУМНОГО СТЕНДА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛЬТИМЕТРОВ

Червоная В., Лилло А.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Работа посвящена изучению возможных способов автоматизации вакуумного стенда, который предназначен для тестирования приборов, измеряющих высоту – альтиметров. В процессе работы были разобраны пневматическая, электрическая принципиальная схема стенда и электрическая схема платы, проведены монтажные работы с печатной платой, содержащей оптимальные электронные компоненты исходя из их параметров, указанных в технической документации. Для получения собственного программного обеспечения были составлены отдельные блоки кода, для управления частями испытательного стенда.

Ключевые слова: вакуумный стенд, давление, печатная плата, пневматическая схема.

Введение

В качестве темы доклада выбран вопрос доработки вакуумного стенда и разработки программного обеспечения для микроконтроллера (МК) семейства AVR, с помощью которого будет осуществляться его работа. Данный вакуумный стенд используется для тестирования альтиметров – приборов, измеряющих высоту. Актуальность темы подтверждается необходимостью автоматизации работы стенда и реализации различных режимов изменения давления.

Описание вакуумного стенда

Вакуумная установка содержит в себе рабочую камеру, в которой давление должно меняться по заданному закону. Важным элементом является мембранный компрессор с двига-

телем постоянного тока, который необходим для создания разряжения и избыточного давления в сосуде (камере). Сжатие воздуха в таком компрессоре происходит с помощью гибкой мембраны, которая совершает возвратно-поступательные движения. Мембрана обычно приводится в движение штоком, закрепленным на коленчатом валу. Трехходовые клапаны используются для переключения режимов «вакуум» – «избыточное давление», а также для многоуровневого дискретного дросселирования во время работы компрессора с целью расширения диапазона регулирования. Внешний вид используемого стенда представлен на рисунке 1.

Автоматизация работы стенда

Для автоматизации работы стенда необходимо добавить в систему обратную связь, которая будет осуществлена с помощью цифрового датчика давления LPS25H, его планируется установить внутри рабочей камеры. Этот датчик включает в себя монолитный чувствительный элемент и цифровую часть, которая позволяет настраивать, обрабатывать и получать цифровой сигнал. Чувствительный элемент состоит из мембраны, реализованной на кремниевой подложке, он измеряет абсолютное давление. В случае сверхдавления, поломка мембраны предотвращается при помощи встроенного стопорного механизма.

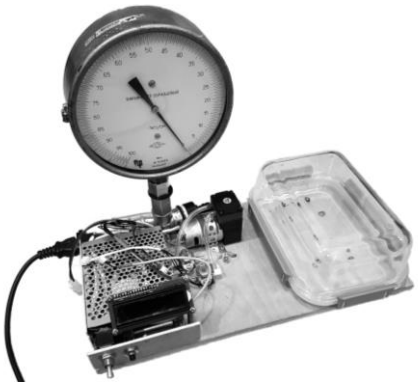
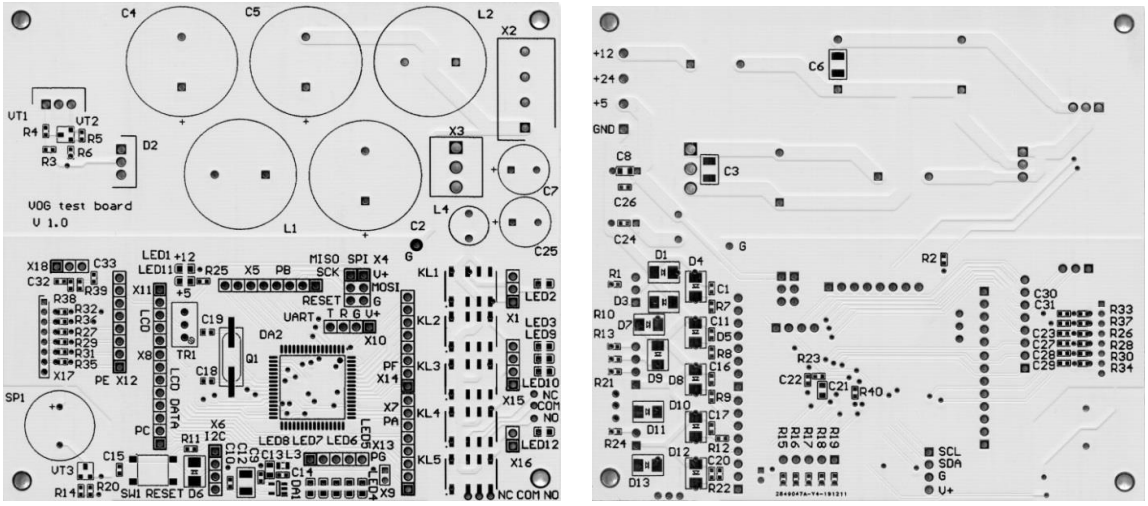


Рис. 1. Испытательный стенд без системы управления



а. *б.*

Рис. 2. Верхний (а) и нижний (б) слои печатной платы

Для удобства расположения электрических компонентов, необходимых для корректной работы микроконтроллера, упрощения сборки электрической части установки и, в це-

лом, для компактности стенда, была разработана печатная плата. С целью уменьшения размеров платы, она была выполнена с двусторонним монтажом компонентов. Питание цифровой части платы и электромагнитных клапанов осуществляется от напряжения +5 В. Питание компрессора и схемы управления им осуществляется от напряжения +12 В. Готовая печатная плата представлена на рисунке 2.

При монтажных работах были выявлены ошибки, допущенные при разводке платы. Были предприняты меры по их устранению и проведены диагностика платы и контроль монтажа. Печатная плата после выполнения монтажных работ представлена на рисунке 3.

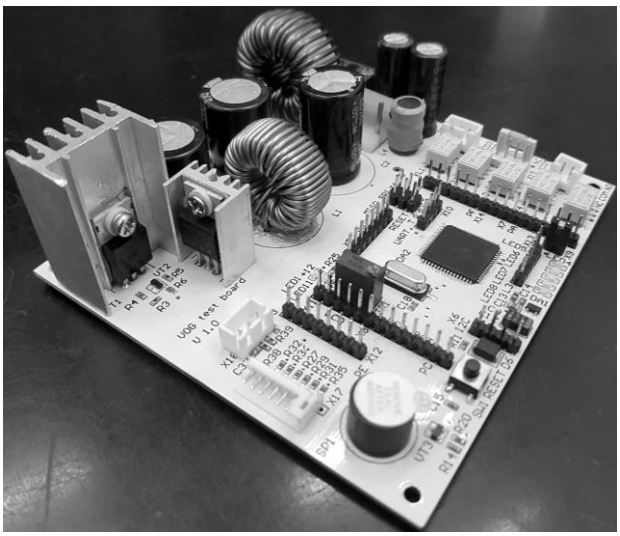


Рис. 3. Внешний вид печатной платы после монтажа компонентов

Для более детального понимания физики работы стенда были изучены пневматическая схема стенда и принципиальная электрическая схема платы. Принципиальная электрическая схема платы была перечерчена в соответствии с требованиями ГОСТ. Пневматическая схема стенда представлена на рисунке 4.

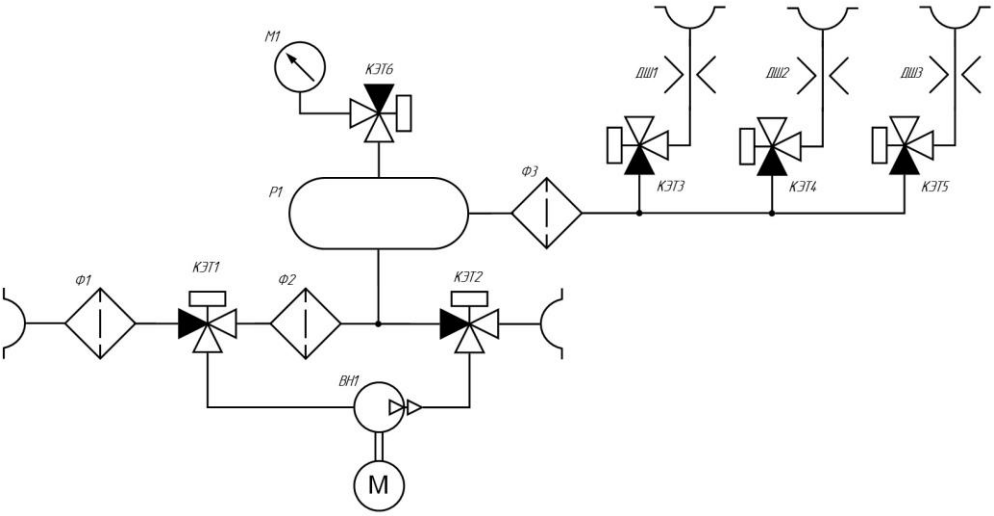


Рис. 4. Пневматическая схема в смешанном режиме

На схеме используются следующие обозначения: *Ф1-Ф3* – фильтры, *КЭТ1-КЭТ6* – электромагнитные трёхходовые клапана, *ВН1* – вакуумный насос, *Р1* – ресивер (рабочая камера), *М1* – манометр (вакуумметр), *ДШ1-ДШ3* – дроссельные шайбы.

Подпрограмма для реализации прерывания от кнопки и включение пьезоизлучателя, а также мигания светодиодов, написана в среде программирования CodeVisionAVR:

```
void main(void)
{
   unsigned char j;
   DDRD = (1 << 4 );
   DDRG = 0xFF;
   EIMSK = (1 << INT0); //локальное разрешение внешних прерываний на выводе INT0
   EICRA = (1 << ISC01); //настройка формы на падающий срез сигнала
   #asm("sei"); //глобальное разрешение прерываний
   while (1)
      {
      for(j = 0; j<=4; j++)
       { // моргание по очереди («падение») светодиодов, подключенных к порту G
        PORTG |= (1 << j); //включение светодиода
        delay_ms(500); //задержка на 0,5 секунд
        PORTG &= ~(1 << j); //выключение светодиода
       }
   }
}
interrupt [EXT_INT0] void prer(void)
{
/* Это функция-обработчик прерывания. [EXT_INT0] – вектор прерывания. */
                for(i=0;i<10;i++)
      {
            PORTD |=(1 << 4);//логическая единица
            delay_us(12500);//пауза в половину периода
            PORTD &=~ (1 << 4);//логический ноль
            delay_us(12500);//пауза в половину периода
       }
}
```

Проверка и отладка кода выполняются в программе Proteus, которая позволяет моделировать работу МК.

Заключение

На основании изученной информации планируется составление общего кода для управления вакуумным стендом, проведение испытаний с разработанным ПО, а также усовершенствование самого стенда.

Список литературы

1. Лилло А. В., Стоцкая А. Д. Разработка автоматизированного вакуумного стенда для тестирования альтиметров // «Вакуумная техника и технологии – 2019»
2. Группа «ЕвроТехоборуд». Вакуумные установки: что это такое, где применяется, разновидности и популярные производители. [Электронный ресурс] URL: http://eziactionpumps.ru/vakuumnye-ustanovki/ (дата обращения: 14.04.2021).
3. АО «КОМПЭЛ». LPS25H — новый МЭМС датчик давления от STMicroelectronics. [Электронный ресурс] URL: https://www.compel.ru/lib/58169 (дата обращения: 15.04.2021).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ПРЕДМЕТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ПОТОКА ВОЗДУХА

Шевченко А. , Лилло А.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Работа посвящена исследованию характеристик разработанной установки по левитации предметов с помощью потока воздуха, главной особенностью которой является программируемая система управления. В процессе работы описывается применение системы управления, состоящей из компонентов, необходимых для корректной и устойчивой работы установки, также определяются основные характеристики установки.

Ключевые слова: аэродинамическая левитация, система управления положением предметов, бесколлекторный двигатель, ультразвуковой датчик расстояния, электронный регулятор скорости

Введение

Для темы доклада выбран вопрос реализации управления положением предметов с помощью потока воздуха. Актуальность темы подтверждается перспективностью дальнейшего развития и совершенствования применяемой технологии, а также широкой областью применения установки.

Управление положением предмета в пространстве реализуется с помощью аэродинамической левитации. Данный вид левитации отличается относительно высокой грузоподъемностью (в сравнении с оптической и акустической левитацией) и за счет использования давления газов, в частности воздуха, является менее дорогостоящим видом и прост в реализации. При осуществлении данного метода объект левитирует за счет восходящих потоков воздуха, которые уравновешивают силу тяжести.

В рамках работы были изучены теория и принцип действия подобных установок.

Описание установки

На основании полученной информации была разработана следующая система управления положением предметов.

В данной системе применяется бесколлекторный двигатель постоянного тока с крыльчаткой и воздуховод в виде алюминиевой трубы. Питание электродвигателя осуществляется за счет двух аккумуляторных батарей, соединенных последовательно. Собранная установка представлена на рис.1.

Разработка системы управления

Для обеспечения устойчивой работы установки, контроля параметров и поддержания заданных характеристик в ней применяется система управления, состоящая из:

- Ультразвукового датчика расстояния,
- Электронного регулятора скорости (ESC),
- Отладочной платы с микроконтроллером.

Ультразвуковой датчик расстояния применяется для регулирования расстояния от сопла установки до парящего в воздухе предмета. Датчик излучает ультразвуковые колебания, которые, отражаясь от объекта, возвращаются в приемник, что позволяет определить расстояние до объекта путём измерения времени между излучёнными и отражёнными колебаниями. Датчик крепится внутри алюминиевой трубы, что позволяет более точно определять расстояние до объекта.

Рис. 1. Установка без системы управления.

Электронный регулятор скорости необходим для передачи энергии от аккумулятора к бесколлекторному мотору, так как на бесколлекторный мотор необходимо подавать трехфазный переменный ток, в то время как аккумулятор выдает постоянный ток. На рис.2. представлена схема подключения регулятора скорости.

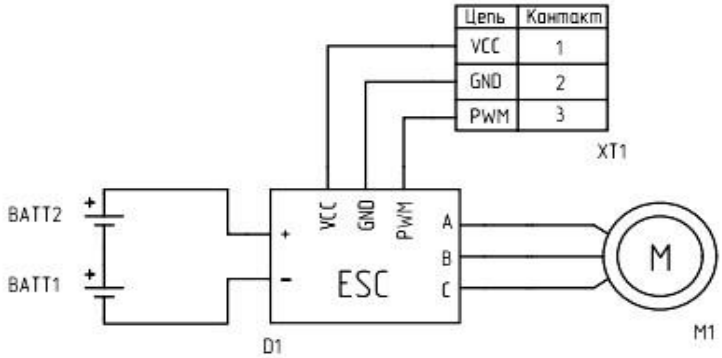


Рис. 2. Схема подключения электронного регулятора скорости.

Плата с микроконтроллером реализует требуемый закон управления на основе сигнала датчика и генерации ШИМ-сигнала, подаваемого на электронный регулятор скорости. Для тестирования системы на начальном этапе вместо микроконтроллера используется ШИМмодулятор, он является тестовым модулем, задающим ШИМ-сигнал в ручном режиме. После проверки работоспособности системы этот модуль заменяется платой с микроконтроллером.

Для более наглядного представления работы системы управления была составлена структурно-функциональная схема. Данная структурно-функциональная схема представлена на рис. 3.

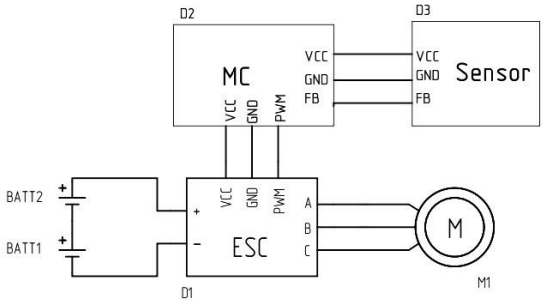


Рис. 3. Структурно-функциональная схема установки с системой управления.

Снятие характеристик установки

Для более четкого представления о работе установки были проведены следующие исследования:

- зависимость частоты вращения двигателя от тока;
- скорость вращения двигателя от частоты двумя способами;
- скорость вращения двигателя и скорости потока воздуха от тока питания.

Данные характеристики исследовались с целью получения информации о возможностях установки, а также для определения параметров установки и учета их при построении системы управления.

Путем изменения ШИМ-сигнала, были сняты следующие показания: ток питания изменяется I= [0...100]A; напряжение питания постоянно и составляет 30В. Максимальная скорость вращения двигателя составляет 35000 об/мин или 583об/с. На рис. 4 представлен график зависимости скорости вращения двигателя (об/с) от тока питания (А).

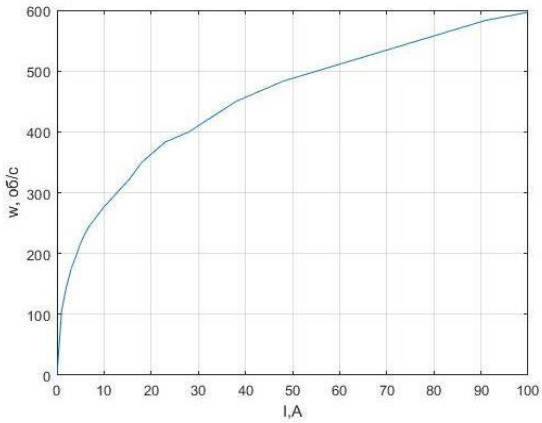


Рис. 4. График зависимости скорости вращения двигателя от тока питания.

Как видно из графика, с увеличением тока питания частота вращения двигателя увеличивается по кривой. Так как напряжение постоянно, то мощность прямо пропорциональна току P=U*I=M*V. Таким образом, можно говорить, что и момент сопротив-

ления увеличивается с увеличением скорости. Данный график представляет собой вентиляторную характеристику.

При исследовании звукового спектра двигателя было выявлено , что частота вращения двигателя имеет в нём соответствующую гармонику, что позволило производить измерения частоты вращения на основе этого спектра. Для наглядности эксперимента на рис.5. приведены графики частоты вращения.

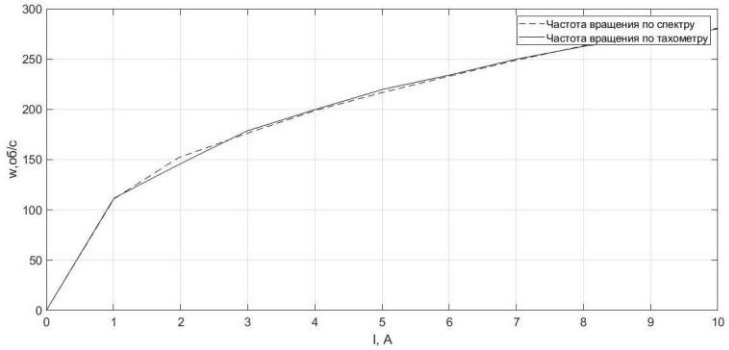


Рис. 5. График зависимости скорости вращения двигателя от частоты.

Из рис.5. видно, что измерение частоты вращения по звуковому спектру и измерение частоты вращения с помощью лазерного тахометра практически совпадают, отличия обусловлены, прежде всего, наличием приборных погрешностей и неидеальными условиями эксперимента.

Также была исследована зависимость скорости вращения двигателя, скорости потока воздуха от тока питания. Данная характеристика представлена на рис.

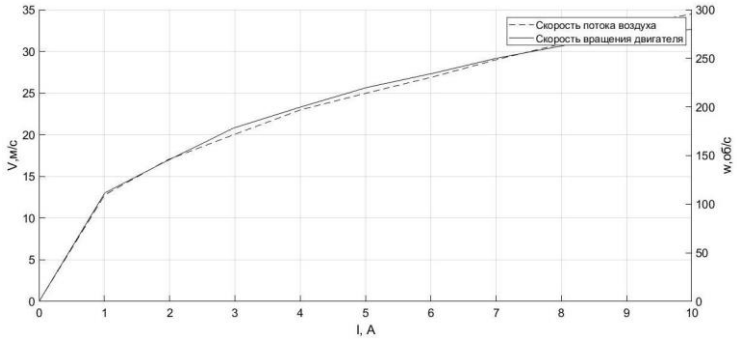


Рис. 6. График зависимости скорости вращения двигателя и скорости потока воздуха от тока питания.

Заключение

На основе изученной информации планируется разработка программного обеспечения системы, а также дальнейшее изучение возможностей установки: изменение диаметра сопла, построение зависимостей по току, напряжению, мощности и скорости. Для усовершенствования установки можно заменить ультразвуковой датчик на лазерный и предпринять дополнительные меры по обеспечению равномерности потока.

Список литературы

1. В. Уразаев. Техническая левитация: обзор методов // Технологии в электронной промышленности, 2007, № 6, С. 10-17.
2. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник // Ультразвуковые датчики, 2005, с.251.
3. Н.Я. Фабрикант. Аэродинамика. Общий курс, 1962.

ИННОВАТИКА

СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА»

Баннова К.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье раскрывается понятие и сущность цифровой экономики. Анализ рассматриваемого понятия основан на различных подходах к определению данного термина. Рассмотрено влияние цифровой экономики на сферы жизни общества, приведены достоинства и недостатки применения цифровых методов в экономике, а также успехи и перспективы их использования в условиях российской экономики и промышленности.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровизация, трансформация, информационно-коммуникационные технологии, облачные технологии, большие данные

Введение. В настоящее время цифровая трансформация является одним из основных трендов мировой экономики. Кроме того, идет быстрый процесс модернизации финансового сектора и сферы обслуживания. Таким образом, актуальность выбранной темы обусловлена тем, что практически все отрасли неизбежно вовлечены в глобальный процесс цифровизации. В связи с тем, что Россия находится на раннем этапе создания экономики будущего, термин «цифровая экономика» может быть не до конца понятен. Кратко данный термин можно охарактеризовать как экономика, основанная на цифровых технологиях. Для полного же понимания термина необходимо рассмотреть разные подходы к определению данного понятия.

Историческая справка. В истории появления понятия «цифровая экономика» можно встретить упоминания о нескольких личностях, однако точно сказать: кто же из них был «отцом цифровой экономики» – не представляется возможным.

Считается, что впервые термин «цифровая экономика» был употреблён в 1995 году американским учёным Массачусетского университета Николасом Негропонте[1]. Он описал данное понятие в своей книге «Быть цифровым»(оригинальное название – Being Digital) для различения возможностей новой экономики в сравнение со старой, так как в тот период началось активное развитие в области информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ). Вместе с этим он спрогнозировал формирование цифровой экономики и слияния интерактивного, информационного и мира развлечений в единую сеть, описал процесс последующей цифровизации жизни человека и хозяйственной деятельности. В это же время канадский предприниматель и исполнительный директор компании Tapscott Group – Дон Тэпскотт в своей книге «Электронно-цифровое общество: Плюсы и минусы эпохи сетевого интеллекта» (1995 г.) определил цифровую экономику как, экономику, базирующуюся на использовании информационных компьютерных технологий[2].

Понятие и сущность цифровой экономики. Существует огромное количество подходов к определению цифровой экономики. В связи с отсутствием целостного представления о сути данного понятия, становится необходимым – проанализировать существующие подходы к его трактовке. В международном понимании цифровая

экономика – сетевое, системно-организованное объединение взаимоотношений между хозяйствующими субъектами. Она включает в себя новейшие технологии и продукты, телекоммуникационные услуги и электронную коммерцию. Это определение носит общий характер, однако различные компании и корпорации подходят к определению данного термина более тщательно и конкретно. Всемирный банк трактует цифровую экономику как систему экономических, социальных и культурных отношений, основанных на применении цифровых ИКТ. В документе «G20 Программа по развитию и сотрудничеству в сфере цифровой экономики» цифровая экономика определена как широкий диапазон видов экономической активности, таких как использование оцифрованной информации и знаний в качестве ключевого фактора производства, эффективное использование ИКТ в качестве важного фактора экономического роста и оптимизации экономической структуры[3].

В российской среде исследования по теме цифровой экономики начали набирать популярность относительно недавно (примерно с 2014 года). В своих исследованиях отечественные ученые, как правило, дают описание отдельных случаев внедрения ИКТ в различных отраслях. Например, Р. Мещеряков, д.т.н., профессор РАН определяет цифровую экономику, как электронную коммерцию, подразумевающую использование цифровых технологий в производстве[4].

По указу Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» цифровая экономика определяется как «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства»[5]. Согласно данной стратегии особое место занимают предприниматели, так как именно они должны активно участвовать в реализации данного проекта. В этой связи, можно рассмотреть определения цифровой экономики представителей российской бизнес-среды. Так генеральный директор ГК Angara С. Шерстобитов трактует данный термин как концепцию экономических отношений, основанных на использовании ИКТ, а **руководитель департамента корпоративных продаж компании «Системный софт» А. Баталов определяет экономику как совокупность инструментов оптимизации рабочего процесса посредством программно-аппаратных решений[6].**

Таким образом, проанализировав приведенные выше определения, необходимо сказать, что есть два понимания цифрой экономики. В узком смысле – разновидность коммерческой деятельности(электронная торговля, деньги и банкинг, онлайн услуги). В широком смысле – трансформация всего социума, вызванная активным внедрением ИКТ в каждую сферу человеческой деятельности.

Основные элементы и компетенции. В ходе анализа понятия цифровой экономики необходимо также рассмотреть её основные черты и элементы для полного понимания данного термина. К основным элементам цифровой экономики относят: использование цифровых технологий; применение всех видов экономической активности, не ограничиваясь лишь цифровым сектором (возможность обслуживания клиентов по совершению финансовых операций как в отделении банка, так и на официальном сайте банка); наличие платформы для осуществления экономической деятельности – новый вид деятельности (платформенные компании Google и Facebook; компании, продающие реальные товары Amazon, eBay; компании, находящиеся на стыке традиционной и

цифровой экономики Uber и Airbnb); в основе бизнес-модели компаний цифровые продукты и услуги.

Также важно сказать, что цифровая экономика находится в рамках трёх сфер: информационных технологий (инфраструктурный базис цифровой экономики); менеджмента (управление процессами, людьми, компаниями); экономики (формирование новых бизнес-моделей).

Преимущества и недостатки. Цифровая экономика, как и любые другие отрасли экономики имеет как преимущества, так и недостатки (таблица 1).

Таблица 1

Преимущества	Недостатки
Потребитель может быстрее получать необходимые ему услуги, экономить, покупая товары в интернет-магазинах по низком ценам	Риск киберугроз, связанный с проблемой защиты персональных данных(частично проблема может быть решена внедрением цифровой грамотности)
Потребитель может начать свое дело онлайн, стать предпринимателем, не выходя из дома	«Цифровое рабство» (использование данных о миллионах людей для управления их поведением)
Рост производительности труда	Рост безработицы на рынке труда (банковская система). Причина: электронные кассы и боты, обслуживающие клиентов.
Повышение конкурентоспособности компаний и снижение издержек производства	«Цифровой разрыв» (разрыв в цифровом образовании, в условиях доступа к цифровым услугам)

Составлено на основании данных[7]

Технологии, формирующие цифровую экономику. Практически весь пласт современных ИКТ имеет отношение к цифровой экономики. Рассмотрим лишь некоторые из них, которые носят наиболее важный характер для цифровой экономики.

Облачные вычисления (Cloud Computing) – это информационно-технологическая концепция, подразумевающая обеспечение повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему объёму конфигурируемых вычислительных ресурсов. *Интернет вещей(IoT)* – концепция, подразумевающая оснащенность датчиками и подключение к интернету всех приборов и вещей, что позволяет реализовать удаленный мониторинг. *Когнитивные технологии* – технологии, следящие за работой мозга и пытающиеся «понять» человека. Сегодня когнитивная система Watson(IBM) позволяет вести диалоги с пользователями в автоматическом режиме на сайте компании USAA (финансовые услуги военным)[7]. Также важное значение носят *большие данные*, а именно их обработка и *blockchain*(распределенный реестр, цепочка блоков транзакций).

Развитие цифровой экономики в России. В современной экономике компании, применяющие цифровые технологии обеспечивают экономику цифровым ресурсом. Если в начале прошлого века движущими силами мировой экономики были крупные компании тяжелой промышленности, то в настоящее время – это представители сектора цифровой экономики (таблица 2). Подтверждением значимости цифровой экономики является ежегодное увеличение её доли в ВВП в мире почти на 18%. Её доля в совокупном ВВП России составляет 3,9% что в 2-3 раза ниже, чем в США, Китае, странах ЕС и Бразилии[8].

По состоянию на 2020 г. Россия находится на 38 месте в рейтинге стран по уровню цифровизации[8]. Несмотря на то, что цифровая экономика находится на ранней стадии развития в России, в данной сфере уже есть успехи. Электроэнергетика – одна из важнейших отраслей применения новых технологий. По данным «Россетей» (оператор

энергетических сетей в России и одна из крупнейших электросетевых компаний в мире), средний размер потерь электричества при передаче составляет 9,2%[9]. Для решения данной проблемы они активно с 2014 г. внедряют Smart Grid (объединение производителей, потребителей и сетей в единую автоматизированную систему). Итогом реализации пилотного проекта в Калининградской области стало сокращение в 5 раз времени восстановления энергоснабжения после аварии, а также в 2-3 раза число отключений[9].

В последнее время многие сырьевые компании развивают «цифровые месторождения».

Таблица 2

Компания	Сфера деятельности	Рыночная капитализация 2017 г., млрд. долл. США
Apple	Электроника, IT	618
Alphabet(Google)	Интернет-сервисы, приложения	532
Microsoft	Программное обеспечение	483
Berkshire Hathaway	Страхование, финансы, ж/д-транспорт	402
Exxon Mobil	Добыча и переработка нефти	347
Johnson & Johnson	Фармацевтическая промышленность	313
JPMorgan Chase	Банковское дело	309

Составлено на основании данных[10]

Данная концепция базируется на возможности современных компьютеров оперировать большими данными, а также выполнять обмен информацией на больших расстояниях. С 2012 г. «Газпром нефть» выполняет программу «Электронная разработка активов». По ее расчетам цифровые технологии позволяют увеличить срок службы оборудования на 15% и уменьшить на 12% расходы. Специалистами Научно-технического центра «Газпром нефти» создана информационная система GeoMate, собирающая и обрабатывающая геологическую информацию обо всех месторождениях и контролирующая 80% всех операций по анализу информации[11]. Таким образом, бурное развитие киберфизических систем влечет за собой изменение производственных стандартов, повышая скорость, энергоэффективность, надежность и безопасность всех элементов технологических цепочек.

Заключение. Термин «цифровая экономика» в настоящий момент не имеет глубокой методологической проработки. Постепенная трансформация всех секторов экономики порождает разные подходы к определению данного процесса. Важно отметить, что «цифровая экономика» — это часть общего объема производства, базирующаяся на ИКТ, охватывающая компании всех отраслей экономики. Цифровая экономика достаточно молодой феномен, поэтому в России она только начала свое широкое развитие, но имеет все предпосылки и перспективы к росту.

Список литературы

1. Что такое цифровая экономика.[Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.fingramota.org/teoriya-finansov/item/2198-chto-takoe-tsifrovaya-ekonomika Дата обращения: 16.03.2021

2. Дон Тапскотт «The Digital Economy», 1995 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://dontapscott.com/books/the-digital-economy/. Дата обращения: 19.03.2021

3. Ефимушкин В.А. Понятие цифровой экономики [Электронный ресурс] Режим доступа:https://bi.hse.ru/data/2017/03/30/1168539176/КС28.03%20%20Владимир%20Ефимушкин.pdf.

4. Урманцева А.В. «Цифровая экономика: как специалисты понимают этот термин» / РИА Новости, 16.07.2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ria.ru/20170616/1496663946.html Дата обращения 18.03.2021

5. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 / [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919 Дата обращения: 17.03.2021
6. Цифровизация экономики(обзор) [Электронный ресурс] Режим доступа: http://bit.samag.ru/uart/more/67.10
7. Что такое цифровая экономика? [Электронный ресурс] Режим доступа: https://mining--cryptocurrency-ru.turbopages.org/mining-cryptocurrency.ru/s/cifrovaya-ehkonomika/ Дата обращения: 17.03.2021
8. Lenta.ru [Электронный ресурс] Режим доступа: https://lenta.ru/news/2021/03/01/cifrrus/ 17.03.2021
9. Управление производством. Переход к Индустрии 4.0 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/strategy/management/dejstvie-industriya.html Дата обращения: 17.03.2021
10. Цифровая Россия: новая реальность. Июль 2017 г. Режим доступа: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/E Дата обращения: 17.03.2021
11. Газпромнефть. Наука и техника. Geomate [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ntc.gazpromneft.com/ Дата обращения: 17.03.2021

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ

Коган Д. А., Жернаков А. Б.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы оценки эффективности деятельности государственных служащих, а также предлагаются способы совершенствования системы оценки.

Ключевые слова: оценка эффективности, государственные служащие, эффективность деятельности, показатели эффективности.

Оценка эффективности деятельности государственных служащих на сегодняшний день является одной из важных проблем. Динамичное изменение социально-экономических условий современного мира каждый раз ставит перед органами государственной власти новые цели и задачи, а также требует решения различных проблем. Для того, чтобы на высоком уровне бороться с возникающими проблемами, а также достигать поставленные цели и задачи, субъекты государственного управления вынуждены не только пересматривать привычные методы управления, но и постоянно повышать эффективность своей деятельности.

Актуальность совершенствования системы оценки деятельности заключается в практической потребности модернизации оценки деятельности госслужащих. Как известно, целью деятельности госслужащих является реализация и поддержание политики, направленной на создание условий, обеспечивающих комфортную жизнь населения, служение интересам граждан и государства, а также обеспечение свободы прав гражданина. Оценивая эффективность деятельности госслужащих, можно отследить, насколько под их влиянием подконтрольные им объекты осуществляют свою деятельность в соответствии с законом, а также насколько качественно и в полной мере госслужащие выполняют свои функции, обеспечивая достойный уровень благосостояния и качества жизни населения.

Под оценкой эффективности деятельности государственных гражданских служащих понимается процесс определения эффективности их деятельности за конкретный период времени в ходе реализации целей и задач органа государственной власти, структурного подразделения в соответствии с их компетенцией, позволяющий получить существенную, значимую информацию для принятия дальнейших управленческих решений. [1]

Ввиду выполнения разных функциональных назначений по выполнению своих полномочий в зависимости от того, в каком государственном органе служит работник, состав госслужащих разнообразен. В настоящий момент деятельность госслужащих оценивается по общим и индивидуальным показателям. Исследуя их деятельность, а также анализируя систему оценки эффективности деятельности, можно выделить несколько проблем:

1. Оценивается только результативность, но не эффективность - то есть оценивают количество, а не качество.

2. При оценке некоторых ИОГВ не учитывается специфика деятельности, особенно это касается органов власти, осуществляющих функции контроля (надзора). Это отражается на итоговом результате оценки по общим показателям.

3. Эффективность деятельности госслужащих нельзя оценить теми же показателями, что и в коммерческих организациях.

Для совершенствования системы показателей оценки эффективности деятельности госслужащих и решения выявленных проблем следует брать пример с тех, кто имеет четкую сформированную методику оценки - стоит рассмотреть международный опыт.

В качестве примера можно рассмотреть систему оценки эффективности деятельности госслужащих, используемую в Канаде. Благодаря реализации многочисленных целевых программ по совершенствованию государственного управления на сегодняшний день Канада имеет одну из самых эффективных государственных служб.

С 2000 года используется новый подход к планированию на уровне программной деятельности - «Принципы управления и отчетности по результатам» – Results-Based Management Accountability Framework (RMAF). С внедрением подхода одним из ключевых элементов оценки эффективности деятельности является “оценка по результатам деятельности”.

Концепция RMAF базируется на формировании трехуровневой системы результатов для каждой сферы деятельности по программам – долгосрочный уровень (более 3 лет), среднесрочный (2–3 года) и краткосрочный (1 год). На каждом уровне определяются задачи, выполнение которых в дальнейшем будет оцениваться качественными и количественными показателями. Для краткосрочного и среднесрочного уровней показатели также сопровождаются детальным описанием того, что будет достигнуто в результате реализации программы и какие средства будут затрачены для достижения задач программы.

Особенностью RMAF является то, что в программе указываются не только целевые показатели, но и учитываются риски и прописываются конкретные индикаторы, свидетельствующие о непосредственных и целевых результатах. [2]

Для совершенствования оценки деятельности госслужащих необходимо выполнить действия в несколько этапов: выделить основные цели и задачи ИОГВ, затем произвести декомпозицию и определить цели и задачи функциональных отделов ИОГВ, далее спуститься еще на уровень ниже и определить цели и задачи деятельности отдельных госслужащих. После проведения анализа целей и задач стоит определить область деятельности, которая будет подлежать оценке, далее разработать показатели и определить их целевое значение. Определить периодичность проведения оценки, способы сбора информации, метод расчета показателей.

Проанализировав деятельность органа ИОГВ и выделив его цели и задачи, а также определив специфику, можно выявить, какие из используемых ранее показателей при оценки отражали его деятельность, а какие не были с ней связаны и негативно влияли на общий рейтинг. Опираясь на полученные результаты, можно внести корректировки в перечень показателей.

С конца XX века наблюдается общемировая тенденция изменения принципов, методов и технологий государственного управления, путем перенесения управленческих мето-

дов и приемов из сферы бизнеса в государственный сектор. Во многих странах происходит переход к программно-целевому методу в государственном управлении, где главнейшим системообразующим элементом признается ориентация на достижение результата с помощью новых форм и разнообразных практик государственного управления. Эта идея положена в основу концепции «нового государственного управления». [3]

Для модернизации системы оценки деятельности госслужащих можно разработать показатели на базе системы сбалансированных показателей (ССП). ССП состоит из четырех взаимосвязанных компонентов: финансы, клиенты, внутренние бизнес-процессы, обучение и мотивация персонала.

Задача ССП состоит в том, чтобы трансформировать миссию компании в конкретные, вполне осязаемые задачи и показатели. Эти показатели представляют собой баланс между внешними отчетными данными для клиентов и внутренними характеристиками наиболее значимых бизнес-процессов, инноваций, обучения и роста. Это равновесие между показателями результатов прошлой деятельности и будущего роста. Сама система представляет сочетание объективных, легко поддающихся количественному учеты результатов и субъективных, в некоторой степени произвольных параметров будущего роста. [4]

Применение сбалансированной системы показателей позволит госструктурам:

- Выделить приоритетные потребности различных групп граждан;
- Определить целевые мероприятия, реализация которых способствовала бы максимально эффективному следованию миссии и удовлетворению потребностей общества;
- Взаимно связать вопросы финансирования государственных органов с результатами их деятельности путем внедрения системы показателей;
- Разработать систему мотивации сотрудников и увязать ее с системой оплаты труда.

Рис. 1. Компоненты ССП для государственной структуры

От других методик управления ССП отличается тем, что имеет свою особенность – наличие ориентации на внутренние процессы. Данная перспектива позволяет организации определить и выделить те процессы, оптимальное выполнение которых будет способствовать более эффективному удовлетворению потребностей граждан. Для государственных учреждений такое понятие, как эффективный процесс создания ценности является довольно непривычным, им более свойственно выполнение своих обязанностей в рамках бюджета. [5]

Таким образом, достижение целей в рамках перспективы внутренних процессов напрямую связано с достижением общей экономической эффективности деятельности госструктуры и ее финансированием, ориентированным на результаты, а не на затраты.

Компоненты ССП для оценки эффективности деятельности государственной службы, а также принцип взаимодействия компонентов между собой представлен на рисунке 1.

Начать разработку показателей можно с определения целей в составляющей «финансы», то есть разобраться с финансированием государственных органов, а также определить способы достижения целей и показатели-индикаторы, которые будут свидетельствовать о достигнутых результатах. Определив финансовые цели, необходимо определить, какая ценность будет создаваться для граждан и общества, чтобы достичь желаемых показателей. В составляющей «общество» также определяются цели и показатели, по которым будут измеряться достигнутые результаты. Далее, после определения целей в предыдущем компоненте, необходимо понять, какие «процессы» следует улучшить для того, чтобы предоставить ценность обществу – также определяются цели и показатели для составляющей «процессы». Затем стоит определить порядок действий для развития «кадров» и ресурсов организации для достижения соответствующего уровня, чтобы улучшить качество «процессов».

Оценка эффективности деятельности государственных служащих – достаточно непростой процесс, однако если правильно подобрать способ оценки, то можно произвести комплексную оценку деятельности, а также разработать программы мотивации сотрудников для повышения эффективности деятельности.

Список литературы

1. Методические рекомендации по оценке эффективности деятельности государственных гражданских и муниципальных служащих Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Ханты-Мансийск, 2013. 31 с.
2. Статья в СПМ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ». Коган, Жернаков
3. Серкова. К. Я. Международный опыт программно-целевого управления.
4. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003., 214 с.
5. Анализ целесообразности применения системы сбалансированных показателей в госуправлении. Режим доступа: [https://mag-consulting.ru/ru/node/878] (Дата обращения: 13.04.2021)

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЛАТФОРМЫ РОБОТИЗАЦИИ БП UIPATH НА ПРИМЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯИЙ

Кузьмина М.Ю., Косухина М.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрена сущность роботизации БП, в чем заключаются преимущества данной технологии. Произведен обзор существующих платформ и выбран наилучший вариант. Произведен анализ бизнес процесса на базе выявленного ряда проблем. Составлен БП как есть и БП как будет.

Ключевые слова: роботизация, бизнес процесс, автоматизированная роботизация, RPA, UiPath.

Во время активного развития технологий автоматизации бизнес-процессов практически в каждой компании, где есть относительно простые повторяющиеся процессы, будь то бухгалтерские или делопроизводства, они уже автоматизированы. Сделано это с целью улучшения работы данных компании.

Но до сих пор существуют такие процессы, которые сложно или почти невозможно автоматизировать с помощью обычных средств. Зачастую это процессы, в которых используются устаревшие системы, от этого трудно отказаться, так как пользователи к ним привыкли. Тогда на помощь приходят технология RPA.

RPA (Robotic Process Automation) - это технология автоматизации бизнес-процессов, которая позволяет настроить программное обеспечение или «робота» на выполнение автоматизируемого процесса, путем построения алгоритмов на базе специальной платформы. Роботы RPA симулируют действия человека в системе, используя пользовательский интерфейс для сбора и обработки данных и управления приложениями.

Данная технология получает всё большее развитие и популярность, из-за этого растет спрос на программные продукты для автоматизации. Одними из популярных среди таких разработчиков являются UiPath и Blue Prism.

Программное обеспечение Blue Prism RPA построено на платформе Microsoft.NET Framework. Blue Prism позволяет автоматизировать большинство приложений, поддерживает такие платформы, как Windows, WPF, Java, WEB и др. Blue Prism был разработан для модели развертывания в нескольких средах (разработка, тестирование, постановка и производство) с физическими и логическими средствами управления доступом.

Платформа UiPath основана на локальном и облачном методе развертывания, и благодаря этому возможно развертывать и управлять всем в одном конкретном месте, что облегчает управление автоматизированными бизнес-процессами и процессами виртуальной рабочей силы. Он также имеет широкий диапазон производительности, поскольку UiPath обеспечивает расширяемость и стандартность, что дает новый уровень автоматизации, который используется для минимальной стоимости эксплуатации, а также обеспечивает лучшую заботу об использовании ИТ ресурсов.

Автоматизация процессов в UiPath - это создание сценариев роботизации путем перетаскиванием необходимых действий из библиотеки (панели инструментов) в workflow (своеобразный модуль, выполняемый при запуске), как это делается в других визуальных инструментах. Также, UiPath предоставляет возможность записывать действий пользователя, после чего автоматически переводит эту запись в элементы соответствующих действий из библиотеки.

UiPath поддерживает большинство видов приложений: обычные десктопные приложения (программы, логика работы которых требует наличия оператора и способные работать отдельно на любой машине изолированно от других приложений) MS Windows, WEB сайты, Java приложения, виртуальные среды. В UiPath также присутствуют встроенные средства распознавания символов на изображении (OCR), которые зачастую необходимы при работе с документами или виртуальными средами. Стандартный программный пакет предоставляет средства OCR технологии Google и Microsoft. При необходимости, дополнительно можно приобрести лицензию для технологии Abbyy.

UiPath и Blue Prism являются бесплатными и самыми популярными поставщиками программного обеспечения в области роботизированной автоматизации. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из них.

• Когда автоматизируемый процесс требует участия человека, то UiPath является единственным вариантом, который может быть использован, так как имеет оба типа роботов (и attended и unattended). Blue Prism имеет только один тип роботов, которые могут работать только автономно (unatteded), без участия человека.

• Говоря об опыте разработки - разработчики C#, более склонны к UiPath, так как в нем использование переменных почти такое же, что и при разработке на языке C#. Кроме того, при необходимости можно написать свои библиотеки на C#, а затем импортировать их в студию UiPath. В Blue Prism же типы данных постоянны до тех пор, пока не будет использоваться специальный тип блока кода.

• О структурированных данных: и Blue Prism и UiPath позволяют создавать таблицы или коллекции данных.

• По части обучения - у UiPath можно пройти обучение по работе с программой прямо на сайте, у конкурентов такая возможность отсутствует.

• И UiPath и Blue Prism имеют функцию повторного использования разработок.

• UiPath предоставляет доступность с мобильных устройств и браузера, Blue Prism предоставляет доступность только на основе десктопных приложений.

• И Blue Prism и UiPath имеют визуальный конструктор процессов.

• По ценообразованию, UiPath предлагает привлекательную цену начального уровня, а также возможность использования trial версии, в отличии от Blue Prism, стоимость которого высока и отсутствует trial версия.

• UiPath имеет возможность бесплатной сертификации. Blue Prism имеет только платную сертификацию.

Таблица 1

БП Организации научных мероприятия

Владелец БП	Название процесса	Входная информация	Выходная информация
ИРВЦ	Формирование служебной записки	Запрос науч. мероприятия	Служебная записка
Дирекция ИНПРО-ТЕХ	Сбор информации по кафедре	С\з по запросу науч. мероприятия	С\з
Кафедра Инновационного менеджмента	Формирование предложения и отправление на редактуру в дирекцию	С\з с информацией	С\з с предложением (отредактированное)
ИРВЦ	Сбор всех с\з по ВУЗу и формирование плана	С\з по ВУЗу	Сформированный план
Профессор по научной работе	Получение плана по конференции	Документы из ИРВЦ	План мероприятия на год
Кафедра Инновационного менеджмента	Запрос ком. предложения по созданию сборника	Распоряжение по ИНПРО-ТЕХ по организации науч. мероприятия	Запрос в бухгалтерию
	Составление приказа о проведении науч. мероприятия	Распоряжение по ИНПРОТЕХ по организации науч. мероприятия	Приказ о проведении науч. мероприятия
	Сбор статей	Написанные статьи от участников	Статьи готовые для верстки
	Верстка сборника	Статьи, список авторов	Готовый сборник
Бухгалтерия	Создание сметы на проведение науч. мероприятия	Запрос от кафедры ИМ	Смета на проведение науч. мероприятия

Что UiPath, что Blue Prism очень хороши в области RPA, и у каждого есть свои отличительные особенности. Однако UiPath более привлекателен для начинающих, и не

только, RPA разработчиков. Он имеет более приятный и понятный интерфейс разработки, удобный центр управления роботами, а также возможность автоматизировать и бэк-офис и фронт-офис. Наконец, стоимость лицензии на роботов и оркестратор у UiPath более привлекательна, по сравнению со стоимостью лицензии Blue Prism.

При организации научных мероприятий происходит большое количество бизнес-процессов, которые на данный момент можно автоматизировать. Использование технологии RPA в этом случае является наилучшим вариантом, так как робот значительно сэкономит время.

В таблице 1 приведен укрупнённый план БП организации научных мероприятий без применения RPA.

Какие улучшения может привнести RPA в такой бизнес-процесс?

Во-первых, значительно сократится количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Во-вторых, не будет такой проблемы, как дублирование функций. Это позволит разгрузить сотрудников, вследствие чего у них освободится время для выполнения другой работы, помимо организации научного мероприятия.

С помощью UiPath больше не нужен будет постоянный контроль человека за выполнением каждой функции, программные роботы куда более автономны для такой работы.

Как итог, с рутинными задачами, выполнение которых подразумевает конечный набор сценариев, роботы справляются легко и намного быстрее людей. Человеческие ресурсы при внедрении роботизации будут использоваться разумнее. Ведь главный ресурс и предприятия, и любой сферы промышленности и экономики — это человек.

Список литературы

1. Рогов В. А., Чудаков А. Д. Средства автоматизации и управления: учеб. для академ. бакалавриата, 2-е изд., изд-во Юрайт, 2017
2. Шишмарев В.Ю. Основы автоматизации технологических процессов: учебник, изд-во КноРус, 2019.
3. The UiPath Studio Guide [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://studio.uipath.com/ - (Дата обращения: 13.04.2021)
4. Robotic Process Automation | Blue Prism [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://www.blueprism.com/ - (Дата обращение: 13.04.2021)

МЕТРИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕКЛАМЫ С УЧЕТОМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АРТИСТА

Кукарцев М.И., Итс Т.А.

«Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого»

Аннотация. Современное искусство, как и все сферы жизни претерпевает изменения и подлежит цифровизации. Соответственно и развитие данной сферы сейчас по большей части происходит через интернет и социальные сети. В статье рассмотрены пути оценки эффективности рекламы в музыкальной сфере. На их основе специалисты по маркетингу могут анализировать эффективность рекламы для конкретного заказчика. Немаловажную роль играет позиционирование артиста - в статье рассматриваются основные типы и их ключевые особенности, которые нужно учитывать при продвижении.

Ключевые слова: маркетинг, продвижение, бренд, исполнитель, позиционирование, лояльность, метрики, аудитория, музыкальная индустрия.

«Музыкальная индустрия — это производство, распределение и продажа музыкальных произведений различными способами. Цифровая революция повлияла на все сферы индустрии развлечений, но на музыкальной отразилась особенно сильно. На протяжении длительного времени музыкальная индустрия оставалась неизменной. Примерно 60 лет её инфраструктура была олигополией компаний звукозаписи, которые от и до контролировали продажу и продвижение записанной музыки. Под действием такого контроля компании могли получать огромную выгоду с продаж, а артистам отчислялись проценты (в лучшем случае 15 %), поэтому главным источником их дохода была выручка с приобретенных билетов на живые выступления.» [1]

« К 1950-м годам большая часть музыкального бизнеса была сосредоточена в руках нескольких крупных организаций, известных как major-лейблы (от англ. «major» - главный). К началу XXI века в музыкальной индустрии было четыре глобальных игрока, или, как их еще называют, «Big Four» - большая четверка: это Universal Music Group, EMI, Sony и Warner Music Group. Сейчас на их долю приходится от 70 до 85 % всего мирового музыкального рынка.» [2]

С появлением различных файлообменных сервисов слушатели быстро привыкли к бесплатной и легкодоступной музыке. Количество человек, покупающих музыку на физических носителях резко упало. В наше время, наиболее популярен такой формат прослушивания музыки,-+ как стриминг - прослушивание напрямую из интернета с помощью приложений или сервисов. Соответственно и продвижение в музыкальной сфере на данный момент направлено на интернет-пользователей.

Так, на сегодняшний день существует крупный арсенал средств для оценки качества рекламы. Опрос, проведенный среди клиентов агентства музыкального маркетинга UpSound показал, что для большинства заказчиков, главной задачей в продвижении является повышение количества подписчиков в социальных сетях. Конечно, для постановки цели необходимо в первую очередь учитывать задачи, поставленные заказчиком, но не стоит оставлять без внимания тот факт, что зачастую он не компетентен в области маркетинга.

Маркетинг – это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. Основными задачами маркетинга являются определение, а также удовлетворение человеческих и общественных потребностей.

«Если же говорить конкретно о музыкальном маркетинге, то он направлен на передачу продукта или услуги от производителя, где в его роли выступает музыкант, до потенциального потребителя – слушателя. Его основная задача – привлечение как можно большего количества людей к товару и их стимулирование на покупку. Товаром в таких отношениях выступает музыка в любых ее проявлениях, будь то одиночный сингл, целый альбом или концерт любимого артиста.» [3]

Продукт должен удовлетворять потребности слушателя и обладать свойством уникальности. Пользователь же должен быть хорошо информирован, ведь в большинстве случаев именно осведомленность способствует покупке. Соответственно одна из ключевых задач маркетинга - донести до пользователя информацию об артисте и продукте его творчества.

Поэтому уникальным должен быть не только продукт, но и его позиционирование. Музыкальный маркетинг специфичен, он должен постоянно поддерживать коммуникацию между пользователем и артистом, а также формировать лояльное отношение к продукту.

Показатели эффективности рекламы:

Исходя из основных целей маркетинга, выделим несколько ключевых критериев оценки рекламы и рассмотрим их в таблице.

Таблица 1

Критерии оценки рекламной кампании

Критерий	Характеристика
Стоимость одного подписчика	Данный показатель является наиболее популярным для оценки эффективности рекламной кампании, однако эта метрика никак не отражает качество набираемой аудитории. Так, например, артист с меньшим количеством подписчиков может собирать больше прослушиваний и иметь больший доход за счет активной и платежеспособной аудитории.
Активность	Вовлеченная аудитория гарантирует исполнителю не только доход от прослушиваний, но и рекламу по принципу сарафанного радио. Данный показатель способствует органическому продвижению в большинстве социальных сетей, так как внутренние алгоритмы определяют наиболее интересные пользователям записи, и увеличивают их охват.
Mind share	Данный показатель определяет характер отзывов потребителей, в том числе соотношение негатива и позитива. Этот показатель особенно сложен в вычислениях, так как требует ручной проверки.
Платежеспособность	Платежеспособность аудитории является ключевым показателем для любого артиста, так как доход со стриминговых сервисов редко способен покрыть затраты на производство и маркетинг продукта. Социальная сеть «ВКонтакте», которая с 2007 года является одной из самых больших интернет-площадок для обмена музыкой, платит артистам ~ 60 копеек за 1000 прослушиваний.
ROI	ROI демонстрирует финансовый успех или неуспех маркетинговой кампании в целом. Данный показатель имеет большой вес практически в любой сфере. Но в рамках музыкального маркетинга его очень сложно измерить, так как дистрибьюторы не предоставляют подробных данных о прослушиваниях.

Так, учитывая показатели и особенности музыкального маркетинга, программа каждого исполнителя должна отличаться индивидуальностью, тем самым создавая узнаваемость и собственное позиционирование.

Каждый артист по-разному позиционирует себя на рынке, но можно выделить два основных типа – ситуационный и постоянный. Рассмотрим каждый из них.

Так, Марк Трасслер и Стюарт Сорока провели эксперимент в Университете Макгилла, в рамках которого выяснили, что люди наиболее склонны обращать внимание и обсуждать именно негативные новости. Поэтому ситуационные артисты не пренебрегают “черным пиаром”. Такой способ продвижения позволяет использовать и алгоритмы органического продвижения - они не видят разницы между негативными и позитивными комментариями пользователей.

Набирать негативные комментарии обычно гораздо проще, поэтому путь постоянного артиста порой требует больших затрат (стоимость одного подписчика), но взамен он получает более лояльную и заинтересованную аудиторию.

Таблица 2

Типы позиционирования

Тип	Ситуационный	Постоянный
Характерные признаки	Высокая активность в социальных сетях, оперативное реагирование на обсуждаемые события, порой спорная репутация.	Четко выраженные взгляды. Ориентируется на узкий круг потребителей, которые разделяют мировоззрение артиста и заинтересованы в моральной и финансовой поддержке.
Основная задача	Нацеленность на массовость. Ситуационный артист ставит на первое место активность аудитории и ее количество.	Формирование лояльной и платежеспособной аудитории с высоким показателем mind share.

За последний год наша жизнь и привычные вещи кардинально поменялись. Условия пандемии – испытание для всех, в том числе для исполнителей. Так, проведение концертов было запрещено на законодательном уровне. Но люди стали проводить больше времени в социальных сетях, что дает возможность для более эффективного продвижения и коммуникации со слушателями в онлайн-формате. Получить выгоду даже из такой плачевной ситуации позволяет четкое понимание своих сильных и слабых сторон. Это достигается только путем описания и достаточной степени формализации критериев даже такой специфической, “творческой” работы, как музыкальный исполнитель.

Список литературы

1. Aspray, William; Ceruzzi, Paul. The Internet and American business. – Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2008. – с. 84.
2. Business Models in the Music Industry | Eurosonic Noordeslag Conference, 2011 – с. 8.
3. Малькевич, А. А. Организация и проведение PR-кампаний. Краткий курс / А.А. Малькевич, В.А. Барежев. – Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 120 с. – ISBN 978-5-49807-195-4.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМАНДЫ ПРОЕКТА

Федорова Е.Л., Чугайнов Ф.А. , мандрик А.В.

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

Аннотация. В статье рассматривается задача формирования команды на основе предпочтений участников. Предлагается использование теории Рамсея для поиска полных подграфов с ребрами одного цвета в полном подграфе заданного размера. Рассматривается модель формирования команды, построенная в программном пакете Anylogic.

Ключевые слова: формирование команд, теория Рамсея, Anylogic.

Введение. В настоящее время во многих учебных заведениях внедряется проектный подход [1-4]. Доля проектно-ориентированных дисциплин, курсовых заданий, других форматов обучения составляет от 5% до 30%. Число успешно реализованных студенческих проектов может представлять собой основу для будущих микропредприятий. Успешный проект зависит от наличия необходимых ресурсов, которые можно обобщить в три большие группы: идея проекта, команда, финансирование, организационная поддержка. Компетенции участников команды являются определяющим фактором успешного выполнения проекта. Сильная, сплоченная команда может вывести концептуальную идею проекта на новый уровень, найти недостающее финансирование, ускорить выполнение проекта.

Актуальность. Тема командообразования получила своё развитие во многих научных работах. Так, например, в исследовании [5] Астраханского государственного технического университета было рассмотрено применение модели надежности в процессе командообразования. В статье [6] была разработана модель количественной оценки компетенций в процессе командообразования. Еще одно исследование [7] посвящено командообразованию в условиях цифровой экономики, здесь процесс формирования команды предлагается осуществлять с учетом теории поколений.

В ходе проведенного анализа существующих публикаций было выявлено отсутствие исследований, посвященных оценке числа потенциальных команд в исходной группе потенциальных участников. Между тем такая постановка задачи позволяет оценить возможность реализации крупных проектов, требующих наличия большого числа компетенций.

Актуальным направлением исследования в настоящий момент могла бы стать разработка теории построения оптимальной команды проекта. Для начала нужно сформулировать простые, базовые свойства оптимальной команды: готовность участников проекта к совместной работе и наличие необходимых компетенций для выполнения проекта. Способы измерения этих свойств, условия появления оптимальных команд являются предметом обсуждения данной статьи.

Целью исследования является формализация процесса формирования команд из множества потенциальных участников.

Результаты. Для начала перечислим основные этапы образования команд проектов:

- сбор потенциальных участников проектов и оповещение о возможности реализации потенциальных проектов;
- ознакомление потенциальных участников проектов друг с другом в формате обмена резюме или научной конференции с короткими 2-минутными выступлениями;

- формирование предпочтений, предрасположенности потенциальных участников проектов к тем или иным проектам, а также к тем или иным участникам;
- формализация предпочтений таким образом, чтобы каждый участник мог для каждого другого участника указать проект, в котором он готов с ним работать.

Очевидно, что возможна ситуация, в которой один потенциальный участник выбирает другого потенциального участника для работы в одном проекте, а второй в ответ согласен работать в другом. В данном случае можно предложить ранжирование своей уверенности к сотрудничеству в том или ином проекте и выбирать тот проект, в котором совместная заинтересованность в сотрудничестве больше.

Теперь можно задаться первым важным вопросом данного исследования. Каким должно быть число потенциальных участников, чтобы точно появились оптимально сплоченные команды? Ответ на этот вопрос содержится в работах по теории Рамсея, изучающей появление упорядоченных структур. Будем использовать представление множества потенциальных участников в виде вершин полного графа. Ребра такого графа будут означать осведомленность потенциальных участников о наличии друг друга. Цвет ребра графа будет означает проект, в котором пара потенциальных участников готова сотрудничать. Полный подграф с ребрами одного цвета означает появление команды, в которой все участники готовы работать друг с другом в одном проекте.

Важным понятием теории Рамсея является число Рамсея, которое определяет минимальный размер исходного полного графа, при котором в нем гарантированно появляются полные подграфы нужного цвета и размера. В случае двухцветной расцветки и требуемых размеров полных подграфов, выражаемых через натуральные числа r и s, число Рамсея $R(r,s)$ подчиняется неравенству: $R(r,s) \leq R(r-1,s) + R(r,s-1)$. Также справедливо равенство, которое позволяет полностью заполнить вторую строчку и второй столбец таблицы чисел Рамсея $R(r,s)$: $R(2,n) = R(n,2) = n$, где n – номер строки или столбца. Нахождение точных значений чисел Рамсея является одной из задач современной математики уже для числа строк и столбцов более 5 (см. табл. 1).

Таблица 1.

Числа Рамсея, определяющие число участников.

подграф 1 / подграф 2	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	6	9	14	18	23	28	36
4	4	9	18	25	35-41	49-61	59-84	73-115
5	5	14	25	43-48	58-87	80-143	101-216	133-316

Каждый проект имеет объективное минимальное число участников, определив его мы можем выбрать число потенциальных участников для гарантированной возможности набора команды проекта. Например, если рассматривается выбор между участием в двух возможных проектах с минимальным числом участников 4 и 9, то число потенциальных участников должно быть не менее 115. Если число участников составляет 7 и 7 в каждом проекте, то это число возрастает до 540.

В реальности возможна ситуация, когда потенциальные участники пассивны и не хотят работать ни с кем. В таком случае путем опроса необходимо вычислить долю участников, которые готовы к активной работе.

В некотором смысле, предложенный способ формирования команд является подходом к ранжированию проектов, но критерием успешности проекта является не только сумма баллов, полученных каждым проектом, но и сам факт наличия сформировавшейся команды проекта.

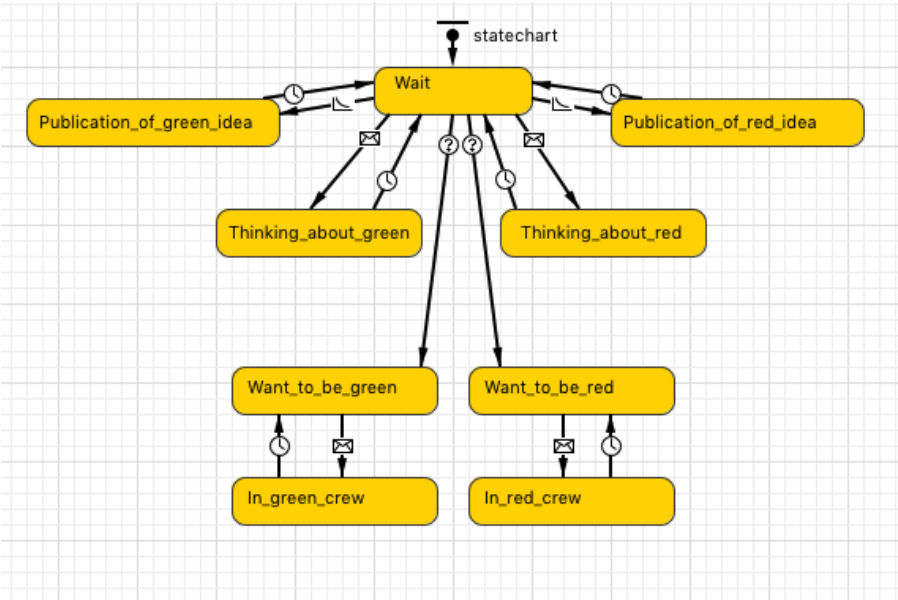


Рис. 1 Диаграмма состояний потенциального участника.

После того как команды сформированы потенциальным участникам может быть предложено участие в проектах с меньшим числом участников, таким образом число Рамсея понизится и снова получится сформировать оптимальные команды. Задача поиска оптимальной команды является полным аналогом задачи о клике, которая при использовании алгоритма Брона-Кребоша реализуется за полиномиальное время. В этом заключается практическая значимость результатов теории Рамсея, так как без проведения поиска полных подграфов становится возможным гарантировать их появление.

Полученные данные о числе потенциальных участников проекта можно использовать для определения числа агентов при имитационном моделировании. На рис. 1 представлен фрагмент модели формирования команды проекта, построенной в пакете Anylogic.

Модель включает множество потенциальных участников, каждый из которых может быть в одном из пяти состояний: ожидание “wait”, генерация идеи в проекте 1 “thinking_about_red”, генерация идеи в проекте 2 “thinking_about_green”, декларация желания участвовать в проекте 1 “want_to_be_red”, декларация желания участвовать в проекте 2 “want_to_be_green”, участие в проекте 1 “in_red_crew”, участие в проекте 2 “in_green_crew”. Так как речь идет о работе в научно-исследовательском секторе, добавлена часть работ, связанная с публикацией: “publication_of_green_idea” и “publication_of_red_idea”. В произвольные моменты времени каждый агент может декларировать свое участие в одном из двух проектов, при этом он посылает приглашение на участие в проекте другим агентам, которые с некоторой вероятностью могут принять приглашение или отказаться.

В модели использованы некоторые параметры, которые наблюдаются при реальном формировании команд: время генерации идеи проекта составляет 1 неделю, среднее время интенсивной работы студента в ходе проекта составляет 1 месяц.

Выводы. В данной статье рассмотрен подход к использованию математического аппарата теории Рамсея для формирования команды проекта. Глобальное значение данного подхода заключается в возможности измерения числа проектов, которые могут быть одновременно запущены в достаточно большом коллективе мотивированных специалистов. Основная задача дальнейшего исследования заключается в изучении способов оценки компетенций потенциальных участников команд, формализации алгоритма подбора участников с целью дальнейшей автоматизации.

Список литературы

1. Helle, L, Tynjälä, P, Olkinuora, E, Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots // Higher Education. - 2006. - vol. 51. - pp. 287–314.
2. Zancul, E, Sousa-Zomer, T, Cauchick-Miguel, P, Project-based learning approach: improvements of an undergraduate course in new product development // SciELO. - 2017. - vol. 27
3. Botha, M, 'A Project-Based Learning Approach as a Method of Teaching Entrepreneurship to a Large Group of Undergraduate Students in South Africa', Education as Change. - 2010. - vol. 14, no. 2, pp. 213–232.
4. Kokotsaki, D, Menzies, V, Wiggins, A, Project-based learning: A review of the literature // SAGE journals. - 2016. - №19. - С. 267-277.
5. Д.К. Бейльханов , И.Ю. Квятковская , А.В. Петраев Применение модели надежности в процессе командообразования // ВЕСТНИК ИрГТУ . - 2013. - №4. - С. 12-15.
6. Бейльханов Д.К., Квятковская И.Ю. Использование модели компетенций в процессе командообразования: автореф. дис. д-р техн. наук – Астрахань.
7. Я.А. Крайденков, Л.В. Свиридова Командообразование в условиях цифровой экономики // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. - 2019. - №4. - С. 318-327.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД

Семененко Е.Д., Жернаков А.Б.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрена начальная часть процесса закупок – планирование и размещение закупочной документации. Проведен анализ функций, которые выполняет контрактная служба и контрактный управляющий. Выявлены проблемы, с которыми сталкиваются сотрудники, работающие в сфере государственных закупок и предложены рекомендации, с помощью которых можно было бы внести улучшения в работу контрактной службы.

Ключевые слова: государственные закупки, планирование, контрактная система.

Организация закупочной деятельности для обеспечения государственных нужд начинается с этапа планирования. В рамках планирования закупок товаров, работ и услуг (ТРУ), согласно Федеральному закону "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" N 44-ФЗ от 05.04.2013 [1], до этапа публикации извещения о закупке необходимо:

1. Сформировать перечень товаров, работ и услуг (ТРУ), которые необходимо закупить.

2. Провести поиск подходящих товаров, работ и услуг на рынке, запросить коммерческие предложения.

3. Сформировать техническое задание в соответствии с требованиями статьи 33 44-ФЗ [1], а также требования к условиям поставки товаров, выполнения работ, оказания услуг.

4. Нормировать закупки.

5. Проверит наличие актов о нормировании в соответствии со ст.19 44-ФЗ [1].

6. Выбрать способ проведения закупки. Провести расчет начальной (максимальной) цены контракта НМЦК одним из 5 способов, при закупке у единственного поставщика.

Для ряда товаров, работ и услуг необходимо учитывать страну их происхождения, так как на них распространяется национальный режим и система государственных закупок направлена на импортозамещение.

Таким образом сотрудникам, занимающимся подготовкой закупки необходимо уметь обосновывать и нормировать закупки, разбираться в свойствах товара и определять качественные характеристики, так как от этого зависит пригодность ТРУ и их долговечность и наконец знать перечень товаров, на которых установлен запрет.

Для того, чтобы постоянно работать с таким большим количеством нормативно-правовых актов и разбираться во всем вышеперечисленном нужен, казалось бы, целый штат сотрудников. Однако, сам процесс недостаточно хорошо описан с точки зрения необходимого количества сотрудников. Так, контрактная служба заказчика создается, если совокупный годовой объем закупок, в соответствии с планом-графиком, превышает 100 миллионов рублей (ч. 1 ст. 38 44-ФЗ) [1], в противном случае назначается контрактный управляющий. В действующем Типовом положении (регламенте) о контрактной службе (приказ Минфин России от 31.07.2020 N 158н) [2] минимальная численность контрактной службы – 2 человека. Конечно, заказчик сам в праве определять численность контрактной службы, однако из-за отсутствия единого регламента сотрудники вынужденно становятся экспертами одновременно в нескольких областях и зачастую выполняют функции, которые логичнее было бы разделить между несколькими специалистами.

К тому же на сегодняшний день отсутствует какая-либо форма или каталог, который бы позволил при вводе интересующего товара, работы, услуги получить пошаговый план действий, необходимых для правильного формирования закупки.

В заключении приводятся рекомендации по улучшению процесса. Предлагается, во-первых, составить чек-листы по разным категориям товаров, работ и услуг, с помощью которых можно было бы определить все необходимые шаги и нормативно-правовые акты, требования для формирования закупки и закупочной документации. В последующем данные чек-листы могут стать основой для внедрения формы, например, на сайт единой информационной системы или создания программы, которая помогала бы сотрудникам контрактной службы. Преимуществом создания такой формы для сайта или программы в том, что их можно сделать интуитивно понятными для пользователей и настроить так, чтобы невозможно было перейти на следующий шаг без выполнения предыдущего. Все это поможет облегчить процесс формирования закупки и закупочной документации, убережет от ошибок, происходящий из-за человеческого фактора.

Во-вторых, провести исследование работы контрактной службы в разных организациях с целью определения самых трудоемких операций и необходимого количества сотрудников для эффективной работы. После проведенного исследования определить дополнительные требования к компетенциям сотрудников, задействованных на различных операциях и определить точное количество специалистов, необходимых для работы. Затем внести изменения в Типовое положение (регламент) о контрактной службе.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 5 апреля 2013 г. N 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2021).

2. Приказ Минфина России от 31.07.2020 N 158н "Об утверждении Типового положения (регламента) о контрактной службе" (Зарегистрировано в Минюсте России 19.10.2020 N 60465).

3. Серкова. К. Я. Международный опыт программно-целевого управления

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ГЛИНОЗЕМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

Куминова Я.В., Филичкина В.А.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Аннотация. Статья посвящена исследованию химического и гранулометрического состава экспериментальных образцов глинозема с целью подтверждения соответствия марке Г-00. Требования к марке глинозема Г-00 регламентированы в ГОСТ 30558–2017. В исследовании были применены рентгенофлуоресцентный метод анализа и метод статического светорассеяния.

Ключевые слова: глинозем1, оценка качества2, рентгенофлуоресцентный анализ3

Алюминий является одним из самых востребованных металлов, который широко применяется в промышленном и гражданском строительстве, машиностроении, химической промышленности и приборостроении. Классической схемой получения алюминия является переработка бокситов по способу Байера, предполагающей использование низкокремнистого сырья для получения глинозема (Al_2O_3) [1]. В Российской Федерации запасы пригодных для переработки низкокремнистых бокситов достаточно ограничены, поэтому бокситы импортируются из других стран в восточносибирские регионы, где сосредоточены предприятия по производству алюминия. Логистика таких перевозок становится с каждым годом все более проблематичной и дорогой, поэтому возникла необходимость в использовании отечественного сырья, которое более низкокачественным. Таким сырьем являются каолиновые глины, запасы которых исчисляются сотнями миллионов тонн. Залежи каолиновых глин расположены в непосредственной близости от алюминиевых предприятий, что обуславливает их привлекательность как сырьевого ресурса с экономической точки зрения. В настоящее время разработана кислотная технология [2] переработки каолиновых глин с целью получения металлургического глинозема, требования к которому регламентированы ГОСТ 30558-2017 [5]. Для апробации разработанной технологической схемы переработки высокремнистого сырья были получены экспериментальные образцы глинозема. Целью проведения исследования являлась оценка соответствия полученных экспериментальных образцов глинозема марке Г-00.

Для определения химического состава образцов в качестве наиболее оптимального метода был выбран ренгенофлуоресцентный анализ (РФА), поскольку он является многоэлементным, достаточно простым в подготовке проб и экспрессным [4]. Предварительная стадия подготовки пробы для проведения РФА заключалась в дроблении, доизмельчении, перемешивании и сокращении генеральной пробы. Проба измельчалась в кольцевом виброистирателе для обеспечения представительности отобранной для анализа пробы: ее однородность по составу; плотность; плоскую поверхность и требуемые геометрические размеры [3].

Пробы глинозема подвергли дополнительному истиранию на виброистирателе Herzog HSM 100 в размольном контейнере из карбида вольфрама. Далее все образцы были запрессованы на основу из борной кислоты с использованием гидравлического пресса. Масса навески образца составила порядка 1 г, что обеспечивает необходимый анализируемый слой, при котором в ходе выполнения анализа образец не разрушается. Анализ проводился на волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL 9900 Workstation (Thermo Scientific). Параметры регистрации аналитического сигнала представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры регистрации аналитического сигнала

Элемент	Аналитическая линия	Угол 2 Тета, о	Время регистрации, с	Напряжение, кВ	Ток, мА	Кристалл	Детектор
Fe	Fe Kα	85,654	6	40	60	LiF220	FPC
Al	Al Kα	144,713	6	40	60	PET	FPC
Si	Si Kα	109,028	6	40	60	PET	FPC
Na	Na Kα	123,058	6	40	60	PET	FPC

Для принятия решения о соответствии химического состава образцов глинозема марке Г-00, полученные результаты были сопоставлены с установленными в настоящем стандарте нормативными значениями. Из данных таблицы 2 видно, что образцы глинозема полностью соответствуют по химическому составу марке Г-00.

Таблица 2

Сопоставление результатов анализа образцов с нормативными значениями

Определяемый элемент	Результаты РФА, массовая доля, %	Норматив, массовая доля, %
Al_2O_3	99,7±0,05	не менее 98,3
SiO_2	0,015±0,003	0,02
Fe_2O_3	0,005±0,001	0,03
Na_2O	0,28±0,05	0,4

Определение крупности образцов глинозема проводилось с использованием метода статического светорассеяния частиц на лазерном анализаторе Shimadzu SALD 7500-nano. Для проведения исследования навески образцов массой 0,5 г были диспергированы в 7 мл этилового спирта. Полученные суспензии были обработаны ультразвуком в течении 10 минут для предотвращения коагуляции частиц.

Таблица 3

Результаты гранулометрического анализа образцов глинозема

Диаметр частиц, мкм	Количество частиц, %
<10	27
от 10 до 20	12
от 20 до 45	10
от 45 до 125	41
от 125 до 150	5
>150	5

По данным таблицы 3 видно, что большая часть частиц имеет размер до 125 мкм, что соответствует крупности для марки Г-00.

В ходе исследования были выбраны параметры проведения анализа образцов, проведено определение химического и гранулометрического состава с использованием физических методов анализа. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что получаемый глинозем по кислотной технологии соответствует требованиям, установленным для марки Г-00, показатели качества находятся в пределах нормативных значений.

Список литературы

1. Лайнер А.И., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., и др. Производство глинозема. М.: Металлургия, 1978. – С. 344.
2. Иванов М.А., Пак В.И., Наливайко А.Ю., Медведев А.С., Киров С.С., Божко Г.Г. Перспективы использования российского высокремнистого алюминийсодержащего сырья в глиноземном производстве // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 3. – С.93-102.
3. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. – М.: Химия, 1982.
4. B. Beckhoff, B. Kanngiesser, N. Langhoff, R. Wedell. Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis. – Springer, 2005.
5. ГОСТ 30558-2017. Глинозем металлургический. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОЕКТАХ ШКОЛЬНЫХ КОМАНД

Латынина К.С., Цветкова Н. А.

«Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого»

Аннотация. В статье рассматриваются пути эффективного применения профессиональных инструментов управления проектами для старшеклассников (9–11 классы). На данный момент в школах ученики расширяют знания, решая различные задачи с уже существующим ответом. В современном мире необходимо постоянно развиваться, и проектная деятельность необходима в школе, так как способствует развитию мышления учащихся, подготовке к обучению в вузе, позволяет учащимся понять свои предрасположенности. Но в силу особенностей возраста и школьной обстановки нужны особые условия для успешной реализации проектов обучающихся. Сделаны выводы о ключевых особенностях работы со школьными командами, занимающимися проектной деятельностью, и возможности применения различных инструментальных средств.

Ключевые слова: старшеклассники, управление проектами, метод проектов, инструменты управления проектами, проектная деятельность учащихся, методология управления проектами.

На сегодняшний день одним из стремительно развивающихся направлений является инновационная деятельность. Всё большую популярность набирают различные стартапы несмотря на то, что по статистике 9 из 10 проваливаются. Причины тому самые разные, одна из которых – неопытность. В большинстве случаев для успешного запуска стартапа или разработки инновационного продукта используется метод проектов.

С ним знаком не каждый, но далеко не потому, что он так сложен и недоступен для понимания. А если данному методу будут обучать в школах? Сколько возможностей откроется для реализации новых, инновационных продуктов, которые сделают повседневный мир более совершенным. После прохождения обучения в школе обучающийся должен быть готов к встрече с миром конкуренции, а значит должен уметь самостоятельно ставить цели и искать пути их реализации. Для этого необходимо использование различных образовательных методов.

Для обучающихся в школе необходимо создать среду для освоения ими различных компетенций, развития конкурентоспособности и умения применять свои знания. Для решения данных задач можно использовать метод проектов.

Проектная деятельность легко интегрируется в целостный образовательный процесс, в котором учащиеся не только получают новую информацию, но и учатся превращать её в знания, получают ключевые компетенции, учатся работать в команде, развивают лидерские навыки, развиваются как личность. Но на данный момент школ, которые используют данный метод в образовании учащихся, очень мало.

В большинстве школ, особенно в старших классах, реализуется «исследовательская деятельность», которую зачастую путают с проектной. Как правило, исследовательская деятельность заключается в погружении учащегося в определенную тему, изучения различных материалов, и созданию вывода – всё это подразумевает под собой просто реферат.

«Обращаясь к сравнению понятий «исследование» и «проектирование», следует отметить, что оба они имеют отношение к мыслительной деятельности: проектирование – к ее началу; исследование – к ее осуществлению. Проектирование связано с реализацией замысла; исследование – с поиском и пониманием реального.». - Т. Г. Белова. - Исследовательская и проектная деятельность учащихся в современном образовании.

У проекта есть ни одно определение, одно из них следующее: «Проект - уникальный процесс, состоящий из набора взаимоувязанных и контролируемых работ с датами, начала и окончания и предпринятый, чтобы достичь цели соответствии конкретным требованиям, включая ограничения по времени, затратам и ресурсам».[1]

Как правило, то, что предшествует проекту - наличие проблемы. То есть, метод проектов применяется, чтобы решить какую-либо проблему, и одна из ключевых его особенностей – высокая степень неопределенности. Во время проработки проблемы и реализации проекта у учащихся развиваются навыки критического мышления – они критически обрабатывают информацию, необходимую для решения.

«Проектная деятельность учащихся определяется как совместная учебно-познавательная, творческая или игровая деятельность учащихся, имеющая общую цель, согласованные методы, способы деятельности, направленная на достижение общего результата. Непременным условием проектной деятельности является наличие заранее выработанных представлений о конечном продукте деятельности, этапов проектирования (выработка концепции, определение целей и задач проекта, доступных и оптимальных ресурсов деятельности, создание плана, программ и организация деятельности по реализации проекта) и реализации проекта, включая его осмысление и рефлексию результатов деятельности.» [2]

Классификаций проектов по типам очень много, рассмотрим классификацию в зависимости от участников:

- Профессиональный проект.

Профессиональный проект — это проект со сформировавшейся командой, в которой каждый знает свою роль и зону ответственности. Пример такой команды - рабочий коллектив. В команде профессионального проекта всегда есть лидер – зачастую он руководитель проекта. Команда же обладает опытом и работает на продуктовый результат.

- Учебный проект.

Учебный проект проходит в искусственно созданной среде, безопасной для команды. Команда состоит из обучающихся с желанием реализовать проект, есть внутренние эксперты, наставники. Ценность данного проекта не в продуктовом результате, а в образовательном - получении опыта, новых компетенций и т.п.

- Кружковый проект.

Данный тип проектов стоит на грани между учебным и профессиональным, так как среди в команде есть как профессионалы и непрофессионалы. Профессионалы нацелены на продуктовый результат, а непрофессионалы – на образовательный.

Проекты могут реализоваться различными возрастными группами, у людей в возрасте более 25 лет это как правило профессиональные проекты.

Для студентов вузов проектная деятельность на данный момент обязательна, но зачастую студенты могут выбирать между проектом в безопасной среде – учебным и профессиональным – кейсам реальных компаний. На примере СПбПУ проектная деятельность реализуется на курсе «Основы проектной деятельности» (ОПД), где они работают в командах, которую создают сами. Так, это может быть команда из различных направлений подготовки, например студенты направлений «Инноватика» и «Строительство уникальных зданий и сооружений» имеют возможность потрудиться над совместным проектом в одной команде в рамках дисциплины.

Школьники реализуют проекты меньше, чем остальные группы. Это происходит по нескольким причинам: школа не дает возможности для реализации, у учащихся нет мотивации и инициативы, а также опыта в данной сфере. Но возможность реализации проектов есть, например – Школа ИТ-решений, не первый год проходящая в Москве и Санкт-Петербурге.

Школа IT-решений – это акселератор проектов в ИТ-сфере для школьников 8–11 классов. Учащиеся приходят туда для того, чтобы решить проблему в данной сфере, беспокоящую их или их окружение. Так, по опыту прошлого года были выявлены следующие трудности и решения, которые должны их минимизировать:

Таблица 1

Трудности и решения по опыту Школы ИТ-решений

Трудности	Решения
Школьникам в больших командах тяжело обсуждать важные задачи: кто-то может оказаться неуслышанным и потеряет интерес к проекту, а также тема разговора может далеко уйти от темы проекта.	Размер команды не должен превышать 4-5 человек. Команде необходим наставник, который направит команду в нужное русло.
Проект имеет два результата — это продуктовый (полученный по итогу реализации проекта) и образовательный (меняющийся на каждом этапе проекта). При отсутствии знаний и компетенций есть большой риск превращения проекта в стандартный образовательный, без получения продуктового результата.	Команде необходим эксперт – профессионал в определенной области с большим опытом и знаниями в данной сфере. При сотрудничестве с наставником он подскажет наиболее верное решение, направление и трудности, с которыми может столкнуться команда. Одна из задач наставника – своевременная корректировка направления в целях соблюдения баланса между обучением и результатом проекта.
Трудность коммуникации в дистанционном формате работы. Ребята школьного возраста в большинстве случаев не пользовались профессиональными инструментами для работы в проекте, а также довольно редко открывают почту.	Необходимо выбрать единый канал связи, удобный разным возрастным и социальным группам. Наставнику команды необходимо постоянно устанавливать дедлайны и делать напоминания.

Проект реализуется посредством прохождения определенных этапов – на каждом из них можно выявить определенные инструменты, использование которых позволяет учащимся легче проходить эти этапы.

Таблица 2

Этапы работы над проектом

Этап	Описание	Инструменты
Формирование команд	Команды могут быть сформированные как заранее, так и на первой встрече.	Функционально-ролевая структура команды. Каждый из членов команды выполняет роли двух типов: функциональную, базирующуюся на профессиональных навыках, и командную, в основе которой лежат личностные особенности.
		Матрица коммуникации позволяет сделать выстроить коммуникации внутри команда и с заинтересованными лицами.
Выявление проблемы	Проблема должна непосредственно касаться жизни ученика или его окружения. Команды учатся выявлять потребности пользователей и правильно их формулировать.	Глубинное интервью – это диалог с пользователем, делящимся своим опытом. Задача интервьюирующего – узнать истинные причины поступков и эмоций, таким образом достигнув корня проблемы.
		Диаграмма последовательности – это UML-диаграмма, на которой для некоторого набора объектов на временной оси показан жизненный цикл объекта и взаимодействие действующих лиц. Диаграмма позволяет раскрыть проблемную ситуацию в полноценный сценарий.
		Создание портрета потребителя и пути пользователя (CUSTOMER JOURNEY). Он позволяет отследить его настроения и эмоции в зависимости от проблемы и ее стадий.
		Карта пути пользователя (user journey mapping, UJM) — это способ представить и описать каждый важный этап сложного опыта в едином обзоре. Карта включает то, что делает пользователь, что он думает и чувствует, а также обозначает, какая именно физическая или технологическая инфраструктура поддерживает его в пути.
		Карта заинтересованных сторон – инструмент, позволяющий наиболее адекватно провести идентификацию стейкхолдеров. На карте выделяются

		три области: область полномочий / ответственности; область прямого влияния; область опосредованного влияния.
Проработка вариантов решения проблемы	После того, как проблема определена, необходимо найти пути ее решения. Команда придумывает несколько вариантов решения, совершенствует их, проверяет на определенной группе людей и дополняет по необходимости.	Метод мозговой атаки (штурма). Суть этого метода основывается на психологическом эффекте цепной реакции идей во время сеанса мозговой атаки, которая приводит к интеллектуальному взрыву.
		Метод временных ограничений – основан на учете временного фактора в процессе деятельности: временные ограничения могут вызывать повышение активности и достижение более высоких результатов. Но если команда застряла на одном месте, это может лишь усугубить ситуацию.
		Метод скоростного эскизирования предполагает рисование всего того, что ученик представляет в тот или иной момент проектирования. В процессе использования приема требуется как можно чаще делать зарисовки возникающих идей. Это способствует более строгому контролю своей деятельности, регулированию посредством образов процесса творчества.
		Луковичная диаграмма стейкхолдеров представляет собой визуальную модель, отражающую степень заинтересованности сторон.
		Метод шести шляп – это психологическая ролевая игра. Шляпа определенного цвета означает отдельный режим мышления, и, надевая ее, человек включает этот режим.
Выбор подходящего решения	На данном этапе происходит валидация найденных идей проектов. Проясняется все, что неясно, неконкретно, невозможно реализовать.	Модель Customer Development. Она делится на два ключевых этапа поиск идеи (выявление и верификация потребителей) и ее реализация (привлечение потребителей и создание компании).
		Метод морфологического анализа. Он заключается в том, что в объекте исследования выделяют несколько характерных для него признаков. По

		каждому признаку составляют несколько возможных вариантов (альтернатив). Альтернативные варианты перебирают, составляя из них различные сочетания.
		Метод Дельфи. Он помогает выбрать из предлагаемой серии альтернатив лучшую. Для этого от членов группы требуется дать оценку каждой альтернативе в определенной последовательности.
		Карта рисков – это наглядное представление рисков, помогающее вовремя их определить и принять меры для их избегания.
Подготовка концепции решения	На данном этапе команда дорабатывает решение самостоятельно.	
Составление паспорта проекта	Паспорт проекта — это подробное техническое задание на его разработку, отражающее то, как команда понимает архитектуру своего решения.	Паспорт проекта должен включать в себя название проекта, информацию о команде, описание проблемы, анализ проблемы, диаграмму стейкхолдеров, цель проекта, выбранное решение.
Создание технического прототипа	Это решительный рывок, команды создают первые технические прототипы своих решений. На данном этапе стоит провести тестирование – пригласить независимого пользователя и предложить ему воспользоваться протопопом. Чем	Физические объекты моделируют: С помощью подручных средств – бумаги, картона, пластилина, скотча, ножниц. С помощью «Лего». С помощью 3D принтеров. С помощью программ для 3D моделирования.

	больше пользователей, тем больше недоработок можно выявить.	Прототип сайта или приложения, например, можно создать в любом инструменте, позволяющем рисовать. Для этого подойдут: Paint, Photoshop, Adobe Illustrator.
Создание MVP. Доработка проекта. Завершение. Презентация проекта	После создания прототипа команда переходит к созданию продукта. Затем все команды представляют свои наработки.	SWOT-анализ – это сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Эта структура обычно применяется при стратегическом планировании. Вместе с тем ее также достаточно просто использовать в ранжировании идей MVP.

Так может ли школьник работать над проектами? Метод проектов способствует развитию мышления, позволяет разрабатывать план и внедрять в него свои же идеи, не только получать информацию, но и обрабатывать ее, применять знания.

Существует множество понятных и доступных инструментов для прохождения шагов проекта и успешной его реализации, которые может использовать каждый школьник. Так, для реализации нужна лишь помощь наставника и желание обучающегося. Наставник не должен давать обучающемуся готовые пути решения, а лишь направлять его, возможно с помощью представленных ранее инструментов.

При использовании проектной деятельности очевидны возможности, связанные со мотивацией обучающихся, компетенциями, и получения навыка искать необходимую информацию и адаптировать ее под себя.

Список литературы

1. (ISO/TR 10006:1997(E))
2. Леонтович А. В. Об основных понятиях концепции развития исследовательской и проектной деятельности учащихся // Исследовательская работа школьников. 2003. № 4. С. 18–24.

КОНФЛИКТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА

Марченко С.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся трудностей взаимодействия систем менеджмента качества и бережливого производства в организациях, а также их взаимодействия в рамках планирования, разработки, внедрения и ведения интегрированной системы менеджмента на их основе.

Ключевые слова: интегрированная система менеджмента, интеграция, система менеджмента качества, система менеджмента бережливого производства.

Развитие интегрированных систем менеджмента, например, системы менеджмента качества и системы менеджмента бережливого производства или ЛИН+6σ – важное направление с точки зрения повышения результативности и эффективности деятельности

организации, получившее широкое распространение в крупнейших зарубежных и отечественных компаниях, имеющее две стороны:

1) качество как соответствие требованиям потребителя, т.е. качество воспринимается как первичная категория – «нет качества – нет бизнеса»;

2) качество как соответствие требованиям технической документации, т.е. качество характеризуется уровнями дефектности, несоответствий, потерями на устранение, задержками и т.п.

Первая сторона качества определяет возможности бизнеса, удовлетворённость потребителя. В то время как вторая сторона качества влияет на эффективность бизнеса, в том числе на себестоимость продукции. Именно последнее из приведенных должна быть встроена в производственные процессы, при этом уровень несоответствий должен быть отработан на этапах проектирования процессов до пренебрежительно малых величин.

Исследуя назначение менеджмента качества и бережливого производства, можно сделать следующие выводы:

1) менеджмент качества обеспечивает снижение вариабельности процесса, но не обеспечивает значительное ускорение процесса (рисунок 1);

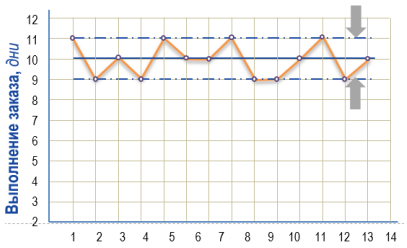


Рис. 1. Менеджмент качества. Снижение вариабельности процесса

2) бережливое производство обеспечивает значительное ускорение процесса, но не обеспечивает снижение вариабельности процесса (рисунок 2).

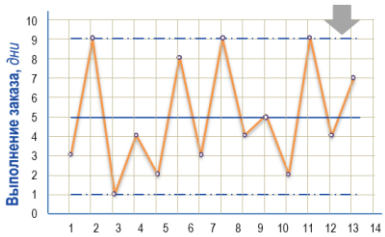


Рис. 2. Бережливое производство. Ускорение процесса

Ускоряя процесс, согласно бережливому производству, могут возникнуть различные потери, которые можно разделить на две основные группы:

1) Потери ценностей, создаваемых для потребителей (потери качества, невыполнение сроков исполнения контрактов, превышение себестоимости над ценой). Потери ценностей уменьшают доходы, поступающие от потребителей, и сокращают в перспективе число потребителей. В целом это уменьшает потоки доходов в текущие и будущие временные периоды.

2) Потери ресурсов, направляемых на создание ценностей для потребителей. Избыточные затраты ресурсов, не создающие ценности для потребителей и других заинтересованных сторон, являются потерями, как явными, так и неявными. Если научиться их выявлять и сокращать, высвобожденные ресурсы можно перенаправлять на создание новых

ценностей для потребителей и собственников, т.е. на увеличение потоков прибылей и/или замещение инвестиций в активы и оборотные ресурсы.

Как показал опыт применения СМК и бережливых производственных систем (СМБП) в отечественной и мировой практике, они позволяют на системной основе сокращать эти два вида потерь.

Но кроме потерь, связанных с качеством продукции и выявляемых в БП, существуют и другие:

1. Потери, связанные с отсутствием или не оперативностью прямых и обратных связей, такие как:

1) информация о проблемах с качеством предоставляется с задержкой. Часто поступает уже из эксплуатации;

2) информация об изменении нормативных документов, элементной базы, о появлении новых технических и технологических решений предоставляется с задержкой.

2. Потери, связанные с недостаточными знаниями, информацией и неумением накапливать знания, такие как:

1) требуется больше времени на разработку продукции и процессов, на проведение испытаний, поиск причин проблем, несоответствий, отказов.

2) проведение дополнительных ресурсоемких испытаний, решение проблем в эксплуатации

3) Не оптимальность решений (технических, технологических, организационных), невозможность найти или устранить корневые причины проблем и другие.

3. Организационные потери – потери связанные с:

1) не в полной мере распределенными ответственностью и полномочиями в СМК и СМБП,

2) нерешенными вопросы мотивации вовлеченности персонала в процессы улучшений и предоставления достоверной информации о качестве, сроках, потерях;

3) дублированием процессов, документации и соответствующих функций в СМБП и СМК организаций, дублирование при сборе и хранении данных;

4) большое количество отчетов при недостаточности в них информации, необходимой для снижения потерь.

Как видно из классификации, потери могут быть существенны. Одним из наиболее эффективных решений в части их устранения является интегрированные системы менеджмента на основе СМК и СМБП, которые позволяют выявлять и снижать их.

Сходство и различия СМК и СМБП представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сходство и различия СМК и СМБП

Сходство систем	Различие систем
Структура и методы управления документированной информацией систем, а также обменом информации Организация работ (планирование, выполнение, анализ, улучшение) Политика и цели организации в рамках систем Менеджмент риска Единые процессы как объекты управления систем менеджмента Оценка состояния систем (внутренние и внешние аудиты) Деятельность по улучшению (постоянные улучшения, корректирующие, предупреждающие действия)	Требования к разработке (мотивы) Цели, влияние на результаты бизнеса Заинтересованные стороны Разное мышление и знания/специализация (статическое-потоковое, технические аспекты и финансово-экономические аспекты)

В СМК и СМБП не заложены механизмы разрешения конфликтов, связанных с распределением ответственности, полномочий и ресурсов в области качества, сроков и затрат. Нет тех, кто уполномочен решать эти вопросы – решение чаще всего принимает ГД. Взаимодействие СМК и СМБП при решении таких вопросов очень слабое.

При одновременном функционировании СМК и СМБП возникают различные конфликты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Конфликты интересов СМК и СМБП

СМК	СМБП
Обеспечение качества: Контроль входной, межоперационный, окончательный. Остановка процессов для устранения несоответствий и корректирующих действий. 3 «НЕ …»	Снижение потерь: Снижение запасов и незавершенного производства. Сокращение действий, не добавляющих ценность. Ускорение потоков, организация непрерывного потока …
Основной объект для оценки – партия, совокупность, некоторое множество продукции	Основной объект для оценки – поток создания ценности

Как видно из предыдущей таблицы, одновременное обособленное существование двух систем ведет к хаосу производственной системы. Избежать подобного позволит создание интегрированной системы менеджмента на основе двух систем. На уровне системы менеджмента интеграция СМК и СМБП должна осуществляться через создание единой системы управления выходными характеристиками ПСЦ, обеспечивающей планирование, реализацию, контроль и улучшение ПСЦ (продукции и/или услуг) с необходимыми характеристиками качества, стоимости и времени потока продукции в соответствии с требованиями потребителей и других заинтересованных сторон организации.

Итогом деятельности ИСМ организации является обеспечение выходного потока продукции для потребителей, который характеризуется тремя основными параметрами – качество, стоимость, время поставки. Совокупное применение методов и подходов качества и БП позволяет разработать полную группу показателей, характеризующих выходной поток продукции, и осуществлять интегрированное управление им как в интересах потребителя, так и в интересах других заинтересованных сторон. Объектом управления ИСМ качества и БП является система взаимосвязанных процессов.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53893-2010. Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента. Описание стандартов. М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
2. ГОСТ Р 56404-2015. Бережливое производство. Требования к системам менеджмента. М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
3. ГОСТ Р 57522-2017 Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства. Описание стандартов. М.: Стандартинформ, 2017. – 21 с.
4. ГОСТ Р 57524-2017 Бережливое производство. Поток создания ценности. Описание стандартов. М.: Стандартинформ, 2017. – 18 с.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Медведева М.В., Семенов В.П.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с процессом выявления и структурирования затрат на качество, а также представлен алгоритм классификации затрат на качество, позволяющий определить к какой группе относятся те или иные затраты (по подходу Джурана-Фейгенбаума), а также учесть их взаимосвязь с принципами менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования».

Ключевые слова: система менеджмента качества, затраты на качество, управление затратами на качество, структурирование затрат на качество

В условиях непостоянства рыночной среды, существования жесткой конкуренции и повышенного интереса к принципу управления всеми аспектами экономической деятельности, особую актуальность приобретают вопросы, связанные с процессом постоянного улучшения деятельности компании.

Одним из наиболее важных аспектов этого процесса является его затратная составляющая. Как правило, организации в настоящее время отлично знают, как структурировать и вычислять те или иные затраты, возникающие в процессе деятельности. Однако, получившая в последнее время невероятную популярность концепция ориентации на качество внесла новый взгляд на процесс определения и структурирования затрат, а, конкретнее, затрат на качество. Результаты изучения вопросов управления затратами на качество можно увидеть во многих работах таких зарубежных исследователей, как А. Фейгенбаум, Дж. Джуран, Г. Тагути, Э. Деминг, К. Исикава, Ф. Кросби, Ю. П. Адлер, С. Е. Щепетова, Ю. Л. Голина и др.

Именно труды этих исследователей, послужили основой создания принципов управления качеством, позволили разработать серию международных стандартов по качеству и сделали возможным их применение на практике.

Однако, важно отметить, что на протяжении многих лет, в то время как большинство исследований и ресурсов были направлены на то, как добиться качества в производстве, лишь малая доля внимания уделялась стоимости качества и еще меньше рассуждениям о том, как оптимизировать затраты при достижении поставленных целей.

Обращаясь к терминологии, можно выделить следующее определение: под затратами на качество понимаются все затраты, которые понесены для предотвращения дефектов в продуктах, а также потери, которые являются результатом дефектов в продуктах. [3]

Здесь важно добавить, что затраты на качество связаны не только с производством, скорее, они относятся ко всем видам деятельности, от начальных исследований и разработок (НИОКР) до обслуживания потребителей. Таким образом, при расчете стоимости качества учитывается полный жизненный цикл продукта (а не только жизненный цикл проекта). Именно поэтому, в научном сообществе, особую важность признали в определении того, как измерять и управлять затратами на качество.

Рассматривая существующие способы структурирования затрат на качество наиболее популярным из них, является разделение затрат на 2 вида: затраты на соответствие и затраты на несоответвие (по Ф. Кросби), которые условно принято разделять на 4 группы:

затраты на предупредительные мероприятия и затраты на контроль, а также внутренние и внешние потери (подход Джурана-Фейгенбаума). [2]

Как правило, проблема заключается в определении того, к какому типу затрат отнести те или иные выявленные затраты в организации, а также понимании, относятся ли эти затраты к деятельности системы менеджмента качества.

Ориентируясь на принципы, представленные в требованиях к системе менеджмента качества в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001, можно, совместив подходы к структурированию затрат, выделенные выше, представить следующий алгоритм, позволяющий отнести затраты на качество к той или иной группе (см. рис.1).

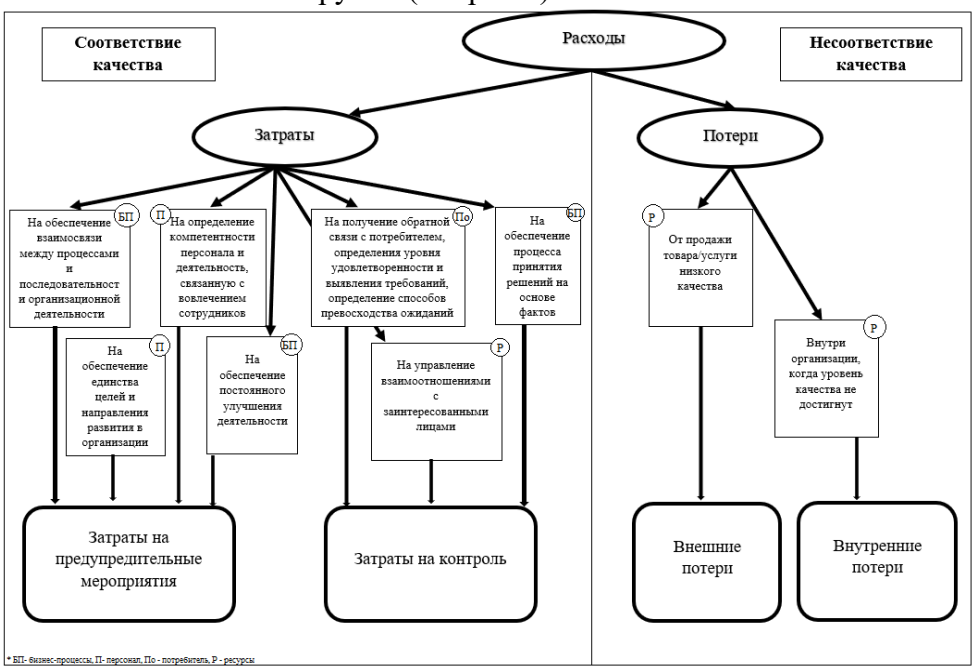


Рис. 1. Алгоритм классификации затрат на качество

Помимо распределения затрат по 4 группам, в алгоритме также представлено разделение принципов качества на 4 вида взаимосвязи с деятельностью организации: бизнес-процессы, ресурсы, персонал и потребитель. Данное распределение позволит более конкретно определять влияние затрат на ту или иную сферу как внутренней, так и внешней среды организации.

Представленный алгоритм, разумеется, не позволяет в полной мере разрешить проблему выявления затрат на качество в организации, но позволит упростить процесс их структурирования, а также выявления «зон влияния», который позволит не только упростить процесс определения эффективности и результативности системы менеджмента качества в организации, но также послужит отличной информационной базой для устранения несоответствий, а взаимосвязь с принципами менеджмента качества позволит более детально понимать и соответствовать требованиями международного стандарта.

Список литературы

1. Ф 1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования – М.: Стандартинформ. 2020. – 24 с.
2. Семенов В.П. Методы оценки эффективности систем качества. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. 160 с.
3. Cost of Quality [Электронный ресурс] URL: https://quality-one.com/coq/ (дата обращения 12.04.21).

ВЛИЯНИЕ РИСК- МЕНЕДЖМЕНТА НА РАЗВИТИЕ КОМПАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО “ГАЗПРОМ”

ПРЕЙС В.Е.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Риск-менеджмент – это полезнейший инструмент, дающий организации возможность своевременно определять различного рода угрозы или возможности, оценивать их, а также формировать комплекс действий для уменьшения или увеличения их последствий. В данной статье рассмотрена внутренняя документация компании ПАО “Газпром” в области рисков, а также курс акций компании , что позволяет делать какие-либо выводы об управлении рисками в организации и их влиянии на её развитие.

Ключевые слова: риск, риск-менеджмент, влияние риск-менеджмента, компания ПАО ”Газпром”.

В последнее время, все события происходят с огромной скоростью, а сразу оценить степень влияния рисков, которые эти события за собой влекут, просто не представляется возможным. Именно поэтому грамотное управление рисками, а также сформированный комплекс действий, основанный на результатах анализа рисков, помогает многим компаниям с легкостью справляться с любыми трудностями.

Риск-менеджмент на предприятии – это совокупность мероприятий и методов позволяющих анализировать, планировать, предугадывать риски для возможного дальнейшего воздействия на них. В стандарте ISO 31000 дано следующее определение риск – менеджменту: “Менеджмент риска (risk management): Скоординированные действия по руководству и управлению организацией в области риска” [1]. В свою очередь риск согласно тому же стандарту описывается, как следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей. Так же стоит отметить, что, не вдаваясь в подобную классификацию, риски можно разделить на три основные группы по степени влияния на организацию: отрицательный, нулевой, положительный.

25 декабря 2018 года компания ПАО “Газпром” утвердила обновленную политику управления рисками и внутреннего контроля, разработанную на основе стандарта ISO 31000. Эта политика направленна на развитие и совершенствование системы управления рисками и внутреннего контроля ПАО «Газпром» и организаций Группы Газпром. Она определяет основные принципы и подходы к организации системы управления рисками и внутреннего контроля, устанавливает компоненты системы управления рисками и внутреннего контроля, ее цели и задачи, а также определяет основные задачи и распределение полномочий участников системы управления рисками и внутреннего контроля. Стоит отметить, что это решение было правильным, хотя и далось довольно-таки тяжело, т.к. группа Газпром является весьма обширной, и принятая политика должна быть принята во всех смежных организациях, а также на всех этапах их деятельности.

В этой политике была разработана система управления рисками и внутреннего контроля (СУРиВК). СУРиВК - это совокупность взаимосвязанных организационных мер и процессов, организационной структуры, локальных нормативных актов Общества и организаций Группы Газпром, иных документов, методик и процедур (положения, регламенты, стандарты и методические указания), норм корпоративной культуры и действий, предпринимаемых работниками структурных подразделений Общества и организаций Группы Газпром, направленная на обеспечение достаточных гарантий достижения целей и решения задач, а также поддержку работников структурных

подразделений Общества и организаций Группы Газпром при принятии решений в условиях неопределенности.

Целями СУРиВК являются:

– обеспечение достаточной уверенности в достижении стоящих перед Обществом и организациями Группы Газпром целей;

– обеспечение надлежащего контроля финансово-хозяйственной деятельности Общества и организаций Группы Газпром

Задачами СУРиВК являются:

1. поддержка систематических и непрерывных процессов Идентификации и Оценки рисков; сокращение числа непредвиденных событий ;
2. эффективное Управление рисками, совершенствование процессов принятия решений по Реагированию на риски; повышение эффективности использования и распределения ресурсов на Мероприятия по управлению рисками и выполнение Процедур внутреннего контроля;
3. разработка способов Реагирования на риск, Мониторинг рисков и выполнение Мероприятий по управлению рисками, эффективное и оперативное реагирование на изменения Факторов риска; систематизация и накопление информации о потенциальных и реализовавшихся рисках
4. установление предельно допустимых и пороговых уровней риска
5. разработка процедур внутреннего контроля для своевременного реагирования на риск
6. выявление недостатков
7. распределение полномочий
8. формирование методологической базы
9. создание отчетности
10. создание условий для своевременной подготовки отчетности
11. создание информационной среды для планирования деятельности и принятия управленческих решений
12. повышение устойчивости и эффективности финансово-хозяйственной деятельности Общества и организаций Группы Газпром;
13. обеспечение сохранности активов, а также эффективное использование и распределение ресурсов;
14. повышение уровня Управления рисками, укрепление доверия инвесторов и других заинтересованных лиц;
15. обеспечение соблюдения законодательства и локальных нормативных актов

Основные принципы СУРиВК :

1. Принцип системности (интегрированности).
2. Принцип комплексности.
3. Принцип соответствия (целям).
4. Принцип достаточной уверенности. СУРиВК направлена на обеспечение достаточной (высокой), но не абсолютной гарантии достижения целей и решения задач
5. Принцип адаптивности и развития. СУРиВК предусматривает мониторинг и адаптацию, гибкое реагирование на изменение внутренних и внешних условий деятельности.
6. Принцип существенности и ресурсного обеспечения.(Распределение соответствующих ресурсов и мероприятий по степени важности риска)
7. Принцип непрерывности (функционирования)

8. Принцип взаимодействия и коллегиальности.
9. Принцип ответственности. Определение в локальных нормативных актах Общества и организаций Группы Газпром прав и обязанностей участников.
10. Принцип разделения обязанностей.
11. Принцип оценки результатов.
12. Принцип структурированности и оперативности.
13. Принцип единой нормативной среды.
14. Принцип экономической целесообразности
15. Принцип трех линий защиты:

- Первая линия защиты — Управление рисками и Внутренний контроль на уровне Бизнес-процессов.
- Вторая линия защиты — формирование единой политики в области Управления рисками и Внутреннего контроля, методологическое обеспечение ее реализации, а также координация деятельности структурных подразделений.
- Третья линия защиты — внутренняя оценка эффективности .

После принятия политики в области рисков прошло два полных года (на апрель 2021 года). За это время в мире произошло огромное количество событий , которые как и прямо , так и косвенно влияли на ПАО “Газпром ”. Менеджмент рисков помогает компании выбрать правильное направление своего дальнейшего развития, а курс акций компании является одним из определяющих показателей корректности этого направления. Именно поэтому предлагаю рассмотреть показатели компании за данный временной промежуток. (см. Рисунок 1)

Рис. 1. Курс Акций Компании ПАО “Газпром”

На основе данного графика , а так же исходя из того что на риски компании ПАО “Газпром” влияло огромное количество факторов , включая топливно-энергетические войны между компаниями , нарастающую конкуренцию , пандемию COVID-19 SARS,

политические аспекты (затрагивающие компанию), обновленный список санкций, возможная остановка важнейшего проекта компании – газопровода Северный поток-2, можно с уверенностью заявить, что Газпром показывает уверенный рост , а управление рисками играет в нем одну из ключевых ролей.

В заключении хотелось бы отметить , что возможность компании вовремя реагировать на изменения , нападки конкурентов или на динамичность среды определяет её положение в бизнесе , а также пути её дальнейшего развития. Как писал Чарльз Дарвин в “Происхождении видов”, выживает наиболее приспособленный , а в экономике грамотный менеджмент рисков является показателем этой приспособленности.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска Принципы и руководство. М.: Стандартинформ, 2020
2. Официальный сайт компании ПАО “Газпром”. Основные факторы риска. URL: https://www.gazprom.ru/investors/corporate-governance/risk-factors (дата обращения: 24.04.2021)
3. Официальный сайт компании ПАО “Газпром”. Политика управлениями риска и внутреннего контроля ПАО “Газпром” URL: https://www.gazprom.ru/f/posts/93/485406/risk-internal-control-policy.pdf (дата обращения: 24.04.2021)
4. Google-финансы. Курс акций компании ПАО “Газпром”. URL: https://www.google.com/finance/quote/GAZP:MCX (дата обращения: 22.04.2021)
5. А.Н. Фомичев. Риск-менеджмент. Издательство: Дашков и К, 2011 г.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРАВИЛАМ GMP СОТРУДНИКОВ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

Прядко Д. В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются особенности внедрения системы дистанционного обучения правилам GMP сотрудников фармацевтической компании. Переход на модель дистанционного обучения особенно актуален в современных условиях. Для фармацевтической компании главной проблемой при внедрении дистанционного обучения является выбор компьютеризированной системы, пригодной для целей обучения GMP. В качестве ключевого момента проекта внедрения системы выступает составление технического задания с перечнем требований к компьютеризированной системе и возможностью валидации.

Ключевые слова: GMP, дистанционное обучение, компьютеризированная система, валидация.

Как известно, правила надлежащей производственной практики были утверждены приказом Минпромторга России 14 июня 2013 г. N 916 (в ред. Приказа Минпромторга России от 18.12.2015 N 4148) и являются обязательными, а не добровольными для производителей лекарственной продукции. Переход фармацевтических компаний на производство продукции в соответствии с требованиями GMP процесс небыстрый и весьма затратный, кроме того, он затрагивает абсолютно всю деятельность компании и каждого ее отдельного сотрудника. Последнее выражается в необходимости проведения обучения персонала правилам GMP.

Важно отметить, что персоналу и его обучению в правилах GMP отводится особое место. Так в Приказе Минпромторга N 916 про персонал и его обучение сказано следующее:

«Организация и функционирование надлежащей системы обеспечения качества и надлежащего производства лекарственных препаратов зависят от человеческого фактора. По этой причине производитель должен иметь в своем распоряжении достаточное количе-

ство квалифицированного персонала…Весь персонал знает положения настоящих Правил, относящиеся к его деятельности, а также проходит первичное и последующее непрерывное обучение...Обучение персонала должно проводиться по учебным программам, утвержденным соответственно руководителем производства либо руководителем подразделения контроля качества» [1].

На практике доказано, что человеческий фактор является одним из основных источников риска для качества лекарственной продукции. Большинство процедур в производстве и при проведении контроля качества предполагает непосредственное участие сотрудников. Например, контроль за параметрами окружающей среды; визуальный осмотр на предмет несоответствий; ручные операции - взвешивание сырья, смешивание компонентов; очистка оборудования или помещений. Таким образом квалификация персонала является критическим фактором для производства и качества лекарственной продукции. Неправильный подбор персонала; низкая квалификация; отсутствие системы обучения; нарушение правил личной гигиены; нарушение порядка входа и выхода в производственные помещения — это и многое другое является риском для качества и безопасности лекарственных средств [2].

Не всегда новые сотрудники обладают достаточным опытом и навыками, кроме того, самая главная сила – знания, быстро устаревает, особенно если речь идет о такой динамичной отрасли, как фармацевтическая. Опыт, полученный в других организациях, нередко требует адаптации к новым условиям. В дополнение к профессиональному обучению персонала, занятого в производстве и контроле качества, для приобретения необходимой для конкретной деятельности квалификации и практических навыков необходимо проводить регулярное обучение, включая обучение в случае должностных изменений. Важно отметить, что постоянное обучение позволяет достичь понимания работниками специфических рисков производства лекарственной продукции, понимание важности GMP для предприятия, понимания системы качества, усвоения обязательных норм и правил, понимание документации СМК, поддержание профессиональных компетенций, адаптации персонала к изменяющимся условиям.

Обычно обучение GMP в компаниях проводят в очном режиме в формате лекций, по результатам которой проводится тестирование для проверки усвоения информации. Во время лекций используется разного рода презентационный и раздаточный материал. Однако совсем недавно все компании столкнулись с новыми реалиями, когда в период пандемии любые очные встречи были недоступны. Тогда более продвинутые и быстро адаптирующиеся компании прибегли к проведению дистанционного обучения, но большинство просто отложило этот процесс до «лучших времен». В данной статье предлагается рассмотреть некоторые вопросы внедрения системы дистанционного обучения правилам GMP для сотрудников фармацевтической организации. При этом подразумевается, что такая система полностью или частично заменит стандартный формат очных обучений.

Если речь идет о системе дистанционного обучения GMP, нужно понимать, что недостаточно просто проводить лекции на одной из известных платформ для дистанционного общения, таких как Zoom или Teams. В правилах GMP есть конкретные требования касательно компьютеризированных систем, в том числе и систем для обучения: «применение компьютеризированной системы должно быть валидировано» [3]. В данном случае речь идет о компьютеризированных системах, которые отвечают следующим критериям:

- Компьютеризированная система или ее отдельные модули может повлиять на безопасность, подлинность, эффективность, качество, или чистоту продукта;
- Компьютеризированная система включает GMP- записи;

- Компьютеризированная система влияет на GMP-процессы;
- Компьютеризированная система классифицирована как критичная бизнес-система.

Валидация компьютеризированной системы – документально оформленные действия, обеспечивающие высокую уверенность, что компьютеризированная система соответствуют заданным требованиям, и ее применение будет постоянно приводить к результатам, соответствующим заранее установленным критериям приемлемости. Таким образом необходимо, чтобы все стадии жизненного цикла компьютеризированной системы были включены в валидационную документацию. Компьютеризированная система должна периодически оцениваться для подтверждения того, что оно остается в валидированном состоянии и соответствуют требованиям GMP, любые значительные изменения системы требуют проведения ревалидации. Оценка компьютеризированной системы может включать: оценку текущего диапазона функциональных возможностей, записей отклонений, сбоев, проблем, истории обновлений, отчеты об эксплуатации, защищенности и о валидационном статусе.

И здесь может возникнуть проблема, не каждая система соответствует требованиям, предъявляемым GMP. На рынке продуктов для дистанционного обучения много таких, которые не пригодны для целей обучения GMP. Как правило, это выражается в ограничении возможностей для проведения валидации компьютеризированных систем. Поэтому, если рынок не предлагает готовые продукты, то решением этой проблемы становится разработка своей собственной системы. О том, как именно происходит создание такой системы, в данной статье говориться не будет. Рассмотрим ключевую часть проекта внедрения системы для дистанционного обучения GMP, а именно формирование технического задания для разработчиков, при этом в данном случае неважно обращается ли компания к собственным разработчикам или сторонним.

Предположим, что специалисты компании, занимающиеся обучением GMP, обозначили необходимость во внедрении компьютеризированной системы для дистанционного обучения сотрудников. В их видение такая система должна содержать основные модули: обучающий модуль с лекциями по GMP в формате видеолекций, модуль с теоретическим и презентационным материалом, модуль для прохождения тестирования. Теперь необходимо составить техническое задание для команды разработчиков, чтобы готовая система была пригодна для целей обучения GMP. Далее рассмотрим основные моменты, которые должны быть включены в техническое задание:

1. Оценка GMP критичности.

Под GMP критичностью понимается степень влияния на возникновение дефектов качества лекарственной продукции. Оценку выполняют с целью определения необходимости валидации и определения применимости различных типов требований к системе. В данном случае система попадает в GMP контур, а значит должна предусматривать проведение валидации.

2. Подготовка спецификации требований пользователя/User Requirements Specification) (URS).

В данной спецификации указаны все рекомендованные требования, которые пользователь может убрать, либо дополнительно добавить то, что не указано. Требования, включенные в URS, должны быть четко определены и понятны. Требования должны быть такими, чтобы их можно было проверить в ходе последующих этапов проекта. Требования должны включать в себя:

- Требования к бизнес-процессу;
- Корпоративные требования;

- Ограничения по использованию, если применимо;
- Данные, которые должна генерировать компьютеризированная система;
- Условия эксплуатации, если применимо;
- Требования к интерфейсу компьютеризированной системы, если запланировано, что система будет связана с другими системами;
- Требования к правам доступа и авторизации;
- Другие требования.

При необходимости URS может включать приложения, рисунки, схемы и др.

3. Описание модулей. Здесь предоставляется подробное описание всех модулей, которые должны быть включены в компьютеризированную систему: описание бизнес-процесса, изменения, риски и др.

Таким образом становится очевидно, что внедрение компьютеризированной системы для обучения сотрудников требует особых усилий, как со стороны разработчиков, так и со стороны сотрудников, ответственных за процесс обучения. Роль последних в этом проекте высока, ведь именно они формируют требования, критерии к системе, описывают модули и элементы, и в конце концов, являются владельцами процесса. Из явных преимуществ внедрения системы дистанционного обучения правилам GMP можно выделить следующие:

1. Экономия времени сотрудников: обучение можно проходить в удобное время, не подстраиваясь под групповые лекции;

2. Независимость компьютеризированной системы от конкретных специалистов: уход сотрудника по обучению скажется не так сильно на работе системы, так как процесс в ней уже запрограммирован;

3. Систематический подход к обучению и контролю за его результатами;

4. Автоматизированная оценка эффективности обучения, по результатам которой сотрудник получает доступ к работе;

5. Экономия при выборе электронного хранения записей и других документов.

Так или иначе, организация системы дистанционного обучения правилам GMP – это выбор компании, при этом правила GMP и другие регламентирующие фармацевтическую отрасль стандарты предоставляют такую возможность. В настоящее время многие компании всерьез задумались об отказе от традиционного очного обучения в пользу новой модели дистанционного обучения.

Список литературы

1. Персонал (Глава 2) [Электронный ресурс]: Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 14 июня 2013 г. N 916 "Об утверждении правил надлежащей производственной практики" (с изменениями и дополнениями). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Основы GMP 2.1 Система обучения 2017 С. 2-3 URL: https://docplayer.ru/38577595-Tema-2-1-sistema-obucheniya.html (дата обращения 19.04.2021).
3. Компьютеризированные системы (Приложение №11) [Электронный ресурс]: Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 14 июня 2013 г. N 916 "Об утверждении правил надлежащей производственной практики" (с изменениями и дополнениями). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕСТОРАНОВ

Соцков Р.А., Прейс В.Е.

Аннотация. В данной статье рассматривается ресторанный бизнес, а именно управление качеством услуг ресторанов. Эта сфера предпринимательской деятельности на данный момент является очень популярной, а следовательно, имеет огромнейшую конкуренцию. В статье приведена трактовка понятия «качество обслуживания ресторанов». Отмечено о важности создания стандартов поведения и исполнения рабочих процедур для сотрудников при управлении качеством в сфере обслуживания ресторанов. Раскрыты методы анализа качества обслуживания. Перечислена факторы, решающие при выборе того или иного ресторана.

Ключевые слова: управление, качество, сфера обслуживания, ресторан

В данной статье рассматривается ресторанный бизнес, а именно управление качеством услуг ресторанов. Эта сфера предпринимательской деятельности на данный момент является очень популярной, а следовательно, имеет огромнейшую конкуренцию. Правильно организованное обслуживание в ресторане, учитывающее потребности гостей, на которых ориентирован ресторан, становится одним из важнейших факторов успеха ресторана в современном мире. Вопрос качества обслуживания актуален для любого ресторана. От удовлетворенности гостя зависит вернется ли он в заведение, порекомендует ли он его друзьям и знакомым.

Ресторан, добившееся высокого качества обслуживания гостей, может рассчитывать не только на увеличение прибыли, но и на укрепление конкурентных преимуществ заведения на рынке, стабильность дальнейшей работы.

А. С. Давыдов, С. Ф. Артемова отмечают о том, что «на сегодняшний день качество обслуживания, помимо удобного расположения, широкого ассортимента, лидирующих позиций в товарной группе, а иногда и конкурентных цен, включает в себя такие факторы, как адекватность персонала компании, знание продукта, участие персонала в процессе подбора товара, его заинтересованность и инициативность»[1].

В современных реалиях в высокий приоритет возводят достижение высокого качества продукции и услуг, что в конечном счете и является определяющим фактором при целеполагании и созданию задач для организации (ресторана). Обусловлено это рядом факторов, основными в котором являются:

1. Фактор качества, как необходимого условия для уверенной борьбы за расположение клиента.

2. Повышение требований к качеству, для повышения эффективности производства, что является одним из превалирующих факторов существования организации в сфере ресторанного бизнеса.

3. Отсутствие системы качества влечет за собой тяжкие и необратимые последствия для любого предприятия.

Высокое качество обслуживания клиентов является не только конкурентным преимуществом ресторана, но и сильно влияет на формирование лояльности клиентов, смещает акцент с вопроса стоимости на вопрос удовлетворенности обслуживанием. Н. В. Береза, К. О. Сосипатрова пишут о том, что «существует пять основных характеристик для изме-

[1] Давыдов А. С. Управление качеством обслуживания в ресторане / А. С. Давыдов, С. Ф. Артемова // E-Scio. – 2019. – № 4(31). – С. 339-345

рения качества обслуживания: надежность, отзывчивость, уверенность, эмпатия и материальные ценности. Поэтому недостаточно, если удовлетворенность клиента измеряется только материальными аспектами, она должна включать и другие четыре аспекта»[2].

Управление качеством услуг включает в себя создание стандартов поведения и исполнения рабочих процедур для сотрудников различных категорий, организацию системы обучения сотрудников, четкое определение задач, мониторинг и оценку результатов работы на основе указанных стандартов. Как справедливо отмечает И. Ермишкина, «стандарты качества обслуживания должны быть доступным и понятным руководством к действию, которое включает в себя подробное пошаговое описание того, как должны вести себя члены команды и как выполнять конкретную задачу. Эффективное сочетание личного и делового уровней в обслуживании делает сервис ярким и запоминающимся, помогает завоевать лояльность гостей. Таким образом, стандарты ресторана, их реальная форма и содержание являются критерием качества обслуживания»[3].

Методы анализа качества обслуживания очень важны для ресторанов. Например, метод точек соприкосновения позволяет детально разделить функции сотрудников. На основе этого метода можно создавать должностные инструкции и проводить тренинги по обслуживанию для сотрудников, что может быть очень полезно для повышения их квалификации и отношения к работе в целом. Применение методов анализа обслуживания позволит бороться с небрежностью в коллективе, привить у сотрудников внимание и сочувствие к каждому клиенту, изучать их потребности и стараться найти индивидуальный подход к каждому гостю. Доведенная до автоматизма система обслуживания клиентов, в которой работают внимательные и заботливые сотрудники – это большое конкурентное преимущество ресторана, которое позволяет сконцентрироваться на качестве обслуживания и является дополнением к решению проблемы реализации продукции, а также сформировать группу постоянных удовлетворенных потребителей услуг ресторана.

Этическое обслуживание занимает особое место в работе ресторана. Высокая этическая культура является обязательным качеством для любого работника ресторана – это первое моральное требование. Грубость, отсутствие такта, неуважительное отношение к людям недопустимы в любой сфере деятельности, но тем более в сфере услуг. Независимо от метода обслуживания, все сотрудники ресторана должны руководствоваться определенными правилами, направленными на обеспечение максимального комфорта гостю. Основное правило должно заключаться в том, что персонал безупречно вежлив, внимателен и тактичен. Гости должны всегда видеть обслуживающий персонал, но никогда не слышать, как они разговаривают друг с другом. Популярность многих ресторанов часто находится в прямой зависимости от этической культуры обслуживания.

Производственные, организационные и эстетические аспекты не исчерпывают всех форм качества обслуживания в современном ресторане. Как справедливо отмечает И. С. Горячкина, «чтобы иметь действительно качественное обслуживание, недостаточно иметь современное и красивое предприятие с техническим оснащением. Важно, чтобы в ресторане работали квалифицированные и компетентные сотрудники. Доброжелательное отношение к клиенту должно выражаться с момента его прихода в ресторан, так как вежливая и внимательная встреча в определенной степени помогает улучшить его психологиче-

---

[2] Береза Н. В. Проблемы качества обслуживания ресторанного бизнеса в России / Н. В. Береза, К. О. Сосипатрова // Экономика и социум. – 2016. – № 5-1(24). – С. 289-293

[3] Ермишкина И. Управление качеством услуг [Электронный источник]//Режим доступа: https://restoranoff.ru/solutions/management/upravlenie-kachestvom-uslug/ (Дата обращения: 25.04.2021)

ское состояние. Очень важно обеспечить индивидуальный подход к клиенту, он заключается в учете личных особенностей, интересов, склонностей. Все сотрудники обслуживания должны хорошо понимать нравственные требования своей работы. При принятии решения о приеме на работу полезно выяснить уровень образования кандидата, обладает ли он коммуникативными навыками, устойчив ли человек к стрессу и конфликтам и т.д.»[4].

Рассматривая с точки зрения потребителя, давайте определимся, что же является для нас решающим фактором при выборе того или иного ресторана.

Е. С. Андреянов, М. Н. Быковская пишут о том, что «современные гости при посещении ресторана руководствуются устоявшейся константой: соотношением цены и качества. Чем выше ценовая категория заведения, тем выше ожидания клиентов от качества обслуживания. Это не значит, что в заведении с низкими ценами гости не ожидают хорошего обслуживания, наоборот, для того, чтобы гость был доволен и вернулся в заведение, руководство должно обеспечить высокий уровень обслуживания любой ценой, и тогда заведение окажется в выигрыше»

Возникновение заинтересованности к какому-либо месту у нас может возникнуть тремя основными способами:

1. Спонтанное решение
2. Совет наших знакомых, друзей, приятелей
3. Решение, как результат взаимодействия человека с маркетинговой кампанией организации

Проведя анализ данных способов, можно с легкостью заметить, что качество может помочь нам привлечь потребителя, путем воздействия на каждый из пунктов. Давайте поговорим про каждый по порядку.

Спонтанное решение. Оно обусловлено тем, что было принято без веских на то оснований, лицо принимающее решение не знает, что его может ожидать при посещении ресторана, и на принятие этого решения организация (ресторан) повлиять никак не можем. Но организация, может повлиять на дальнейшие посещения ресторана, т. е. предпринять действия по удержанию расположения клиента, а качество будет играть в этом ключевую роль.

Совет. Это решение, также как и спонтанное служит своеобразным методом удержания клиента, а также методом привлечения новых. Проанализировав любую беседу, в которой речь касается ресторана, то мы с легкостью сможем выделить критерии качества, которые являются важными для человека, который советует ресторан, а также могут оказаться важными для человека, которому советуют ресторан.

Взаимодействие с маркетинговой кампанией. В ходе этой кампании любая организация пытается воздействовать на какие-то ожидания потребителя, путем показа своих сильных сторон. Рассматривая качество, как соответствие ожидания – требованиям, не трудно заметить, что при использовании системы управления качеством организацией (рестораном), а также при ознакомлении потенциального потребителя с элементами этой системы в маркетинговой кампании, с большей вероятностью явит собой усиление интереса к организации.

---

[4] Горячкина И. С. Управление качеством обслуживания в ресторанах / И. С. Горячкина // Активизация интеллектуального и ресурсного потенциала регионов: новые вызовы для менеджмента компаний : материалы Всероссийской конференции, Иркутск, 19 марта 2015 года / под научной редакцией С. В. Чупрова. – Иркутск: Байкальский государственный университет экономики и права, 2015. – С. 64-67

Н. В. Береза, К. О. Сосипатрова справедливо считают, что «в ресторанном бизнесе очень важно соответствовать ожиданиям клиента, потому что довольный клиент создает хорошее мнение у других о качестве обслуживания в этом ресторане. Почти во всех ресторанах есть недовольные клиенты, даже если на первый взгляд все идеально и ресторан успешен по всем критериям. Эти проблемы должны быть решены квалифицированным персоналом, чтобы недовольный клиент вернулся в ресторан. То есть, исправить все жалобы, которые высказал клиент, вместо того, чтобы оставлять все как есть и думать, что этот гость не вернется и такая проблема больше не повторится. Рынок оценивает рестораны, которые получают смешанные отзывы от гостей как посредственные. Ресторан, который стремится к хорошей репутации, должен работать намного лучше»[5]

Список литературы

1. Андреянов, Е. С. Проблемы культуры обслуживания на предприятиях сферы услуг общественного питания / Е. С. Андреянов, М. Н. Быковская // Современные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий: Материалы Международной научно-практической конференции: в 2 томах, Хабаровск, 30 апреля 2019 года / Под редакцией М. В. Ивашкина, А. В. Колесникова. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2019. – С. 146-149
2. Береза Н. В. Проблемы качества обслуживания ресторанного бизнеса в России / Н. В. Береза, К. О. Сосипатрова // Экономика и социум. – 2016. – № 5-1(24). – С. 289-293
3. Горячкина И. С. Управление качеством обслуживания в ресторанах / И. С. Горячкина // Активизация интеллектуального и ресурсного потенциала регионов: новые вызовы для менеджмента компаний : материалы Всероссийской конференции, Иркутск, 19 марта 2015 года / под научной редакцией С. В. Чупрова. – Иркутск: Байкальский государственный университет экономики и права, 2015. – С. 64-67
4. Давыдов А. С. Управление качеством обслуживания в ресторане / А. С. Давыдов, С. Ф. Артемова // E-Scio. – 2019. – № 4(31). – С. 339-345
5. Ермишкина И. Управление качеством услуг [Электронный источник]//Режим доступа: https://restoranoff.ru/solutions/management/upravlenie-kachestvom-uslug/ (Дата обращения: 25.04.2021)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

ЩЕРБАКОВА Д.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Бережливое производство подразумевает снижение издержек и потерь во время изготовления продукции и позволяет оптимизировать процесс функционирования большинства предприятий. Целью статьи является разбор и анализ успешности внедрения данной системы в России и перспективы её дальнейшего развития на крупных предприятия с целью улучшения процесса их работы.

Ключевые слова: бережливое производство, качество, стандарт

Каждое производство в настоящее время рассматривается в виде совокупности различных процессов, которые создают продукцию из материала. Каждый процесс контролируется операциями, которые выполняют люди и оборудование. Таким образом, при рассмотрении процесса мы видим совокупную картину приобретения сырья и изготовления продукции. Для улучшения производства важно рассматривать и анализировать процессы

[5] Береза Н. В. Проблемы качества обслуживания ресторанного бизнеса в России / Н. В. Береза, К. О. Сосипатрова // Экономика и социум. – 2016. – № 5-1(24). – С. 289-293

и операции отдельно, поскольку именно улучшение всех составляющих частей позволяет усовершенствовать общее функционирование организации [1].

Существует два основных способа улучшения процессов – улучшение готового изделия и улучшение методов его изготовления (организация производства и совершенствование технологий). Именно второй способ заслуживает особого внимания, поскольку ставит перед производителем вопрос о том, каким образом можно совершенствовать производства и все составляющие процессов. В этот момент появляется такой термин как «бережливое производство». Бережливое производство представляет собой современную концепцию управления, которая ставит перед собой цель – устранить все издержки и потери на каждом этапе производства и вовлечь весь персонал в оптимизацию производства, ориентированного на потребителя. Обычно при бережливом производстве все процессы, не представляющие ценность, сокращаются постепенно. При таком подходе весь процесс функционирования предприятия рассматривается с точки зрения клиента и выгоды для него. В большинстве случаев ценность для потребителя создаётся на самых коротких частях производственного цикла и занимает самую малую его часть, а значит всё остальное является потерями, согласно бережливой концепции. К примеру, вредит производству длительный простой оборудования, плохая организация рабочих мест и логистики.

Бережливое производство является альтернативой массовому производству, следование которому не так выгодно предприятию, и имеет несколько особенностей, таких как работа в команде, доступная информация, максимально эффективное использование ресурсов и непрерывное улучшение всех процессов. Более того, бережливое производство предусматривает полностью бережливое предприятие, поскольку для контроля изготовления продукции важно иметь усовершенствованный процесс управления самой компанией. При этом весь процесс производства строится на изучении требований потребителя и совершенствовании всех процессов для удовлетворения этих целей.

При внедрении данной концепции всем сотрудникам важно держать в голове принципы снижения затрат, основные источники потерь на предприятии и фазы внедрения бережливого производства. Внедрение же осуществляется с использованием нескольких основных принципов[3]:

1. Важно разработать план подготовки персонала и ответственных лиц в зависимости от конкретного предприятия и его потребностей, а также с учётом навыков сотрудников;
2. Необходимо использовать все имеющиеся ресурсы для обучения и иметь план, который подразумевает наличие универсальных методов обучения;
3. Ориентироваться нужно на ценность продукта для потребителя и направить основные силы на их удовлетворение, оставив только полезные процессы;
4. Отказаться от действий, которые приносят потери, проанализировав каждый этап производства;
5. Избегать простоев и ожиданий в процессе производства;
6. Совершенствование должно быть непрерывным.

Бережливое производство в России начали внедрять в 2004 году, используя методы «6 сигм», «5с», «TQM» и прочие. Однако даже к настоящему моменту существует не так много литературы, которая помогла бы предприятиям наиболее подробно изучить данную концепцию для успешного внедрения.

На данный момент уровень производительности труда в России ниже, чем в западных странах, поскольку количество квалифицированных кадров с опытом в оптимизации производства очень мало. Однако те предприятия, которые уже начали работать по принципу

бережливого производства, говорят о сокращении затрат, сокращении производственного цикла более чем в 2 раза, а также об увеличении эффективности оборудования.

Первыми в России данную концепцию начали внедрять компании КамАЗ, «Группа ГАЗ», «Русап» и другие. На опыте этих компаний можно сказать, что бережливое производство начинают внедрять при возникновении проблем на предприятии и падении рентабельности. А при получении первых результатов компании не останавливаются, а следуют принципу непрерывного улучшения, имея благодаря этому ощутимые преимущества перед конкурентами. К примеру, «Группа ГАЗ» работает по концепции бережливого производства более 15 лет и смогла снизить долю незавершённого производства и увеличить производительность. А компании «КамАЗ» удалось в 3 раза уменьшить производственные площади и снизить запасы более чем на 70 миллионов рублей.

Разумеется, перечисленным компаниям понадобилось более 10 лет на то, чтобы добиться результатов и поддерживать своё успешное положение, именно поэтому внедрять данную концепцию лучше как можно раньше.

На данный момент основной прогресс наблюдается в следующих отраслях[4]:

- В электронной промышленности производство ведется в 9 этапов вместо 31
- В авиапроме заказы выполняются за 16 недель вместо 16 месяцев
- Производительность в сфере цветной металлургии выросла на 35%
- Отходы в фармацевтической промышленности сократились на 4,8%
- Производительность при изготовлении потребительских товаров выросла на 55% вместе с сокращением производственного цикла на 25%

Бережливое производство волнует и правительство России, к примеру, более чем в 40 регионах уже внедрена программа «Бережливая поликлиника», которую запустил «Росатом» вместе с Минздравом. Несмотря на все плюсы, при внедрении бережливого производства существует ряд проблем. Во-первых, это недостаточный уровень квалификации и владения важными инструментами. Во-вторых, плохой уровень организации, когда сама работа предприятия не систематизирована. Но основной проблемой является сопротивление изменениям. Многие сотрудники не видят необходимости во внедрении новых концепций, поскольку считают, что такая длительная и полная трансформация всех процессов пошатнёт устоявшуюся структуру предприятия. Именно поэтому внедрение бережливого производства занимает большое количество времени и требует изменения корпоративной культуры и отношения персонала к концепции работы.

Таким образом, бережливое производство может быть очень эффективным инструментом при правильном внедрении и вовлечении персонала в процесс. Эксперты считают, что подобная концепция рано или поздно будет внедрена на все предприятия, поскольку благоприятно сказывается как на самих фирмах, так и на удовлетворённости потребителя. Самое важное, чтобы компании были готовы прикладывать усилия и временные ресурсы на переход к новой концепции работы.

Список литературы

1. Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006.
2. Вумек Д., Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании — Москва: Альпина паблишер, 2018.
3. Система бережливого производства для промышленного предприятия. URL: http://www.ekportal.ru/ Дата обращения: 11.04.2021
4. ИТ консалтинг и комплексная автоматизация бизнеса URL: https://rdv-it.ru Дата обращения: 14.04.2021

Сборник материалов

IX Научно-практической конференции с международным участием

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

для студентов, аспирантов и молодых ученых

состоявшейся 13-15 мая 2021г.

в г.Санкт-Петербурге

Том II