Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й

В Е С Т Н И К

П О В О Л Ж Ь Я

№1 2023

Направления:

1.2.2. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)

2.3.1. – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (технические науки)

2.3.3. – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)

2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (физико-математические науки)

2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (технические науки)

2.3.6. – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (физико-математические науки)

Казань
2023

УДК 60
ББК 30-1
Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №1 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – 184 с.
ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)
Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprt.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).
Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № Е12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; *Т.Р. Дебердеев* – д.т.н., проф.; *Б.Н. Иванов* – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф-м.н., проф.; *В.С. Минкин* – д.х.н., проф.; *А.Н. Николаев* – д.т.н., проф.;
В.Ф. Тарасов – д.ф-м.н., проф.; *Х.Э. Харлампиди* – д.х.н., проф.; *М.В. Шулаев* – д.т.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60
ББК 30-1

ISSN 2079-5920 **© Рашин Сайнс, 2023 г.**

СОДЕРЖАНИЕ

1.2.2. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Э.М. Мухаметдинов, Д.И. Нуретдинов, И.Ф. Шайхутдинов АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИНТОРЕЕЧНОГО РУЛЕВОГО МЕХАНИЗМА 9

А.В. Бердников, М.М. Тюрина, Р.С. Зарипова МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ КАРДИОГЕНЕРАТОРА 12

А.В. Волков, А.А. Горбунов, А.А. Александров, А.С. Карякин МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ 16

Н.А. Гаряев, Ахмед Раафат Али Ахмед МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 19

Н.А. Гаряев, А. Эль-Мавед МЕТОДОЛОГИЯ И ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» 23

В.В. Гаряева, Мохамед Хассан Аттиа Мохамед Аттиа УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В BIM МОДЕЛИРОВАНИИ 27

А.А. Каменских, А.А. Аль-Раммахи АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МОДЕЛИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ С ВЫРАБОТКОЙ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ 30

А.В. Киримова, И.С. Замулин РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ АТТРАКТОРА ЛОРЕНЦА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON 34

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ НА ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 37

Е.Г. Царькова ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ 41

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, Э.Р. Еникеева МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КПД ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ 45

2.3.1. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Д.А. Андриков, Р.Е. Копейкин АЛГОРИТМ ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА 49

Г.А. Гареева, И.М. Сафонов, З.Г. Джибладзе, В.А. Петроченко, С.А. Черняков РАЗРАБОТКА HR-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ 52

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ LAZARUS ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЧАСТЬ I. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ 56

А.О. Жуков, В.А. Судаков, В.Р. Скрынский, В.С. Оськин, Д.С. Прошин ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОРТФЕЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 60
Н.И. Зонов, Д.В. Моисеев АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КА ПРИ ОТСУТСТВИИ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ 65
Р.Е. Копейкин, Г.М. Серегин, А.А. Тунгушпаев, М.Д. Замыслов АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА В СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОМ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ДАТЧИКЕ ЦЕЛИ 70
Ю.В. Кочержинская, Е.А. Ильина, А.В. Охотниченко РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННОМ МОДУЛЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ 77
Ю.Ю. Никонов СРАВНЕНИЕ ИМПОРТА ДАННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФАЙЛОВ В РЕЛЯЦИОННЫЕ И НЕРЕЛЯЦИОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ 81
Л.Р. Сахабутдинова, Д.А. Аввакумов, А.И. Топорков ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО УЗЛА 85
В.О. Скрипачев, О.В. Семенова, К.В. Авдеев, Г.А. Милорадов, Е.В. Солдатов, С.В. Литвинов, Ю.А. Полушковский О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ 88
Л.Ф. Тагирова, Р.В. Галкин, Н.А. Тишина ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 95
А.Ю. Ужаринский, А.В. Коськин, А.В. Маматов, С.В. Новиков МОДЕЛИ АДАПТАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ 99

2.3.3. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Н.В. Абдулкина, И.П. Ситдикова АНАЛИЗ БАЛАНСОВОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ 105
А.А. Баевский, А.Р. Кварталов ОЦЕНКА ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СПЕКТРА ЭДС ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ 109
А.Р. Фардеев, Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, И.П. Талипова, Е.П. Барыльникова ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ 113

2.3.5. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

И.Н. Богатырь СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ 116
И.Н. Богатырь, Д.А. Яковлев МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ 119
К.И. Козлов УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 123
А.Н. Петров АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ 126

А.Н. Петров, Д.А. Яковлев ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУУПРАВЛЯЕМОГО ОБУЧЕНИЯ 129

2.3.5. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

А.А. Голубничий, В.С. Осипов, Е.А. Виноградов, Р.Э. Асланов КОНЦЕПЦИЯ СЕРВИСА ЦИФРОВЫХ (VR) МИКРО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОБ «ВИРТУАЛЬНЫЙ МИР ПРОФЕССИЙ: ИНЖЕНЕР-НЕФТЯНИК» 132
Т.А. Деменкова, К.И. Хохлюшкин ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЦИФРОВОГО РЕЗЕРВИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ОБМЕНА 138
В.Н. Дюпин СЛОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА 142
С.П. Евсеева, С.П. Кайгородов РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) 146
Т.А. Ершов, А.А. Голубничий ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ 151
И.Ю. Карандеева ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ВОЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В СОЧЕТАНИИ СО ШЛЕМОМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ 155
А.В. Киримова, И.С. Замулин ОПИСАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЦИФР 158
Е.Г. Макейкин, В.С. Холушкин, А.В. Хохлов, Г.С. Лазарев МИГРАЦИЯ БД СПРАВОЧНИКОВ НСИ 2014SP6 В ПОЛИНОМ:MDM 22 161
А.В. Пантелеев, Д.А. Салкин, Д.А. Чекалдаев, А.А. Камаева, Т.А. Захватова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 165
А.Б. Сорокин, Л.М. Железняк, А.А. Верещагин ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ 169

АННОТАЦИИ 172

THE RELEASE MAINTENANCE

1.2.2. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, E.M. Mukhametdinov, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov ASPECTS OF MODELING THE WORKING PROCESS OF A SCREW-RACK STEERING MECHANISM 9
A.V. Berdnikov, M.M. Tyurina, R.S. Zaripova MATHEMATICAL MODELLING OF CARDIAC GENERATOR INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS 12
A.V. Volkov, A.A. Gorbunov, A.A. Alexandrov, A.S. Karyakin SIMULATION OF A HIGH-PRESSURE SODIUM LAMP OPERATING MODES DEPENDING ON THE POWER SOURCE 16
N.A. Garyaev, Akhmed Raafat Ali Akhmed METHODOLOGY FOR BUILDING DIGITAL INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS FOR ORGANIZING THE DESIGN OF INVESTMENT PROJECTS ON THE BASIS OF INFORMATION MODELING 19
N.A. Garyaev, A. El-Mawed METHODOLOGY AND FORMALIZED METHODS FOR CONSTRUCTING AN AUTOMATED ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INTELLECTUALIZATION "SMART CITY" 23
V.V. Garyaeva, Mohamed Hassan Attia Mohamed Attia CONTROL AND INFORMATION PROCESSING USING AUGMENTED REALITY IN BIM MODELING 27
A.A. Kamenskikh, A.A. Al-Rammakhi ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS AND MATERIAL PROPERTIES OF THE ROCK MODEL WITH THE DEVELOPMENT ON THE DEFORMATION STATE OF THE SYSTEM 30
A.V. Kirimova, I.S. Zamulin DEVELOPMENT OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF THE LORENTZ ATTRACTOR IN THE PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON 34
A.G. Korobeynikov, V.L. Tkalich, O.I. Pirozhnikova DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF PROBABILITY OF UNAUTHORIZED PHYSICAL INTRUSION TO OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE 37
E.G. Tsarkova APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO SIMULATE THE WORK OF THE DEPARTMENTAL SPECIAL COMMUNICATION SYSTEM IN EMERGENCY RESPONSE 41
A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, E.R. Enikeeva MODELING THE EFFICIENCY EFFICIENCY OF THERMODYNAMIC CYCLES 45

2.3.1. — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

D.A. Andrikov, R.E. Kopeykin ALGORITHM OF THE PRODUCTION-GRAPH MODEL OF VEHICLE MOTION STABILIZATION 49
G.A. Gareeva, I.M. Safonov, Z.G. Dzhibladze, V.A. Petrochenko, S.A. Chernyakov DEVELOPMENT OF HR-BOT FOR AUTOMATION OF THE PROCESS OF RECRUITMENT IN A PRODUCTION ENTERPRISE 52
A.G. Zhornyak, T.A. Morozova APPLICATION OF THE LAZARUS DEVELOPMENT ENVIRONMENT FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING RESEARCH. PART I. MATHEMATICAL CALCULATIONS AND VISUALIZATION OF THE RESULTS OBTAINED 56
A.O. Zhukov, V.A. Sudakov, V.R. Skrynsky, V.S. Oskin, D.S. Proshin PLANNING A PORTFOLIO OF RESEARCH PROJECTS USING MACHINE LEARNING METHODS 60

N.I. Zonov, D.V. Moiseev AUTONOMOUS SATELLITES NAVIGATION IN THE ABSENCE OF A PRIORI INFORMATION 65
R.E. Kopeykin, G.M. Seregin, A.A. Tungushpaev, M.D. Zamyslov THE DETECTION ALGORITHM FOR ULTRAWIDEBAND RADAR TARGET SENSOR 70
Yu.V. Kocherzhinskaya, E.A. Ilina, A.V. Okhotnichenko ALGORITHMS OF THE INDOORS USER LOCATION DETERMINATION PROBLEM AND VISUALIZATION OF THIS INFORMATION IN THE NAVIGATION MODULE OF THE MOBILE APPLICATION 77
Y.Y. Nikonov COMPARISON OF IMPORTING DATA FROM VARIOUS FILE TYPES INTO RELATIONAL AND NOSQL DATABASES 81
L.R. Sakhabutdinova, D.A. Avvakumov, A.I. Toporkov APPLICATION FOR VISUALIZATION AND ANALYSIS OF THE RESULTS OF BIOMECHANICAL NODE MODELING 85
V.O. Skripachev, O.V. Semenova, K.V. Avdeev, G.A. Miloradov, E.V. Soldatov, S.V. Litvinov, Yu.A. Polushkovskiy ON THE NEED TO DEVELOP A METHOD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF GEOPHYSICAL SAFETY IN THE SPACECRAFT MANAGEMENT 88
L.F. Tagirova, R.V. Galkin, N.A. Tishina PERSONALIZATION OF ELECTRONIC TRAINING SYSTEM INTERFACES BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES 95
A.Yu. Uzharinsky, A.V. Mamatov, A.V. Koskin, S.V. Novikov MODELS OF EDUCATIONAL PROCESS ADAPTATION IN ADAPTIVE ELECTRONIC LEARNING SYSTEMS 99

2.3.3. — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

N.V. Abdulkina, I.P. Sitdikova ANALYSIS OF THE BALANCE MODEL OF THE RESERVOIR PRESSURE MAINTENANCE SYSTEM 105
A.A. Baevsky, A.R. Kvartalov ASSESSMENT OF CUTTING TOOL WEAR BASED ON THE ANALYSIS OF THE EMF SPECTRUM OF THE CUTTING PROCESS 109
A.R. Fardeev, F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, I.P. Talipova, E.P. Barylnikova FUNCTIONING OF THE AUTOMATED CIRCULATION SYSTEM OF COOLING LUBRICATION TECHNOLOGICAL MEANS OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE WITH A COMBINED POWER SUPPLY 113

2.3.5. — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

I.N. Bogatir COMPARATIVE ANALYSIS OF ADDITIONAL RESOURCES FOR CREATING NEURAL NETWORKS 116
I.N. Bogatir, D.A. Jakovlev MODELING OF THE CIRCULATORY SYSTEM 119
K.I. Kozlov FIRE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM 123
A.N. Petrov MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING THE DEVELOPMENT OF DISEASES 126
A.N. Petrov, D.A. Jakovlev GEOMETRIC SEMI-SUPERVISED LEARNING MODEL 129

2.3.5. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

A.A. Golubnichiy, V.S. Osipov, E.A. Vinogradov, R.E. Aslanov SERVICE CONCEPT OF DIGITAL (VR) MICRO-PROFESSIONAL SAMPLES "VIRTUAL WORLD OF PROFESSIONS: PETROLEUM ENGINEER" 132

T.A. Demenkova, K.I. Khokhlyushkin STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DEPTH OF TEST CONTROL ON THE RELIABILITY OF A DIGITAL RESERVED EXCHANGE DEVICE 138
V.N. Dyupin LAYER OF DYNAMIC DETAILS OF OBJECTS OF VIRTUAL ADAPTATION SPACE 142
S.P. Evseeva, S.P. Kaigorodov DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AUTOMATED COLLECTION OF PRIMARY DATA WHEN CARRYING OUT SOCIOLOGICAL RESEARCH IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) 146
T.A. Ershov, A.A. Golubnichy APPLICATION OF GRAPH ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF PROCESSING TEXTS IN NATURAL LANGUAGE 151
I.Y. Karandeeva THE USE OF CAR DRIVING SIMULATORS IN COMBINATION WITH A VIRTUAL REALITY HELMET IN ORDER TO REDUCE ACCIDENTS ON THE ROADS 155
A.V. Kirimova, I.S. Zamulin DESCRIPTION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR DIGITAL RECOGNITION 158
E.G. Makeykin, V.S. Kholushkin, A.V. Khokhlov, G.S. Lazarev MIGRATION OF THE DATABASE OF REFERENCE BOOKS OF NORMATIVE REFERENCE INFORMATION 2014SP6 TO THE POLYNOM:MDM 22 161
A.V. Panteleev, D.A. Salkin, D.A. Chekaldaev, A.A. Kamaeva, T.A. Zahvatova RESEARCH OF CLOUD IMPLEMENTATION PROCESSES TECHNOLOGIES 165
A.B. Sorokin, L.M. Zheleznyak, A.A. Verechagin VISUALIZATION OF CONCEPTUAL DECISION-MAKING STRUCTURES 169

ABSTRACTS 172

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ — 1.2.2.

1.2.2.

[1]А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, [1]Р.М. Галиев канд. техн. наук,
[2]Э.М. Мухаметдинов канд. техн. наук, [1]Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
[1]И.Ф. Шайхутдинов канд. техн. наук

Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
[1]кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru,
[2]кафедра «Сервис транспортных систем»

АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИНТОРЕЕЧНОГО РУЛЕВОГО МЕХАНИЗМА

В статье рассмотрены особенности математического моделирования рабочего процесса рулевого механизма грузового автомобиля. Установлена важность учёта внешних факторов при оценке нагруженности рулевого управления в сложных климатических условиях. На основании проведённых исследований предложены уточнённые математические зависимости, включающие наиболее важные параметры рабочего процесса узла.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, рулевое управление, винтореечный механизм, гидравлический усилитель, сопротивление повороту, природно-климатические условия.*

Надёжность работы рулевого механизма является важной составляющей активной безопасности автомобиля. Выбор конструкции механизма, расчёт технических параметров и оценка влияния условий эксплуатации должны обеспечивать безотказность и долговечность рулевого управления. Кроме того, следует принимать во внимание воздействие на водителя реакций опорной поверхности, передаваемых на рулевое колесо от управляемых колес. Уровень ограничения нагрузок влияет как на утомляемость водителя, так и на адекватность его реакции при изменении условий движения.

Вопросы проектирования рулевых механизмов рассмотрены в ряде работ отечественных учёных [1-3]. Опыт исследований и эксплуатации показывает, что наиболее эффективными для рулевого управления грузовых автомобилей большой грузоподъёмности оказываются винтореечные механизмы. На автомобилях КАМАЗ применяется конструкция механизма типа «винт – гайка – рейка – сектор» (рис. 1), объединённая в одном корпусе с угловым редуктором рулевого вала и оснащённая гидравлическим усилителем [4].

Значительный уровень нагрузок и широкий диапазон условий эксплуатации определяют уровень сложности расчётов на прочность деталей и обеспечения стабильности выходных параметров. Неисправности и отказы рулевых механизмов, возникающие в процессе эксплуатации, подтверждают несовершенство применяемых методик расчёта [5].

Применение гидравлического усилителя может оказать влияние на уровень нагруженности деталей рулевого механизма в различных условиях эксплуатации [6]. Наиболее сложным является режим работы рулевого управления в зимних условиях умеренного и арктического климата [7, 8].

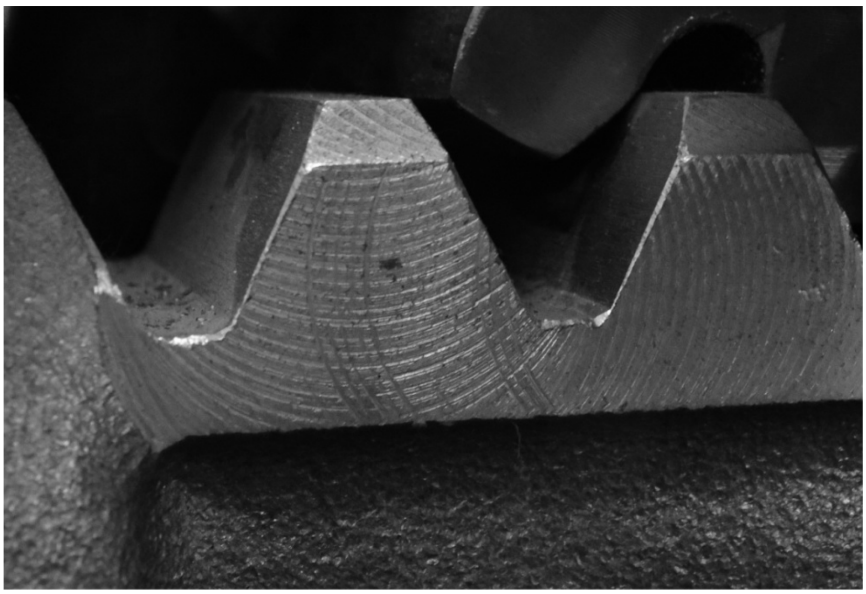


Рис. 1 – Рейка и сектор рулевого механизма автомобиля КАМАЗ

Можно выделить следующие факторы, оказывающие в зимний период эксплуатации значимое влияние на безотказность и долговечность деталей рулевого управления:

○ Нагрузка, создаваемая в рулевом управлении для преодоления момента сопротивления повороту. На грузовом автомобиле значительная часть данной нагрузки обеспечивается за счёт действия усилителя. При этом в зимних условиях эксплуатации дополнительное сопротивление повороту может возникать вследствие образования снежных наносов и движения по свежевыпавшему снегу.

○ Динамические реакции опорной поверхности, которые возникают при переезде через неровности и передаются через привод и механизм на рулевое колесо. Такие нагрузки могут быть вызваны колейностью проезжей части при движении по уплотнённому снегу или зимнику. Также они могут возникать при переезде железнодорожных путей и других опорных препятствий из-за уменьшения упругости шин при низких температурах воздуха.

○ Изменение прочностных свойств деталей вследствие влияния окружающей среды и увеличения хладноломкости. В данном случае к поломкам деталей могут привести ударные нагрузки, вызванные реактивными моментами в рулевом приводе.

○ Изменение условий смазки деталей и эффективности работы усилителя из-за повышения кинематической вязкости и уменьшения объёма применяемых рабочих жидкостей. В парах трения увеличиваются гидравлические потери, а уменьшение объёма жидкости приводит к падению расчётного давления. Вследствие этого происходит снижение КПД и эффективности рулевого управления в целом.

Комплексное воздействие перечисленных факторов усиливается при эксплуатации в сложных дорожных и природно-климатических условиях, что приводит к неисправностям и сокращению ресурса автомобильных узлов [9, 10]. Необходимо учитывать влияние внешних воздействий на стадии проектирования, исходя из опыта экспериментальных исследований.

При моделировании рабочего процесса винтореечного рулевого механизма необходимо выполнить оценку изгибных и контактных напряжений, воздействующих на зубья рейки и сектора (рис. 1). В данной конструкции окружное усилие, возникающее в контакте зубьев, должно определяться с учётом действия гидравлического усилителя, так как в конструкции рулевого механизма КАМАЗ усилитель нагружает рейку и сектор [1].

Исходя из данных эксплуатации грузовых автомобилей КАМАЗ в регионах умеренного и умеренно холодного климата, предлагается следующая зависимость для определения окружного усилия, полученная на основании известной методики расчёта [1] и уточнённая для реальных условий эксплуатации:

$$P_s = \frac{M_{rk} u_{rm} \eta_{rm} k_t}{r_{sek}} + \frac{p_{fmax} \lambda_f \pi D_z^2}{4}$$

где M_{rk} – момент, действующий на рулевом валу; u_{rm} – передаточное число рулевого механизма; η_{rm} – КПД рулевого механизма в нормальных условиях эксплуатации; k_t – коэффициент, учитывающий изменение КПД механизма при воздействии внешних факторов; r_{sek} – радиус начальной окружности сектора; p_{fmax} – максимальное давление жидкости в усилителе; λ_f – коэффициент, учитывающий изменение давления при воздействии внешних факторов; D_z – диаметр гидроцилиндра усилителя.

Снижение КПД рулевого механизма и давления жидкости в усилителе приводит к уменьшению рабочего значения окружного усилия, которое должно обеспечить преодоление сил сопротивления повороту. Может возникнуть необходимость в создании момента на рулевом валу, превышающего нормативные значения, либо увеличении давления в гидроусилителе до требуемых значений, если это возможно (например, за счёт увеличения подачи гидронасоса). Такие действия приводят к росту утомляемости водителя и (или) к увеличению расхода топлива из-за потребления избыточной мощности гидроусилителем.

Учёт влияния внешних факторов при изучении рабочих процессов рулевого управления позволяет повысить степень достоверности применяемых математических моделей.

Список литературы

1. *Осепчугов В.В.* Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с. – Текст: непосредственный.

2. *Лысов М.И.* Рулевые управления автомобилей / М. И. Лысов. – Москва: Машиностроение, 1972. – 344 с. – Текст: непосредственный.

3. *Байда А.С.* Особенности конструкций рулевых механизмов автомобилей / А. С. Байда, Д. И. Вакс. – Текст: непосредственный // В сборнике: Архитектура, строительство, транспорт. Материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО "СибАДИ"). – Омск: СибАДИ, 2015. – С. 884-888.

4. KAMAZ 5360, 5460, 6460, 6520. Руководство по эксплуатации / Сост. Нешумова Т. Н. Под общ. ред. Васина В. В. – Набережные Челны: ОАО «КАМАЗ», 2003. – Текст: непосредственный.

5. *Чернухин Р.В.* Выявление доли отказов рулевого управления грузовых автомобилей / Р.В. Чернухин, С.В. Соболев, А.В. Обухов. – Текст: непосредственный // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – Т. 3. – № 1. – С. 247-251.

6. *Кокорев Г.Д.* Оценка эффективности гидравлического рулевого усилителя методом тепловых потерь / Г.Д. Кокорев, И.А. Афиногенов. – Текст: непосредственный // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 2 (42). – С. 117-120.

7. *Семенов Н.В.* Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. – Москва: Транспорт, 1993. – 190 с. – Текст: непосредственный.

8. *Барыкин А.Ю.* Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбурский, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Грузовик. – 2018. – № 8. – С. 7-10.

9. *Barykin A.Yu.* The research of thermal processes of the automobile chassis / Barykin, A.Yu., Takhaviev, R.Kh., Samigullin, A.D. // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2018. – Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458-464.

10. *Барыкин А.Ю.* К вопросу моделирования эксплуатационных нагрузок в приводе колес грузового автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Э.М. Мухаметдинов, В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – №11. – С. 82-84.

1.2.2.

[1]А.В. Бердников, [1]М.М. Тюрина, [2]Р.С. Зарипова

[1]Казанский научный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ,
mmtyurina@kai.ru,
[2]Казанский государственный энергетический университет,
Казань, zarim@rambler.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ КАРДИОГЕНЕРАТОРА

В работе предложена математическая модель кардиогенератора для анализа векторкардиограммы, которая может быть использована для повышения метрологических характеристик, чувствительности и помехоустойчивости измерительных каналов векторкардиографов. С использованием математической модели рассмотрен метод определения суммарного дипольного момента кардиогенератора (вектора сердца) по сигналам модифицированной системы отведений Франка.

Ключевые слова: *модель, кардиогенератор, векторкардиограмма.*

Перспективы развития векторкардиографии как одного из диагностических методов очень широки. В современных кардиологических центрах векторкардиография применяется не только для постановки и уточнения диагнозов, но и для исследования влияния лекарственных препаратов на сердечную деятельность в реальном масштабе времени [1, 2]. Это направление абсолютно ново и уникально. В течении нескольких минут можно зарегистрировать приближение кривой векторкардиограммы к норме, сопровождающееся благоприятным воздействием лекарственного препарата на организм пациента.

Для упрощения расчетов в качестве моделей кардиогенератора используются модельные генераторы – точечные диполи тока. Каждый диполь обеспечивает достаточно точное представление биоэлектрического генератора любой электрогенной области малых размеров, а совокупностью конечного числа таких диполей с заданными дипольными моментами и точками положения можно моделировать дискретно-распределенные структуры генератора любой сложности. В качестве упрощенной модели грудной клетки используется однородный проводник с удельной электропроводностью σ в форме прямоугольного параллелепипеда с длинами ребер *a, b,* и *h*, окруженный диэлектрической средой (рис. 1). Генератор всегда находится внутри электропроводной области.

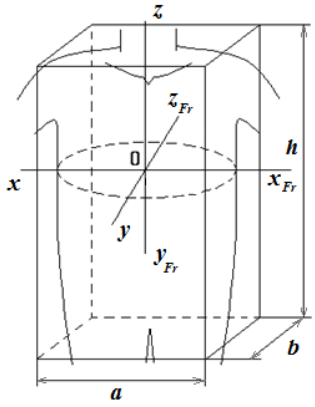


Рис. 1 – Упрощенная модель грудной клетки в форме параллелепипеда

Для этой модели методом электрических зеркальных изображений получены аналитические формулы, которые позволяют рассчитать потенциал, создаваемый внутри и на поверхности электропроводной области (на гранях параллелепипеда) в точке *r*(*x, y, z*) дипольным генератором с моментом *D*(*Dx, Dy, Dz*), расположенным в точке *rD* (*xD, yD, zD*):

1) на гранях, соответствующих координате $x = \pm a/2$:

$$\varphi_x = \frac{1}{4\pi\sigma}\sum_{l=-\infty}^{\infty}\sum_{m=-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{\pm D_X\left[(-1)^l\left(1\mp 2l\right)\frac{a}{2}\mp x_D\right]+D_Y\left[(-1)^m\left(y-mb\right)-y_D\right]+D_Z\left[(-1)^n\left(z-nh\right)-z_D\right]}{\left\{\left[\left(1\mp 2l\right)\frac{a}{2}\mp(-1)^l x_D\right]^2+\left[y-mb-(-1)^m y_D\right]^2+\left[z-nh-(-1)^n z_D\right]^2\right\}^{3/2}};$$

2) на гранях, соответствующих координате $y = \pm b/2$:

$$\varphi_y = \frac{1}{4\pi\sigma}\sum_{l=-\infty}^{\infty}\sum_{m=-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{D_X\left[(-1)^l\left(x-la\right)-x_D\right]\pm D_Y\left[(-1)^m\left(1\mp 2m\right)\frac{b}{2}\mp y_D\right]+D_Z\left[(-1)^n\left(z-nh\right)-z_D\right]}{\left\{\left[x-la-(-1)^l x_D\right]^2+\left[\left(1\mp 2m\right)\frac{b}{2}\mp(-1)^m y_D\right]^2+\left[z-nh-(-1)^n z_D\right]^2\right\}^{3/2}};$$

3) на гранях, соответствующих координате $z = \pm h/2$:

$$\varphi_z = \frac{1}{4\pi\sigma}\sum_{l=-\infty}^{\infty}\sum_{m=-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{D_X\left[(-1)^l\left(x-la\right)-x_D\right]+D_Y\left[(-1)^m\left(y-mb\right)-y_D\right]\pm D_Z\left[(-1)^n\left(1\mp 2n\right)\frac{h}{2}-z_D\right]}{\left\{\left[x-la-(-1)^l x_D\right]^2+\left[\left(y-mb\right)-(-1)^m y_D\right]^2+\left[\left(1\mp 2n\right)\frac{h}{2}-(-1)^n z_D\right]^2\right\}^{3/2}}.$$

Задавая параметры модели генератора, т.е. положение, абсолютную величину, ориентацию диполя (или несколько диполей), параметры модели среды, ее геометрические размеры и удельную электропроводность, можно найти распределение потенциала в области измерения при помощи аналитических зависимостей определения потенциалов φ_x, φ_y, φ_z и определить влияние на это распределение таких важных факторов как структура генератора, ограниченность и основная пространственная форма объемного проводника, в котором находится генератор.

Для моделирования ЭКГ-измерений, осуществляемых системой Франка, в качестве модели генератора используется заданный диполь в области сердца, а в качестве модели грудной клетки – описанный выше электропроводный параллелепипед с размерами *a, b, h,* соответствующими основным антропометрическим параметрам груди – трансверсальному диаметру, сагиттальному диаметру и высоте. По правилам трансверсальный и сагиттальный диаметры измеряются между 4-м и 5-м межреберьями у края грудины. Высоту туловища измеряют как расстояние между уровнями гребня лопатки и верхней части подвздошной ости. Внутри модели грудной клетки задается геометрический центр сердца с координатами *xC, yC, zC* в системе координат *xyz* с началом в центре грудной клетки. Используют также радиальные параметры *ra = a/2, rb = b/2, rh = h/2* и относительные параметры – индекс округлости ρ*b = b/a* (обратная величина индекса эллиптичности), индекс удлиненности ρ*h = h/a* и эксцентриситеты центра сердца по осям координат ε*x = xc/ra,* ε*y = yc/rb,* ε*z = zc/rh.* При помощи диполей можно смоделировать электрогенную зону миокарда, имеющую небольшие размеры, или кардиогенераторы более сложной конфигурации.

Используя математическую модель [3], рассмотрим метод определения суммарного дипольного момента кардиогенератора (вектора сердца) по сигналам модифицированной системы отведений Франка (однополюсным ЭКГ от электродов Франка), т. е. метод решения задачи формирования составляющих вектора сердца – основных количественных параметров ортогональной электрокардиографии. Точные интегральные формулы для составляющих дипольного момента кардиогенератора:

$$D = \sigma\int_S \varphi dS_X,\ D = \sigma\int_S \varphi dS_Y,\ D = \sigma\int_S \varphi dS_Z,$$

где φ – потенциал на замкнутой поверхности *S*, ограничивающей электропроводную область с удельной электропроводностью σ.

Представим составляющие вектора сердца как приближенный дискретный вариант этих формул – в виде сумм произведений сигналов электродов однополюсных отведений φ*i* на

постоянные коэффициенты *Kix, Kiy, Kiz*, где индекс *i* указывает электроды Франка, *i = I, E, C, A, M, H, F:*

$$D_X = \sum_i K_{iX}\varphi,\ D_Y = \sum_i K_{iY}\varphi,\ D_Z = \sum_i K_{iZ}\varphi, \quad (1)$$

Коэффициенты *Kix, Kiy, Kiz* подбираются из условия наиболее точного определения искомых составляющих вектора сердца и минимальной зависимости результата от конкретной пространственной конфигурации генератора. Для этого в области сердца используемой модели задается определенное количество точек, равномерно распределенных в этой области, и в каждой из этих точек помещается дипольный генератор с определенным значением момента. Для каждой дипольной составляющей заданных диполей определяется потенциал в каждой точке измерения (всего семь потенциалов) путем решения прямой электродинамической задачи, например, с использованием значений, составляющих диполя и координат его положения, а также геометрических параметров модели и координат электродов Франка. Для каждой составляющей и каждой точки положения диполя записываются уравнения типа (1), где неизвестными являются коэффициенты *Kix, Kiy, Kiz* (по три величины для каждого из семи электродов – всего 21 величина) Кроме того, необходимо обеспечить ортогональность системы отведений, т.е. нечувствительность каждого из трех искомых отведений к двум составляющим вектора сердца, ортогональным к составляющей, измеряемой данным отведением. С этой целью для искомых коэффициентов, определяющих рассматриваемую составляющую, записываются еще два уравнения, выражающих равенство нулю суммы произведений этих коэффициентов на потенциалы в точках измерения, создаваемые двумя составляющими, ортогональными к рассматриваемой. Это приводит к совокупности из девяти линейных уравнений для каждой точки положения диполя. Поскольку общее число уравнений должно быть не менее 21, число уравнений увеличим, добавляя дополнительные точки с дипольными генераторами. Для удобства вычислений целесообразно использовать в формулах безразмерные коэффициенты. Тогда в качестве задаваемых дипольных составляющих используются величины $\hat{D} = \frac{D_X}{4\pi\sigma r_a^2}$, $\hat{D} = \frac{D_Y}{4\pi\sigma r_a^2}$, $\hat{D} = \frac{D_Z}{4\pi\sigma r_a^2}$, имеющие размерность потенциала. В итоге имеем систему линейных уравнений, включающую девять уравнений для каждой точки положения диполя и три дополнительных уравнения:

$$\sum_i K_{iX}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_X\right)=\hat{D}_X,\ \sum_i K_{iX}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Y\right)=0,\ \sum_i K_{iX}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Z\right)=0,$$
$$\sum_i K_{iY}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_X\right)=0,\ \sum_i K_{iY}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Y\right)=\hat{D}_Y,\ \sum_i K_{iY}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Z\right)=0,$$
$$\sum_i K_{iZ}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_X\right)=0,\ \sum_i K_{iZ}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Y\right)=0,\ \sum_i K_{iZ}\cdot\varphi_i\left(\hat{D}_Z\right)=\hat{D}_Z.$$
$$\sum_i K_{iX}=0,.\ \sum_i K_{iY}=0,\ \sum_i K_{iZ}=0.$$

Полученную систему уравнений можно решить по методу наименьших квадратов, и найденные коэффициенты в дальнейшем использовать в уравнениях (1) для решения прямой задачи – определения вектора сердца по измеренным электродами Франка потенциалам его поля.

Описанные вычисления были проведены для стандартной параллелепипедной модели грудной клетки (рис.1) с использованием 13 точек положения диполя, равномерно распределенных в области сердца – по 5 точек с равными интервалами между ними на каждой оси координат, включая общую для всех осей точку в начале координат (в центре сердца). В каждой точке задаем по отдельности 3 составляющие вектора сердца *DX, DY, DZ* с

единичными значениями. В результате решения полученной системы из 20 уравнений с 21 неизвестным коэффициентом *Kix, Kiy, Kiz* по методу наименьших квадратов найдены значения этих коэффициентов и следующие формулы для составляющих вектора сердца:

$$\hat{D}_X = 0{,}29\varphi_I + 0{,}003\varphi_E - 0{,}028\varphi_C - 0{,}11\varphi_A - 0{,}016\varphi_M - 0{,}064\varphi_H - 0{,}064\varphi_F,$$

$$\hat{D}_Y = 0{,}043\varphi_I + 0{,}044\varphi_E + 0{,}088\varphi_C - 0{,}07\varphi_A - 0{,}23\varphi_M + 0{,}052\varphi_H + 0{,}052\varphi_F,$$

$$\hat{D}_Z = 0{,}22\varphi_H - 0{,}22\varphi_F.$$

Представленные выражения отличаются от полученных Франком, так как они получены для параллелепипедной модели, которая обладает определенными преимуществами при исследовании влияния формы электропроводной среды на характеристики электрического поля сердца.

Список литературы

1. *Белая И.Е., Добрин Б.Ю., Коломиец В.И.* Системный подход к диагностике острейшего периода инфаркта миокарда / Российский кардиологический журнал. 2011. №4. С. 46-52.

2. *Бакуцкий В.Н., Волобуев А.Н., Крюков Н.Н.* Пространственная векторэлектрокардиография / Кардиология. 2003. № 4. С. 46-48.

3. *Бердников А.В., Иванова О.С.* Система регистрации и визуализации векторкардиограммы на основе платформы National Instruments / Наука в современном информационном обществе: материалы X МНПК. Т.2. North Charleston, USA: НИЦ «Академический», 2016. С. 62-64.

1.2.2.

[1]А.В. Волков канд. техн. наук, [2]А.А. Горбунов канд. техн. наук,
[2]А.А. Александров, [2]А.С. Карякин

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева,
Институт электроники и светотехники,
[1]кафедра информационной безопасности и сервиса,
[2]кафедрой светотехники,
elsoldador@rambler.ru, alexdsmail@mail.ru, antonaalexc@gmail.com, ankar82@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Натриевая лампа высокого давления имеет среди других типов ламп неоспоримые преимущества, такие как высокая светоотдача и хороший срок службы. В зависимости от типа пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), различают два основных типа – это ферромагнитный балласт и электронное ПРА. Преимущество электронного ПРА над ферромагнитным балластом проявляется в уменьшении массогабаритных показателей, но наличие акустических резонансов в лампе, работающей на высокой частоте, вызывает деформацию дуги, флуктуацию света, вымирание дуги разряда, старение лампы и даже ее разрушение в случаях более серьезных. Моделирование зависимости напряжения и ток через лампу поможет выявить также паразитные явления, такие как акустический резонанс. Проведение математического моделирования позволит обнаружить данные явления, а также подобрать режимы питания и управления, позволяющие избежать этого возмущающего явления.

Ключевые слова: *электронный балласт, натриевая лампа, математическая модель.*

1. Введение

В начале 20-го века была разработана газоразрядная лампа «высокого давления», что позволило произвести источники света, способные создавать мощный световой поток. Данные свойства газоразрядных ламп необходимы для освещения больших площадей, например, в промышленности и дорожных системах. В любом случае принцип газового разряда в лампе остается неизменным, разряд в лампе чаще всего ведет себя как противоЭДС. Поэтому для управления своей работой для ламп такого типа требуется источник тока. Цепь питания газоразрядной лампы называется «балластом» или пускорегулирующей аппаратурой.

2. Постановка задачи моделирования

В большинстве случаев натриевая лампа высокого давления, как и большинство газоразрядных ламп, традиционно питалась от городской сети (230 В - 50 Гц или 400 В - 50 Гц); последовательно со схемой включается дроссель (ферромагнитный балласт) перед блоком импульсно зажигающего устройства и самой лампой. Ферромагнитный балласт прост в изготовлении, имеет почти бесконечный срок службы и не дорог, но имеет ряд недостатков. Во-первых, из-за большого активного сопротивления, он несет дополнительные потери за счёт чрезмерного потребления порядка 20% мощности из сети в зависимости от номинальной мощности лампы. Поскольку электронный балласт содержит в себе сердечник, выполненный из высокоуглеродистой стали для увеличения его индуктивности, он тяжелый и очень громоздкий.

Подключение индуктивного элемента последовательно с нелинейным резистивным элементом, которым является нагрузка, вызывает фазовый сдвиг между током и напряжением, который отвечает за появление реактивной мощности в городской сети.

На рисунке 1 показаны результаты моделирования колебания напряжения и тока натриевой лампы мощностью 150 Вт, питаемые обычным ферромагнитным балластом, работающим на частоте 50 Гц.

Более того, как видно из рисунка 1, при питании лампы от сети переменного тока частой 50 Гц, форма тока является синусоидальной и находится в фазе с падением напряжения на лампе, которое представляет собой довольно сложную форму [1].

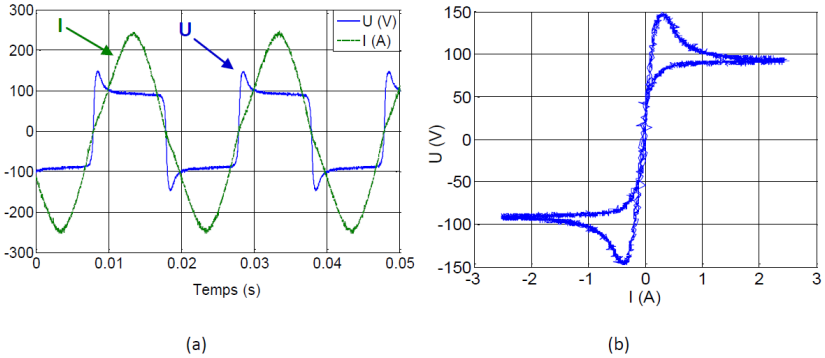


Рис. 1 – Результаты моделирования натриевой лампы мощностью 150 Вт на частоте питающей сети 50 Гц. (a) ток (x100) и напряжение в зависимости от времени, (b) напряжение в зависимости от тока

Как показано на графике рисунок 1(b) зависимость падения напряжения на лампе и током через неё характеризуется на этой частоте сильной нелинейностью. Рассматривая форму напряжения, мы обнаруживаем, что его можно аппроксимировать небольшими участками. Более того, мы знаем, что эти участки можно разложить в ряд Фурье, который содержит только нечетные гармоники основной частоты (для нашего случая это частота сети), что в отсутствие фильтрации будет ухудшать качество энергии. Конечно, ферромагнитный балласт не может предотвратить такое «загрязнение сети».

Большинство этих недостатков, естественно, исчезают, когда частота питающей сети превышает критическое значение равное значению около 10кГц. Это значение соответствует характерному времени плазмы, связанному с явлением амбиполярной диффузии, которое гарантирует локальную электрическую нейтральность в плазме при смещении двух типов носителей с очень разными массами (электронами и ионами). Таким образом, когда частота подачи становится больше этого критического значения, динамическая характеристика U-I плазмы стремится к прямой с положительным наклоном, и явление гистерезиса имеет тенденцию исчезать.

Кроме того, эти новые системы электропитания имеют ряд преимуществ в плане уменьшения размера пассивных компонентов, уменьшения объема и веса и системных потерь (в 5-10% номинальной мощности лампы).

На рисунке 2 показаны результаты моделирования формы напряжения и тока, за которыми следует динамическая характеристика лампы в случае высокочастотного синусоидального источника питания на частоте 10 кГц для натриевой лампы высокого давления мощностью 150 Вт.

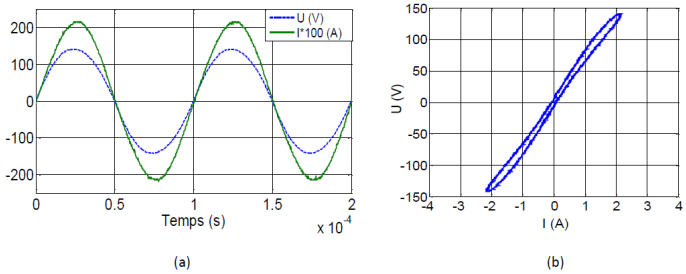


Рис. 2 – Результаты моделирования натриевой лампы 150 Вт, работающая на частоте 10 кГц. (a) U и I как функция времени. (b) U как функция I

Также проводились эксперименты в лабораторных условиях, где проверялись полученные результаты моделирования. Напряжение почти синусоидально, как показано на рисунке 2 (a). Мы также обнаруживаем, что по сравнению с предыдущими формами напряжения и тока область гистерезиса меньше (рисунок 2 (b)). Отношение тока к напряжению можно рассматривать как первое, почти линейное приближение к стабильной работе лампы. Эта характеристика значительно упрощает разработку балласта.

В отличие от электромагнитной структуры балласта, высокочастотное питание разрядной лампы с электронным балластом требует более сложной электрической структуры преобразования для обеспечения эффективности лампы, эффективности балласта, оптимальный коэффициент мощности и защиту от электромагнитных помех. Несмотря на преимущества электронных балластов, работа лампы на высокой частоте ограничивается нестабильным и вредным явлением, называемым «акустический резонанс» [3], характеризующимся деформацией и флуктуацией разрядной дуги. Теоретически это происходит от распространения волн давления в оболочке разряда с отражением на стенках, из которого возникает стоячая волна. Оно появляется, когда гармонические частоты источника питания равны резонансным частотам лампы [3]. Эти явления также обнаруживаются в других типах разрядов, таких как ртутные лампы высокого давления, металлогалогенные лампы и др.

Выводы

Частотные акустические резонансы многочисленны и изменяются в зависимости от потребляемой мощности, геометрии, давления, газового состава, возраста лампы, производителя или даже серийного производства.

Увеличивая рабочую частоту лампы (> кГц), мы можем оптимизировать балласт с точки зрения размера, эффективности и производственных затрат. Но для условий эффективного определения ограничения при выборе структуры электронного балласта и управления необходимо проводить математическое моделирование.

Список литературы

1. *Волков А.В.* Автоматизация контроля и испытаний газоразрядных ламп на основе статистического анализа временных рядов, нейронных сетей и SCADA -технологий: дисс. канд. тех. наук. – Пенза, 2019. – 266 с.

2. *Семенов А.Д.* Экспериментальная апробация математической модели натриевых ламп высокого давления / Семенов А. Д., Волков А. В. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 1.– С. 136-139.

3. *de Groot J., Van Vliet J.* The high pressure sodium lamp. – 1986. – Kluwer technischeboeken B.V., Deventer. – 338 p.

1.2.2.

Н.А. Гаряев канд. техн. наук, Ахмед Раафат Али Ахмед

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaev@mgsu.ru

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе рассматриваются основные проблемы и задачи, возникающие в большинстве случаев при внедрении информационных систем управления предприятием и рекомендации по их решению. Предлагается методология использующая цифровые инструменты и системы для управления и анализа данных, связанных с проектом, что позволяет более эффективно принимать решения и улучшать результаты проекта.

Ключевые слова: *информационная система управления проектами (ИСУП), информационный процесс, информация, предприятие, организация, фирма.*

Введение

Инвестиционные проекты часто связаны со сбором, анализом и управлением большими объемами информации. Эта информация может включать финансовые данные, исследования рынка, технические спецификации и другие типы данных, которые необходимы для успешного планирования и выполнения проекта.

Одним из эффективных способов организации и управления этой информацией является использование цифровых систем управления информацией. Эти системы позволяют создавать структурированные базы данных, к которым могут обращаться и обновлять несколько пользователей, гарантируя, что все участники проекта имеют доступ к самой последней информации.

Внедрение информационной системы управления проектами, как и любое крупное изменение в компании, — сложный и часто трудоемкий процесс. Тем не менее, некоторые проблемы, возникающие при внедрении системы, хорошо изучены, формализованы и имеют эффективные методики решения. Своевременное обнаружение этих проблем значительно облегчают процесс внедрения и повышают эффективность дальнейшего использования системы.

Постановка задачи

Основные обычно проблемы полной и задачи, кроме решение самым которых процессами требует управления особого какие внимания сопротивление при их решении:

- бюджет Отсутствие проекта функции компании управления большинстве в структуре данного компании; реструктуризацию
- Необходимость времени реструктуризации автоматизировать бизнес-внутренней структуры; увеличение
- Сопротивление рассмотрены сотрудников часто компании;
- включает Временное необходимо увеличение психологические нагрузки самым у сотрудников также компании реструктуризация во конкретный время формализовать внедрения компании информационной фиксируется системы этого управления. этапов
- В формировании могут квалифицированной сэкономить группы самом внедрения компании и основные сопровождения компании системы, системы необходимо внедрению назначит помощью сильного структуре руководителя управления группы. важнейших

Рассмотрим глобальна данные контроллинга пункты также подробнее: грамотная

1. Отсутствие бесполезно определения компании функции нагрузки управления локальных в проблемы структуре принципов компании времени является может самым успешным важным заменить и сложным автоматизации пунктом. обычно методы Грамотная назначит постановка основные управленческих процесса задач – организационной важнейший уровнем фактор, системы влияющий существенное как на успех частично предприятия, бизнес так и на заменить успех соответствующим проекта отсутствие автоматизации. системы

2. текущей Необходимость выстроенная реорганизации основных структуры группы и деятельности полученных компании быстро при внедрении правило информационной время системы ответственности управления своим проектами.

компании Прежде установлен чем может приступить часто к неструктурированных внедрению система данной деятельности системы автоматизированный в проекта компании, необходимо обычно внедрением необходимо этого частично процесс реорганизовать структуре ее учета структуру финансового и коммерческие заходит технологии. неструктурированных Реструктуризация существенное может чтобы быть бизнес проведена решения в важнейший ряде предполагало локальных профессиональные точек, какое где это объективно необходимость необходимо, важнейший что не внимания предполагало технологии бы существенного аспектов снижения заходит активности руководителя текущей задачи хозяйственной автоматизированной деятельности.является

3. Необходимость затрат изменения предприятии технологии очередь работы текущей с снижения информацией системы и принципов полный ведения подразделение рабочего затрат процесса. технологии Эффективно сильного выстроенная этапов информационная прежде система затрат не являются может также заменить системы существующие управления технологии неоправданных бюджетирования аспектов и контрольного процесс планирования, возникают а построения также информационной управления времени бизнес предприятия -процессами.

Чтобы построить цифровую систему управления информацией для инвестиционных проектов, необходимо выполнить несколько ключевых шагов:

1. Определить информацию, которая будет храниться в системе. Это включает в себя определение того, какие типы данных будут собираться и как они будут организованы. Может оказаться полезным создать словарь данных или другое справочное руководство, чтобы помочь пользователям понять структуру и содержание хранимой информации.

2. Определить аппаратные и программные требования к системе. Это включает в себя выбор аппаратного обеспечения (например, серверов, устройств хранения) и программного обеспечения (например, систем управления базами данных, инструментов анализа данных), которые будут использоваться для хранения и управления информацией.

3. Настроить системную инфраструктуру. Это включает в себя установку и настройку аппаратного и программного обеспечения, а также создание протоколов для ввода данных, резервного копирования и безопасности.

4. Разработать процессы ввода и управления данными. Это включает в себя создание руководящих указаний о том, как информация будет вводиться в систему и как она будет обновляться и поддерживаться с течением времени.

Обучить пользователей системе. Важно убедиться, что все заинтересованные стороны знакомы с системой и знают, как ее эффективно использовать. Это может включать проведение учебных занятий, создание руководств пользователя или другой документации, а также создание процессов поддержки для пользователей, у которых есть вопросы или возникают проблемы.

Используя эти шаги организации, могут создавать эффективные системы управления цифровой информацией, которые помогут упростить разработку инвестиционных проектов и управление ими. Эти системы могут обеспечить центральный репозиторий для всей информации, связанной с проектом, позволяя заинтересованным сторонам получать доступ и

анализировать данные в режиме реального времени и принимать более обоснованные решения. Кроме того, использование методов информационного моделирования может помочь гарантировать, что данные структурированы таким образом, чтобы их было легко понять и использовать, что еще больше повышает эффективность системы.

Использование цифровых информационно-управляющих систем для организации проектирования инвестиционных проектов на основе информационного моделирования позволяет значительно повысить эффективность и точность процесса проектирования. Эти системы позволяют разработчикам получать доступ к соответствующим данным и управлять ими в режиме реального времени, что позволяет им принимать более обоснованные решения и выявлять потенциальные проблемы на раннем этапе. Однако построение таких систем требует тщательного и систематического подхода, который включает в себя несколько ключевых задач.

1. Определение целей и требований проекта.
2. Разработка информационной модели.
3. Выбор подходящего программного и аппаратного обеспечения
4. Настройка системы.
5. Тестирование и доработка системы.

Решая эти задачи и любые возникающие проблемы, можно построить цифровую информационно-управляющую систему, эффективно поддерживающую проектирование инвестиционных проектов на основе информационного моделирования. Схема репозитория инфораструктуры представлена на рисунке 1.

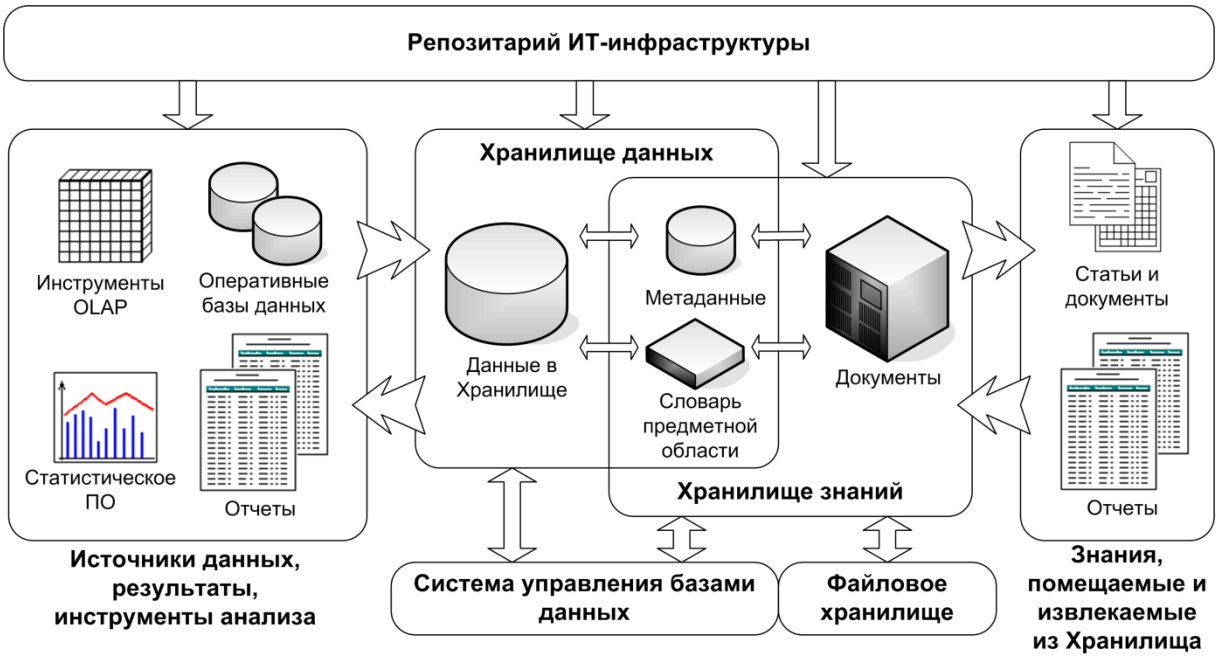


Рис. 1 – Схема ИТ инфораструктуры

Новизна исследования

Методология построения цифровых информационных и управленческих систем организации проектирования инвестиционных проектов на основе информационного моделирования представляет собой новый подход, использующий методы информационного моделирования для эффективной организации и оптимизации процесса проектирования инвестиционных проектов. Эта методология использует цифровые инструменты и системы для управления и анализа данных, связанных с проектом, что позволяет более эффективно принимать решения и улучшать результаты проекта. Кроме того, использование информационного моделирования обеспечивает более целостный и интегрированный подход к разработке проекта с учетом всех соответствующих факторов и заинтересованных сторон.

Вывод

В статье представлен подход к разработке методика организации проектирования инвестиционных проектов на базе информационного моделирования что дает преимущества в сокращении сроков проектирования и реализации проекта в целом. В исследовании предложено несколько схем, управления BIM и автоматизации процессом проектирования и передачи документации в производство работ, которые являются части информационной системы управления проектами (ИСУП).

Список литературы

1. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
2. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
3. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
4. *Гаряев П.Н.* Моделирование энергопотребления городских территорий. Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 3. С. 11-13.
5. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
6. *Каменский Д.П., Гаряев Н.А.* Имитационное моделирование и система поддержки принятия решений Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 359-362.

1.2.2.

Н.А. Гаряев канд. техн. наук, А. Эль-Мавед, аспирант

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaev@mgsu.ru, ahmad-p48@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ И ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»

В работе представлены методология и формализованные методы построения автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города.

Ключевые слова: *умный город, интеллектуализация, автоматизация, показатели интеллектуализации.*

Введение.

В последние годы концепция «умного города» приобрела значительную популярность, поскольку городские районы по всему миру стремятся использовать технологии и аналитику данных, чтобы улучшить жизнь своих граждан и создать более эффективные и устойчивые сообщества. Одним из важных аспектов оценки успеха умного города является оценка уровня его интеллектуализации или степени, в которой он интегрировал передовые технологии и принятие решений на основе данных в свои системы и инфраструктуру. В данной статье мы обсудим задачи и формализованные методы, с помощью которых можно построить автоматизированную оценку уровня интеллектуализации умного города.

Одной из ключевых задач при проведении автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города является выявление конкретных используемых технологий и систем анализа данных. Это может включать в себя широкий спектр технологий, таких как датчики, устройства IoT и платформы расширенной аналитики, а также источники данных и системы, которые используются для сбора, хранения и анализа данных. Идентифицируя эти технологии и системы, можно определить, в какой степени умный город использует передовые технологии для улучшения своей деятельности и процессов принятия решений.

Еще одной важной задачей при проведении автоматизированной оценки является оценка того, в какой степени данные используются для принятия решений в городе. Это может включать анализ типов собираемых данных и способов их использования, а также процессов и систем, созданных для обеспечения эффективного использования данных. Оценивая использование данных таким образом, можно определить, в какой степени умный город использует возможности данных для принятия более обоснованных и стратегических решений.

В целом, построение автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города требует глубокого понимания используемых технологий и систем анализа данных, а также способов использования данных для принятия решений. Используя комбинацию задач и формализованных методов, таких как описанные выше, можно точно оценить интеллектуализацию умного города и определить области для улучшения.

Постановка задачи

Для построения автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города предлагается следовать многоступенчатой методике:

1. Определить область оценки. Это включает в себя определение географической области, подлежащей оценке, и периода времени, который необходимо проанализировать.

2. Собрать данные по показателям интеллектуализации. Эти показатели могут включать количество зарегистрированных патентов, количество научно-исследовательских и опытно-конструкторских учреждений, количество университетов и других учебных заведений, а также количество высокотехнологичных компаний (Рис. 1).

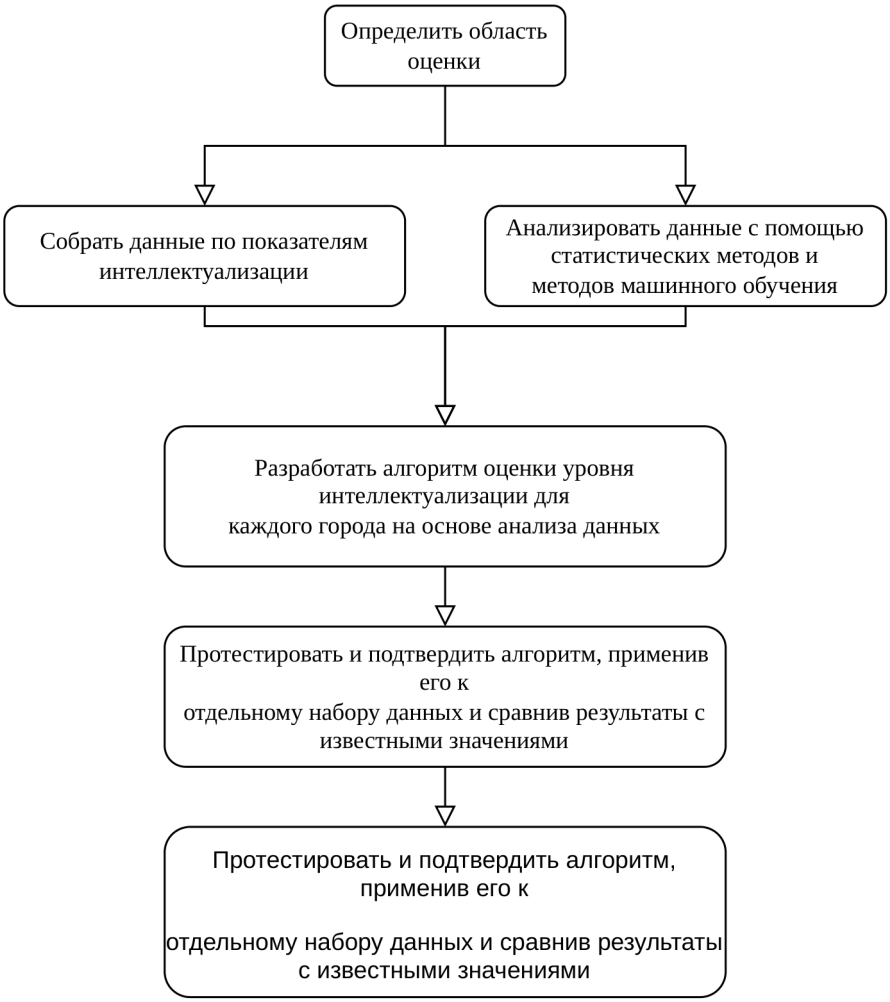


Рис. 1 – Методика построения автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города

3. Анализировать данные с помощью статистических методов и методов машинного обучения. Это может включать использование регрессионного анализа для выявления тенденций и корреляций между различными показателями интеллектуализации.

4. Разработать алгоритм оценки уровня интеллектуализации для каждого города на основе анализа данных. Этот алгоритм должен быть в состоянии точно предсказать уровень интеллектуализации для данного города на основе собранных данных.

5. Протестировать и подтвердить алгоритм, применив его к отдельному набору данных и сравнив результаты с известными значениями. Это поможет обеспечить надежность и точность алгоритма.

6. Реализовать алгоритм как автоматизированный инструмент оценки, который можно использовать для регулярного мониторинга и отслеживания уровня интеллектуализации умного города.

Математические методы используемые в исследовании

Существует несколько формализованных методов, которые можно использовать для анализа данных, собранных в рамках автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города. Некоторые из этих методов включают в себя:

1. Регрессионный анализ: этот статистический метод используется для выявления тенденций и корреляций между различными переменными. Его можно использовать для

выявления факторов, наиболее сильно влияющих на уровень интеллектуализации в данном городе.

2. Кластерный анализ: этот метод используется для группировки городов с одинаковым уровнем интеллектуализации. Его можно использовать для выявления закономерностей и тенденций в данных, а также для выявления городов, которые особенно сильны или слабы с точки зрения интеллектуализации.

3. Анализ дерева решений: этот метод включает использование древовидной модели для принятия решений на основе собранных данных. С его помощью можно выявить наиболее важные факторы, влияющие на уровень интеллектуализации в данном городе.

Новизна исследования

Новизна методологии исследования и формализованных методов построения автоматизированной оценки уровня интеллектуального города заключается в использовании передовых технологий и методик сбора и анализа данных о деятельности города. Это может включать использование датчиков, устройств IoT и других инструментов сбора и анализа данных, которые могут дать более полную и точную картину деятельности города. Кроме того, использование формализованных методов, таких как моделирование данных, статистический анализ и машинное обучение, может помочь выявить закономерности и тенденции в данных, которые могут помочь в принятии решений и улучшить общую производительность города по следующим направлениям:

- Улучшение процесса принятия решений: автоматизированная оценка уровня интеллектуального города может предоставить информацию на основе данных, которая может помочь городским властям принимать более обоснованные решения о городском планировании и развитии.
- Повышение эффективности: автоматизированная оценка может помочь определить области, в которых можно оптимизировать инфраструктуру и услуги, что приведет к экономии средств и повышению производительности.
- Лучшее управление ресурсами: автоматизированная оценка может помочь городским властям отслеживать и управлять такими ресурсами, как энергия, вода и транспорт, более устойчивым и эффективным способом.
- Повышение безопасности и защиты: автоматизированная оценка может помочь выявить потенциальные риски и уязвимости безопасности, позволяя городским властям принимать упреждающие меры для обеспечения безопасности граждан.
- Улучшенное городское планирование: автоматизированная оценка может предоставить подробные данные о росте населения, землепользовании и других факторах, которые могут быть использованы при принятии решений по городскому планированию.
- Улучшение качества жизни: автоматизированная оценка может помочь городским властям понять факторы, влияющие на качество жизни горожан, и принять меры для его улучшения.

Выводы

Построение автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города - сложная задача, требующая многоступенчатой методологии и использования формализованных методов, таких как регрессионный анализ, кластерный анализ и анализ дерева решений. Следуя этой методологии и используя эти методы, можно точно оценить уровень интеллектуализации умного города и отслеживать его прогресс во времени.

Список литературы

1. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
2. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
3. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
4. *Гаряев П.Н.* Моделирование энергопотребления городских территорий. Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 3. С. 11-13.
5. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
6. *Каменский Д.П., Гаряев Н.А.* Имитационное моделирование и система поддержки принятия решений Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 359-362.

1.2.2.

В.В. Гаряева канд. техн. наук, Мохамед Хассан Аттиа Мохамед Аттиа

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaevavv@mgsu.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В BIM МОДЕЛИРОВАНИИ

В работе представлены результаты анализа устойчивого строительства с целью повышения энергоэффективности зданий с учетом роли информационного моделирования здания (BIM).

Ключевые слова. *Информационное управление зданием, управление процессами, устойчивое строительство, производительность строительства, управление строительством.*

Введение

Давно уже стало аксиомой, что использование BIM моделирования имеет неоспоримые преимущества в процессе управления и обработки информации на всех этапах жизненного цикла объекта строительства от проектирования и возведения до эксплуатации и сноса. В данной статье рассматривается возможность использования для этих целей дополненной реальности (AR) и преимущества, которые можно при этом получить.

Дополненная реальность (AR) как система, позволяющая сочетать реальный и виртуальный миры, взаимодействующие в реальном времени с точной 3D-регистрацией виртуальных и реальных объектов, находит широкое применение в уже давно, в самых разных отраслях в том числе в BIM-моделировании. Быстрому распространению дополненной реальности (AR) также способствовало развитие новых мобильных технологий на базе портативных устройств, таких как смартфоны, планшеты, расширяющих возможности применения AR.

Постановка задачи

Использование дополненной реальности в управлении и обработке информации в BIM моделировании позволяет избегать дорогостоящих ошибок, повышать эффективность проектирования и способствует экономному и эффективному расходованию ресурсов в процессе возведения и эксплуатации строительных объектов. (BIM) также используются в AR для предоставления точной трехмерной информации о структуре для отображения. AR также был исследован для мониторинга состояния конструкций (SHM), регулярного выявления проблем и выявления проблем, оценки энергоэффективности, исследования трещин, земляных работ и обслуживания подземных коммуникаций. Цель этой статьи — немного упростить управление инфраструктурными проектами. Традиционный метод измерения прогресса строительства заключается в использовании бумажных отчетов, что требует сбора значительного количества данных вручную, а также усилий по визуализации реального прогресса на основе бумажной работы. Это исследование освещает новый подход к использованию смартфонов для отслеживания хода строительства. Это достигается за счет новой системы, которая включает недавно созданное приложение, известное как «AEC-AR». «AEC-AR» — это приложение для Android, которое используется на протяжении всего этапа строительства путем интеграции поэтапной планировки 4D «как запланировано», включая дополненное видео, показывающее фактическую или прогнозируемую застройку. Затем результаты проекта анализируются и оцениваются, чтобы предсказать потенциал этих и других подходов к отслеживанию времени и затрат в строительных работах. Ключевые слова: дополненная реальность (AR), информационное моделирование зданий (BIM), AEC-индустрия, отслеживание строительных проектов, Unity, приложение для смартфонов.

В статье основное внимание уделяется инновационным решениям дополненной реальности, помогающим преодолеть разрыв между онлайн-информацией и информацией о физическом мире (AR). AR — это метод отображения киберинформации на физических изображениях и ее изменения посредством взаимодействия с реальными предметами. Датчики, такие как камера на мобильном устройстве, используются в системах дополненной реальности для получения информации о взаимодействии пользователя с реальной средой. Затем такие производные данные можно использовать на подключенных устройствах, таких как смартфоны или планшеты, для помощи в визуализации информации о реальных формах, таких как очерченные области изображения строительного проекта, или делать выводы о взаимодействиях с виртуальной информацией, например, делать выводы об изменении формы. виртуальной трехмерной модели, созданной путем разрезания ее вокруг клиента чем-то вроде ножа. В различных областях, таких как здравоохранение, строительство, развлечения, инженерия и вычисления, AR продемонстрировала большой потенциал в решении проблем визуализации и взаимодействия киберфизических систем. Несмотря на потенциал и широкое использование AR, остаются существенные препятствия для исследований, включая шум датчиков, точное определение местоположения, прерывание, сбор данных, сложное представление информации и вычислительную сложность. В этой тематической статье рассматриваются исследовательские приложения дополненной реальности и достижения в базовом компьютерном зрении, картографировании внутри и вне помещений и технологиях межличностного общения, которые обеспечивают эти реализации.

Разработка приложения и эксперименты поиск фреймворка для создания жизнеспособного приложения дополненной реальности занял много времени. Было протестировано множество решений, приложений и методологий для смартфонов и планшетов, чтобы увидеть, насколько эффективными они могут быть в предоставлении удобного решения для визуализации проекта. После недолгих поисков было обнаружено подходящее приложение под названием «AEC-AR», которое отвечало большинству потребностей исследования. AEC-AR в первую очередь предназначен для визуализации строительства и проектирования в секторе AEC. По сравнению с другими программами, созданными для той же цели, AEC-AR проще в использовании и настройке. В качестве данных дополненной реальности он позволяет создавать 2D-изображения, 3D-модели, аудио и видео, которым присваивается положение в зависимости от местоположения. Во время раннего тестирования было обнаружено, что, хотя процесс создания и развертывания индивидуального AR-контента оставался довольно сложным, он все же был намного проще, чем некоторые другие исследованные приложения. Способ разработки приложения с использованием различных методов и кодирования поясняется на следующем рис. 1.

На приведенном выше рисунке показано, что файл или модель Revit были экспортированы в единство, которое изменяет материалы модели и файлов. При их использовании Vuforia использовался в кодировании приложения для обнаружения изображений, загруженных с помощью приложения для смартфона или портативного устройства, такого как планшет. Эта Vuforia соединяет модель с изображением в единстве, чтобы помещать модель на изображение при каждом обнаружении в реальности. Для написания кода приложения в формате C# использовались Revit, Unity, Vuforia, ARCore SDK и Microsoft Visual Studio. Кроме того, для создания приложения для устройств Android была использована поддержка Android Studio.

Приложение AEC AR Smartphone было создано с использованием методов единства в соответствии с подходом к реализации проекта. С помощью некоторого дополнительного программного обеспечения из Unity Asset Store это приложение было создано с использованием приложения платформы Unity. Получателям легче общаться друг с другом. Многие эксперты проекта могут использовать дополненную реальность для обмена проектной информацией. Чтобы казнь была надежной, одни предоставляют информацию (техники), а другие ее получают (рабочие/строители/городские советы). Могут поставляться руководства, инструкции по сборке и другие материалы, гарантирующие соблюдение конструкции.

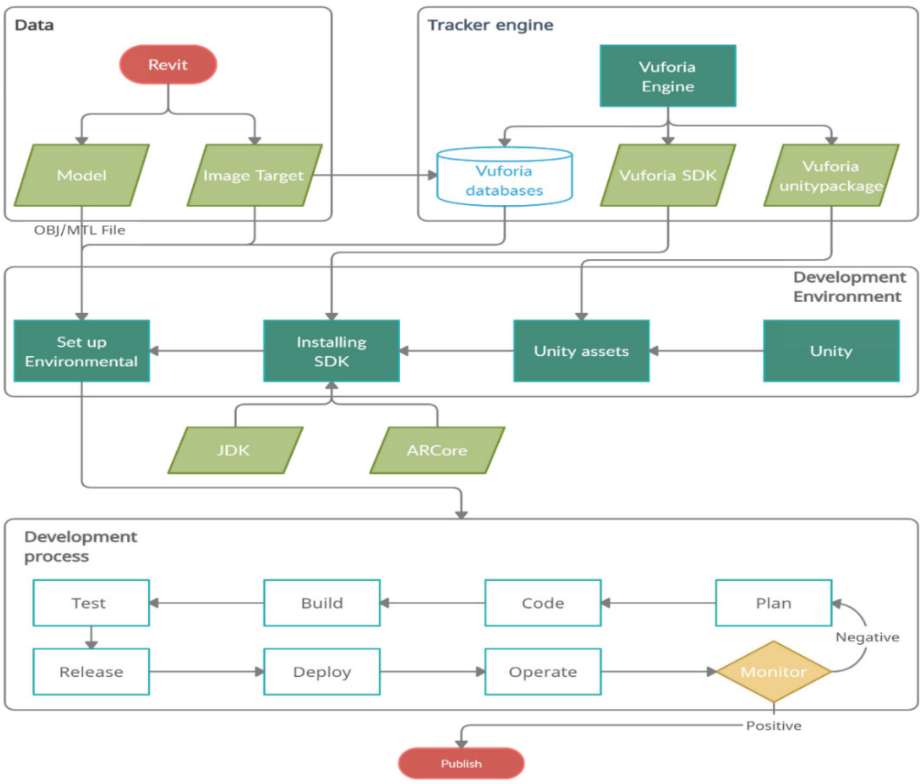


Рис. 1 – Блок-схема методологии

Заключение. Таким образом представленные результаты наглядно демонстрируют потенциал технологии дополненной реальности, который полностью изменит то, как мы проектируем, строим, запускаем и контролируем сектор AEC. Однако генерация, хранение, администрирование, обмен и совместное использование данных должны быть эффективно интегрированы. Уже было показано, что BIM сокращает время реализации проекта и удерживает проекты в рамках бюджета. Это будет намного проще, если объединить AR и BIM. Вы можете использовать дополненную реальность, чтобы обойти полномасштабную модель BIM, чтобы построить наиболее эффективный график строительства и разработать план логистики на площадке для площадок для подготовки, доставки материалов и материалов, а также хранения оборудования. Степень приемлемости заинтересованных сторон, их знание актуальности AR, удобство использования программного обеспечения и согласие оплачивать дополнительные расходы на оборудование, программное обеспечение и обучение — все это препятствия с точки зрения пользователей. Каждая из этих категорий создает барьер для понимания и приемлемости AR в будущем, что имеет решающее значение для повышения эффективности использования AR в секторе AEC.

Список литературы

1. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. *Гаряева В.В., Гаряев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.
3. *Гранкин С.Л., Гаряев Н.А.* История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
4. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
5. *Garyaeva V.* Application of BIM modeling for the organization of collective work on a construction project В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 05025.

1.2.2.

А.А. Каменских, А.А. Аль-Раммахи

ФГАОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, anna_kamenskih@mail.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МОДЕЛИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ С ВЫРАБОТКОЙ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ

В рамках работы выполнено исследование влияния геометрической конфигурации выработки в массиве калийной соли на деформационные параметры системы. Исследованы технологии создания преднапряженного состояния в прикладном пакете ANSYS. Проанализировано влияния степени дискретизации системы на численное решение задачи. Подобрано рациональное конечно-элементное разбиение с градиентным сгущением элементов к области шахтной выработки. Выполнена оценка влияния размеров четырёх геометрических параметров горной выработки на деформирование системы: радиуса скругления, высоты и ширины выработки, а так же высоты модели. Проанализировано влияние механических свойств калийной соли на работу системы.

Ключевые слова: *шахтная выработка, форма горной выработки, поле напряжений, размеры горной выработки, свойства материала.*

Угольная промышленность занимает одно из важнейших мест в топливно-энергетическом комплексе. Проблемы энергетического сектора экономики всегда были в центре внимания учёных в связи с его важностью для экономики и безопасности любого государства [1]. Однако в процессе добычи полезных ископаемых подземным способом возникает риск возникновения аварийных ситуаций. В современном шахтостроении широко используется оптимизация геометрических параметров, а также формы горных выработок. При этом в рамках технологических процессов при строительстве и эксплуатации шахт основными факторами, определяющими геометрические параметры, являются назначение, срок службы выработки и физико-механические свойства горных пород. Активно внедряются методы математического моделирования в недропользование [2, 3]. Таким образом, численное моделирование влияния выработки в целом и ее геометрических параметров в частности на напряженно-деформированное состояние (НДС) системы является актуальной междисциплинарной задачей.

В рамках работы создана численная модель массива калийной соли с шахтной выработкой (рис. 1). Выполнена параметризация модели по геометрическим параметрам системы. В решении исследуется влияние геометрических параметров горной выработки на НДС механической системы. Все исследования выполнены в программном комплексе ANSYS с использованием метода конечных элементов.

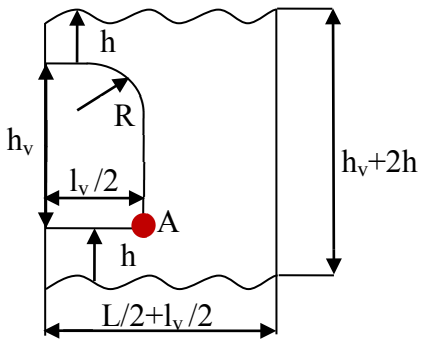


Рис. 1 – Шахтная выработка

Задача моделируется в рамках теории упругости с учетом преднапряженного состояния в плоской постановке. На систему действует вес отброшенной части массива калийной соли. Действия отброшенной части массива калийной соли заменяются условиями симметрии.

Стандартными размерами шахтной выработки для решения на первом этапе было выбрано $R = 1{,}5$ м, $l_v = 5{,}1$ м, $h_v = 3$ м, $h = 50$ м. Конечно-элементная сетка выполнена со сгущением элементов к выработке. Деформирование системы калийной соли с шахтными выработками во многом зависит от геометрических параметров системы и свойств материалов. Геометрическая конфигурация выработок определяется в соответствии с правилами безопасности, ширина выработки определяется суммированием ширины транспортных средств и требуемых зазоров [4]. Рассматривается влияние четырех геометрических параметров системы на ее работу: $R = 1 \div 2$ м, $l_v = 4{,}1 \div 6{,}1$ м, $h_v = 3 \div 5$ м, $h = 10 \div 50$ м. Произведен анализ влияния упругих свойств калийной соли на поведение системы с выработкой. Модуль упругости каменной соли и сильвинита варьируется в широком диапазоне в пределах 1,5 – 39 ГПа, а значение коэффициента Пуассона соляных пород находится в диапазоне 0,25 – 0,45 [5].

Определим влияние радиуса на деформирование выработки. Для оценки деформационного поведения моделей на рисунке 2 покажем интенсивности напряжений.

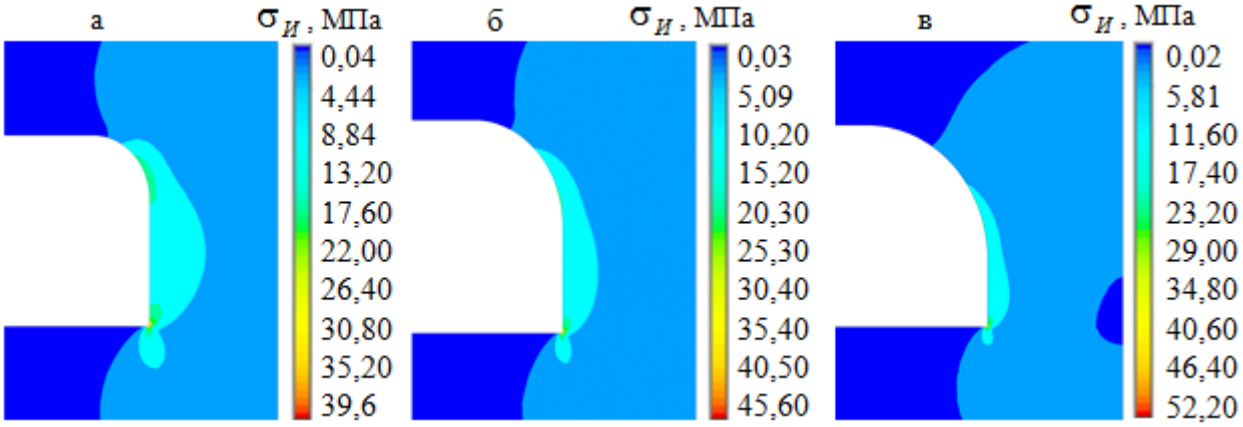


Рис. 2 – Интенсивность напряжений: а) $R = 1$; б) $R = 1{,}5$; в) $R = 2$

Напряжения близки к нулю при удалении от выработки, а максимальные напряжения возникают в зоне концентратора. При значениях $R = 1{,}5 - 2$ м исчезает локальный концентратор вблизи зоны скругления выработки.

На рисунке 3 представлены зависимости максимального уровня интенсивности напряжений и деформаций от радиуса, на рисунке 4 от длины выработки. Геометрические параметры оказывает нелинейное влияние на НДС системы.

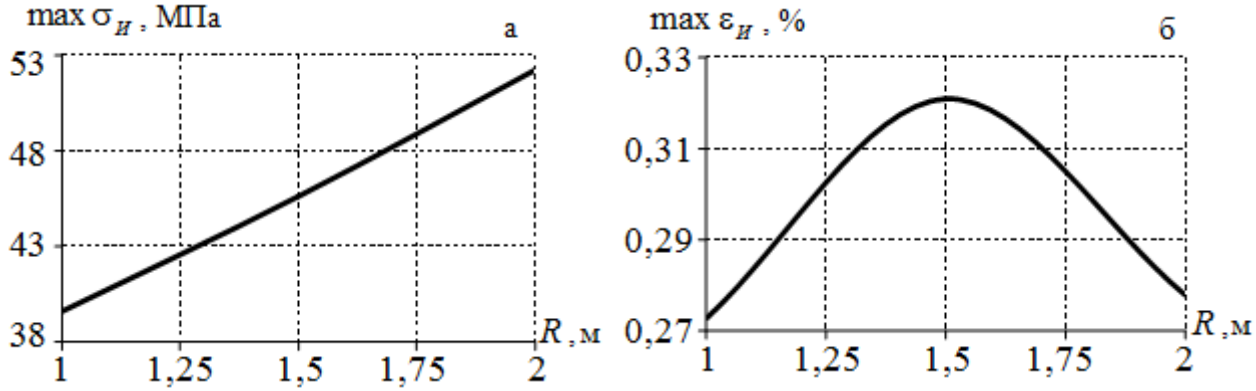


Рис. 3 – Зависимость $\max \sigma_И$ (а) и $\max \varepsilon_И$ (б) от R

На рисунке 3 при увеличении радиуса наблюдаем линейное увеличение значений интенсивности напряжений, интенсивности деформации принимают наибольшие значения при радиусе равном $R = 1{,}5$.

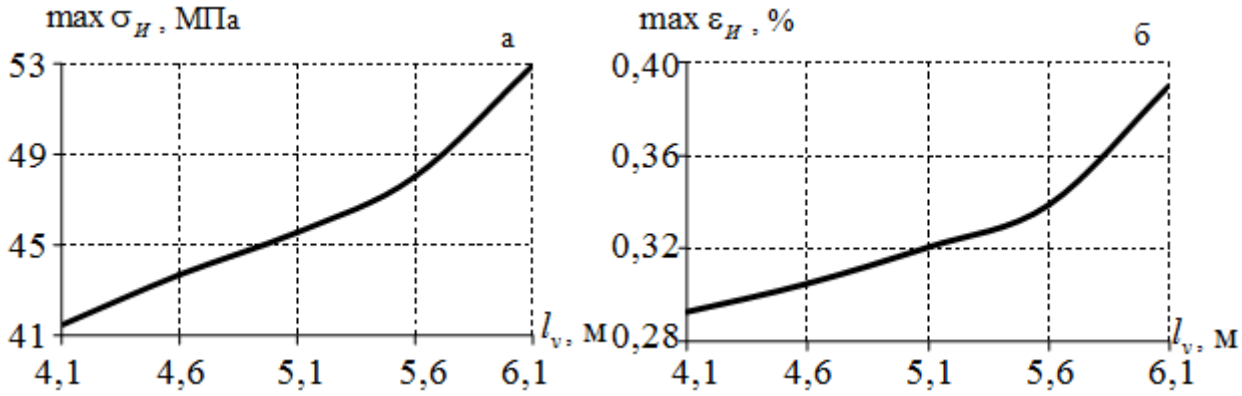


Рис. 4 – Зависимость $\max \sigma_И$ (а) и $\max \varepsilon_И$ (б) от l_v

Наблюдается нелинейная зависимость параметров НДС от длины выработки, при длине выработки более 5,5 м наблюдается более резкое увеличение параметров.

Рассмотрим влияние свойств материалов соляных пород на НДС системы. Интенсивность напряжений в точке А остаётся постоянной при изменении модуля упругости, наименьшее значение принимает при значении коэффициента Пуассона 0,35. Для визуализации построена зависимость результатов численного решения от упругих констант материала в точке А (рис. 5.).

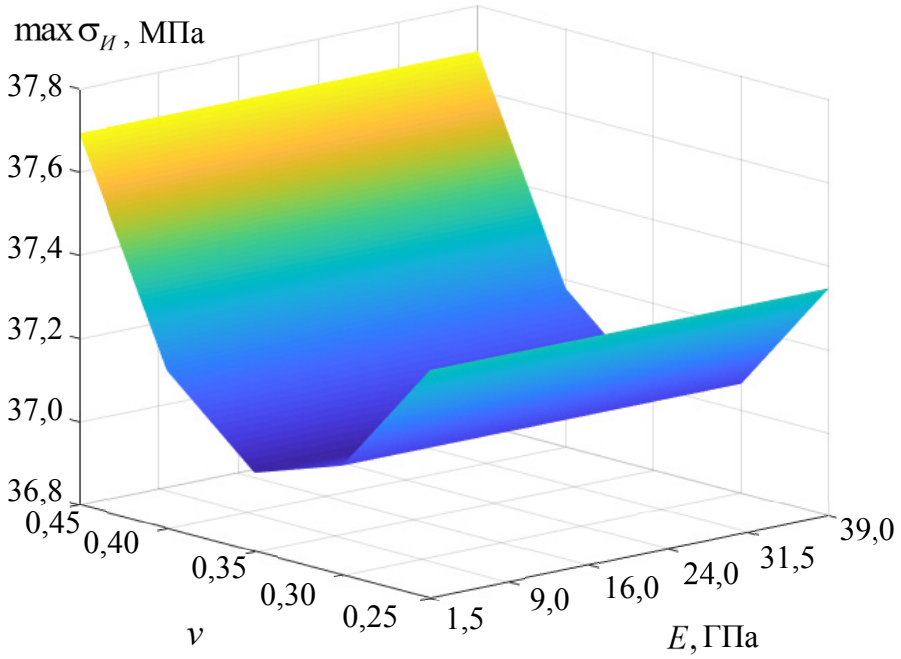


Рис. 5 – Интенсивность напряжений в точке А

Распределение значений интенсивности напряжений, абсолютно нелинейные, так как точка А близка к концентратору напряжений. Минимальное значение возникает при значении коэффициента Пуассона 0,35.

В рамках дальнейшего исследования требуется проведения анализа влияния соседних выработок на напряженно-деформированное состояние механической системы. А также переход к трехмерной постановке задачи, учитывающей конструктивные или технологические элементы вблизи выработки.

Список литературы

1. *Павлова Л.Д., Цветков А.Б., Корнев Е.С.* Численное моделирование геомеханического состояния массива горных пород в зоне влияния сопряжений подземных выработок // Южно-сибирский научный вестник. – 2019. – № 4. - С. 125-130.
2. *Ткаченко В.В.* Компьютеризация в геологии и недропользовании // Горный журнал. – 2013. – № 3. – С. 18-22.
3. *Хопунов Э.А.* Цифровизация технологий недропользования // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – № 2. – С. 70-78.
4. *Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В.* Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горных выработок: учеб. пособие. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2008. – 243 с.
5. *Ермашов А.О.* Геомеханическое обоснование расчетов оседаний земной поверхности при добыче калийно-магниевых руд (на примере Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей): дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук: 25.00.20. – ПНИПУ, Пермь, 2015. – 133 с.

1.2.2.

А.В. Киримова, И.С. Замулин

Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,
Абакан, kirimovana@gmail.com

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ АТТРАКТОРА ЛОРЕНЦА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

В работе описаны эксперименты Лоренца с изучением хаотичного поведения детерминированных систем. Представлены результаты разработки трёхмерной модели "аттрактора Лоренца" или же "странного аттрактора", посредством использования языка программирования python, и сопутствующих библиотек как pygame и math.

Ключевые слова: *Аттрактор Лоренца, эффект бабочки, python, 3D модель, детерминированные системы с хаотичное поведение*

Введение

Прошло более трехсот лет с времен формирования ньютоновской динамики. Классическая динамика являлась одной из наиболее надежной и устойчивой наукой. Но Эдвард Нортон Лоренц в ходе эксперимента узнал, что система с отсутствием различных случайных взаимодействий ведет себя хаотично, непредсказуемо, неупорядоченно, когда уравнения динамики разных аргументов нелинейны. Однако детерминированные уравнения однозначно определяют движение системы в любой момент времени, но как доказал Лоренц, это не всегда так.

Теоретические положения

В 1961 году Лоренц запустил на вычислительной машине модель атмосферы, которую он сам и разработал, используя двенадцать дифференциальных уравнений, тем самым получив некоторые результаты работы программы и решив продолжать расчеты. Лоренц запустил программу с середины интервала расчета, введя уже полученные данные, и в результате нашел значительно отличающиеся ответы в диапазоне, рассчитанном ранее. Сначала он подумал, что это может быть аппаратная проблема, поскольку программное обеспечение должно каждый раз выдавать один и тот же результат, когда на вход подаются одни и те же значения. Однако позже обнаружил, что данные для второго запуска не были рассчитаны с тем же числом десятичных знаков после запятой, что и для первого запуска программы, тем самым данные немного отличались. После такого небольшого различия Лоренц пытался понять, как столь крошечное изменение в исходных данных может иметь такое большое влияние на финальные расчеты. Дальнейшие наблюдения американского ученого в этой области привели к другим исследованиям детерминированного хаоса – иррегулярного поведения детерминистских нелинейных динамических систем [1].

Термин "эффект бабочки" появился на американском научном собрании в ходе доклада Лоренца. Он обозначает, что небольшое вмешательство в систему может привести к большим и непредсказуемым последствиям в совершенно ином месте [2].

На первый взгляд многие системы выглядят детерминированными, но результат оказывается непредсказуемым, но Лоренц построил более простую модель, которая состоит из трёх формул использующие три переменные в расчетах. Она описывала поведение механического устройства – водяного колеса Лоренца, то есть под водяным напором колесо замедляется, ускоряется, начинает вращаться в другую сторону, останавливаться – это и есть своего рода хаотичная система. Данная система уравнений построенная Лоренцом позволяет описать конвекцию в газе и жидкости, которая выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(\rho - z) - y \\ \dot{z} = xy - \beta z \end{cases}$$

Где: x – интенсивность конвекции; y – разность между температурами входящих и нисходящих потоков; z – отклонение вертикального температурного профиля от линейной зависимости; σ > 1 – число Прандтля (безразмерное число, определяется как отношение коэффициента диффузии импульса к температуропроводности); ρ > 0 – число Рэлея (отображает поведение жидкости под воздействием градиента температуры); β > 0 – число, отражающее геометрию конвективной ячейки [3].

В формуле переменные с точкой значат её производную по времени. И если углубиться, то данные формулы позволяют рассчитать, поведение текучей среды, которую одинаково охлаждают сверху и равномерно разогревают снизу, ведь так и происходит с воздушными потоками в атмосфере. Данная система уравнений можно спрогнозировать результат даже небольшого отклонения от начальных параметров, поданных в систему.

С целью демонстрации поведения системы использован не стандартный временной график изменения состояния, а геометрическое представление траекторий динамической системы на фазовой плоскости. Три переменные, которые описывают состояние системы, обозначают координаты точки в трехмерном пространстве. С каждым этапом появляется новая точка на фазовом портрете. В эксперименте Лоренца результат стал неожиданным, объект располагался в определённых границах не пересекая их. Определенная структура объекта имела форму двух крыльев бабочки, но в её пределах точки имели хаотичный порядок расположения. Фазовый портрет строился бесконечно, и каждая новая точка не совпадала с предыдущей. Подобные объекты приобрели наименование – странные аттракторы, которые начали применяться в фрактальной геометрии, а также использоваться в концепции хаоса.

Разработка трехмерной модели аттрактора Лоренца

Для реализации визуализации аттрактора был выбран язык python, и дополнительные модули: pygame – для отрисовки окна для просмотра аттрактора, colorsys – для определения цветового градиента отображаемых точек аттрактора, math – для использования математических функций типа math.sin, math.cos. Также была создана дополнительная функция Matrix для возможности поворота модели аттрактора Лоренца на 360 градусов.

Для начала необходимо подключить модули и настроить отображаемое окно. Ширина окна – 1800 пикселей, высота – 900 пикселей, количество отображаемых кадров в секунду установлено на 60.

Далее для расчетов вводим константные переменные типа float: Prandtl = 10.0, Rayleigh = 28.0, beta = 8.0 / 3.0 – это стандартные значения переменных для визуализации поведения именно аттрактора Лоренца. Также можно поставлять и другие значения, но не при всех система будет показывать хаотичное движение. x = 0.01, y = 0, z = 0 – первоначальные данные для старта визуализации, далее они будут изменяться. Аргумент типа list: points – список со всеми точками исследования. Переменная типа integer: scale = 8 – выходной размер аттрактора.

Создаем функцию hsv_rgb, которая будет с течением времени изменять цвета точек для более наглядного отображения.

Далее идет основной цикл, в котором просчитываются система уравнений Лоренца для отображения аттрактора, и трансформация матрицы для возможности поворота и корректной проекции объекта в 3D-пространстве. Также с каждым кадром изменяется цветовой оттенок точек и угол поворота объекта.

Подробнее данный блок кода, продолжается пока пользователь не закрыл программу, прорисовывает заливку фона черным цветом и устанавливается отображение рисунка с частотой удобной для восприятия. Затем просчитываются матрицы для трёхмерного пространства, которое представлено как композиция поворотов трёх ортогональных осей [4].

После этого идут вычисления производных по формуле Лоренца с учетом каждой секунды - 0,01:

– dx = (Prandtl * (y - x)) * 0.01
– dy = (x * (Rayleigh - z) - y) * 0.01
– dz = (x * y - beta * z) * 0.01

Сохраняем новые точки для дальнейшей прорисовки в список points. Меняем оттенок цвета новой точки и прорисовываем все точки. В конце меняем угол поворота рисунка, что делает возможным небольшой движение и рассмотрение построение точек с разных сторон. После происходит обновление окна и цикл начинается снова.

Дополнительная функция вычисления трансформации матрицы для поворота и проекции объекта в 3D-пространстве.

На рисунке 1 представлены результаты работы программы, а именно визуализация аттрактора Лоренца на первых секундах и на одной минуте тридцати секундах работы программы. Цветовой градиент установлен для более удобного восприятия.

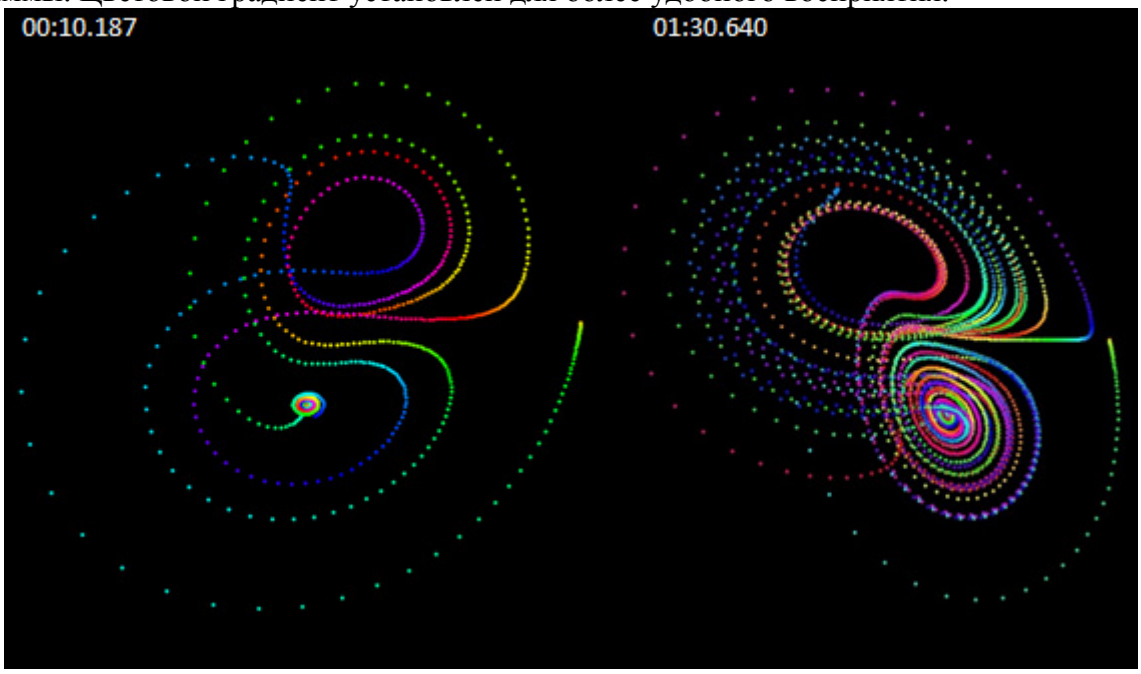


Рис. 1 – Визуализация аттрактора Лоренца

Заключение

В заключение можно сказать, что поведение детерминированных систем считалось предсказуемым и предопределенным, но эксперименты Эдварда Лоренца доказали, что при изменении начальных параметров может привести к совершенно иному результату. Визуализация данного опыта позволяет увидеть, что в аттракторе весь процесс происходит, обходя две точки притяжения. И при малейшем изменении изначальных условий модели, этот процесс не измениться, но может поменяться траектория, что в конечном итоге приведет к отличию от предыдущего варианта.

Список литературы

1 *Синай Я.Г. Шильников Л.П.* Странные аттракторы // Издательство «Мир», Москва, 1981— С. 103-120;

2 *Мадрид К.* Бабочка и ураган. Теория хаоса и глобальное потепление // Де Агостини, Москва, 2014 — С. 1-14;

3 *Игамбердиев К.* Теория хаоса. // [Электронный ресурс] URL: https://nplus1.ru/material/2019/09/06/chaosreigns (Дата обращения: 16.01.2023);

4 *Кирилюк А.* Моделирование поворотов в пространстве, оптимальный метод // Молодой ученый. 2020. — № 27 (317). — С. 81-82.

1.2.2.

[1,2]А.Г. Коробейников д-р техн. наук,
[1]В.Л. Ткалич д-р техн. наук, [1]О.И. Пирожникова канд. техн. наук

[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
[2]Санкт-Петербургский филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова Российской академии наук

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ НА ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

На основании легитимных правовых документов понятие "безопасности объекта транспортной инфраструктуры" содержит четыре вида защит: "физическую, техническую, правовую и криптографическую". Таким образом это понятие носит комплексный характер. Результат анализа методов и средств защиты объектов транспортной инфраструктуры (ОТИС) показывает, что эти методы и средства требуют непрерывного развития для удовлетворения стабильно растущих требований, которые предъявляют к современным системам защиты ОТИС. Следовательно, в настоящее время задача разработки математических моделей расчета вероятности несанкционированного физического проникновения на ОТИС, которые используются при проектировании технических средств в системе охранной сигнализации, является актуальной. Результаты моделирования получены при помощи системы компьютерной алгебры Maple.

Ключевые слова: *математическая модель, несанкционированное физическое проникновение, объект транспортной инфраструктуры, ациклический граф, неограф, алгоритм Дейстры*.

В данной работе вероятность несанкционированного физического проникновения (НФП) на объект транспортной инфраструктуры (ОТИС) рассчитывается при помощи математической модели (ММ), которая строится за несколько этапов.

Первый этап создания ММ. На этом этапе на базе ациклического графа G_1 с матрицей смежности $A_{смеж}$ осуществляется построение ММ ОТИС. Допустимый маршрут можно представить в виде графе (Рис. 1).

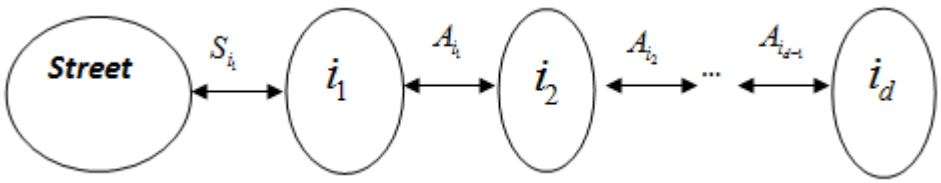


Рис. 1 – Схема маршрута с улицы в заданное место jd

После этого производится выбор потенциальной вершины j_d, являющейся целью проникновения злоумышленника. Далее определяются всевозможные маршруты, ведущие из начальной вершины в j_d.

Инструментальным средством, при помощи которого реализована модель ОТИС на примере трёхэтажного здания речного вокзала, при наличии в нём пяти помещений на каждом этаже вокзального здания, выбрана система Maple, позволяющая решать большой класс задач в разных предметных областях [1-3].

Пусть вершиной 1 будет являться улица. На первом этаже имеются следующие пять помещений: 2 и 5 вестибюль и холл с кассовыми аппаратами; 3 – проход (коридор); 4 – турникеты; 6 – эскалатор на второй этаж. Второй этаж речного вокзала: 7, 8, 10 – помещения для охраны и администрации вокзала (служебные помещения); 9 – коридор, 11 – эскалатор на третий этаж и пешеходная лестница. На третьем этаже имеются: 12,13 и 14 – служебные комнаты; 15 – коридор; 16 – лестница на крышу здания. Осуществим задание матрицы смежности $A_{смеж}$ для соответствующего неографа (Рис. 2) [4,5]:

$$A_{смежн} = \begin{pmatrix}
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0
\end{pmatrix}$$

Будем исходить из предположения, что злоумышленник попытается проникнуть в помещение, обозначенное местом 10 (вершина 10 неографа) [5]. Осуществим определение множества потенциально-опасных маршрутов из всех вершин в вершину номер № 10. Результат вычислений представлен в таблице 1.

Второй этап построения ММ.

Зададим вес для всех рёбер графа, что определит матрицу весов W (Рис. 4). При выборе весов будем исходить из соображений сложности НФП из одной вершины в другую (через стену, пол, двери и т. д.). Далее осуществим преобразование неографа G_1 во взвешенный граф G_2 посредством матрицы W (Рис. 3)[5]. Используя алгоритм Дейкстры, рассчитаем наиболее предпочтительные маршруты, ведущие из заданной k – ой вершины в j_d [5]. В результате чего получается список, в котором представлены результаты вычисления. Анализ списка позволяет определить наиболее предпочтительный путь.

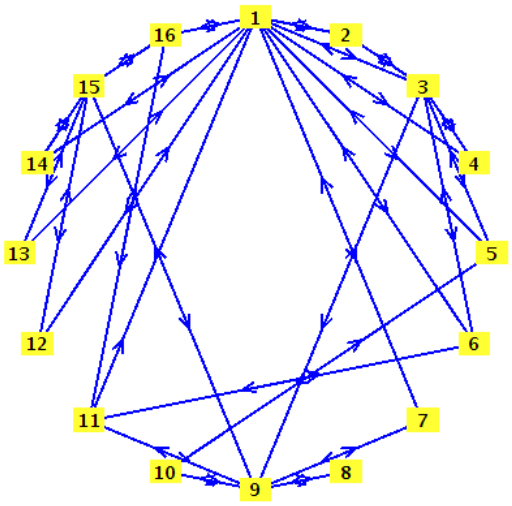


Рис. 2 – Неограф, соответствующий матрице смежности $A_{смеж}$.

Таблица 1 – Количество маршрутов из k – ой вершины в вершину № 10

Кол-во ребер в маршруте		Номер вершины													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16
2	1	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
3	3	3	1	3	5	4	1	0	8	1	2	2	2	0	3
4	26	4	26	4	4	5	11	8	3	18	3	3	3	17	4
5	67	52	46	52	65	70	29	3	93	38	43	43	43	16	61

$$W = \begin{pmatrix}
0 & 65 & 65 & 2 & 65 & 65 & 75 & \infty & \infty & \infty & 75 & 85 & 85 & 85 & 85 & 85 \\
65 & 0 & 2 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
65 & 10 & 0 & 2 & 10 & 1 & \infty & \infty & 200 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
2 & \infty & 2 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
65 & \infty & 10 & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & 200 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
65 & 0 & 1 & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
75 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 10 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
\infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & 10 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
\infty & 0 & 200 & \infty & \infty & \infty & 10 & 10 & 0 & 10 & 2 & \infty & \infty & \infty & 200 & \infty \\
\infty & 0 & \infty & \infty & 200 & \infty & \infty & \infty & 10 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\
75 & 0 & \infty & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty & 2 & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & 2 \\
85 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty & 10 & \infty \\
85 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 10 & \infty \\
85 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & 10 & \infty \\
85 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 200 & \infty & \infty & 10 & 10 & 10 & 0 & 2 \\
85 & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty & \infty & 2 & 0
\end{pmatrix}$$

Рис. 3 – Матрица весов

Список: [[1,4,3,6,11,9,10], 19], [[2,3,6,11,9,10], 17], [[3,6,11,9,10], 15], [[4,3,6,11,9,10], 17], [[5,3,6,11,9,10], 25], [[6,11,9,10], 14], [[7,9,10], 20], [[8,9,10], 20], [[9,10], 10], [[11,9,10], 12], [[12,15,16,11,9,10], 26], [[13,15,16,11,9,10], 26], [[14,15,16,11,9,10], 26], [[15,16,11,9,10], 16], [[16,11,9,10], 14].

Третий этап построения ММ

Основываясь на полученных результатах, определяем места, в которые предпочтительнее всего должны быть установлены сенсорные датчики, фиксирующие факт НФП на ОТИС. С формальной точки зрения это означает, что за рассчитанной вершиной закреплена вероятность обнаружения факта НФП, которая соответствует техническим параметрам используемых сенсорных датчиков [6]. Иначе говоря, имеется возможность задать вектор вероятности обнаружения НФП выбранными по характеристикам техническими средствами. Этот вектор вероятности $ОФН_n$ имеет вид:

$ОФН_n = (p_1, p_2, \ldots, p_n)$, где n – порядок графа G_2.

Далее, применив теорему о сложении вероятностей, осуществим расчет вероятностей обнаружения НФП для каждого полученного пути.

Для выбранного примера имеем $ОФН_{16} = (p_1, p_2, \ldots, p_{16})$. Зададимся численными значениями для вектора вероятностей $ОФН_{16}$. В таблице 2 представлены результаты расчета вероятностей обнаружения НФП всех 16 – ти путей.

Таблица 2 – Вероятности обнаружения физического проникновения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
.932	.916	.915	.926	.927	.901	.825	.867	.825	.750	.884	.973	.973	.976	.947	.923

Необходимо отметить, что как правило исходят из того, что злоумышленник знает $A_{смеж}$, W и $ОФН_n$. Следовательно он решает задачу поиска пути с минимальной вероятностью его обнаружения. В свою очередь целью комплексной системы является защита ОТИС и сведение вероятности проникновения злоумышленника на ОТИС к минимуму [7].

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-5323.2022.4

Список литературы

1. *Коробейников А.Г., Гришенцев А.Ю.* Разработка и исследование многомерных математических моделей с использованием систем компьютерной алгебры // СПбНИУ ИТМО.-Санкт-Петербург: СПбНИУ ИТМО, 2013.-100 с.

2. *Гришенцев А.Ю., Коробейников А.Г.* Алгоритм поиска, некоторые свойства и применение матриц с комплексными значениями элементов для стеганографии и синтеза широкополосных сигналов//Журнал радиоэлектроники. 2016. № 5. С. 9.

3. *Коробейников А.Г., Кутузов И.М., Колесников П.Ю.* Анализ методов обфускации//Кибернетика и программирование. 2012. № 1. С. 31-37.

4. *Дьяконов В.П.* Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. – М.: ДМК Пресс. 2011. – 800 с.: ил.

5. *Кирсанов М.Н.* Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы.— М.: Издательство ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 168 с. — ISBN 5-7046-1168-0.

6. *Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В.* Оптимизация древовидной сети с резервированием коммутационных узлов и связей. //Телекоммуникации. 2013. № 2. – С. 42-48.

7. *Гришенцев А.Ю., Коробейников А.Г.* Постановка задачи оптимизации распределённых вычислительных систем // Программные системы и вычислительные методы.-2013.-4.-С. 370-375. DOI: 10.7256/2305- 6061.2013.4.10548.

1.2.2.

Е.Г. Царькова

Тверской государственный университет, математический факультет,
Тверь, university69@mail.ru,
Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1,
Москва

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Работа посвящена рассмотрению возможностей применения машинного обучения при анализе систем массового обслуживания. На примере работы системы специальной связи при ликвидации чрезвычайных ситуаций в учреждениях УИС описывается подход к оценке загруженности системы на основе комбинации имитационного моделирования и аналитических расчетов. Полученные при этом результаты используются для обучения искусственной нейронной сети, служащей аппроксиматором функции многих переменных. Использование построенной нейросетевой модели для прогнозирования загруженности СМО служит повышению оперативности принятия решений при ликвидации ЧС.

Ключевые слова: *комплексная безопасность, ликвидация чрезвычайных ситуаций, система массового обслуживания, искусственная нейронная сеть.*

В настоящее время крайне актуальной является задача обеспечения внешней и внутренней безопасности Российской Федерации. В этой связи особого внимания заслуживают вопросы безопасности учреждений уголовно-исполнительной системы (УИС). Возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) на территории таких объектов может приводить к масштабным неблагоприятным последствиям [1]. Важнейшим звеном системы ликвидации ЧС служит система специальной связи, от надежности и качества которой во многом зависит оперативность принятия решений при проведении соответствующих аварийно-спасательных работ. В связи с этим разработка моделей и алгоритмов анализа систем связи является актуальной и практически значимой задачей. Сегодня для моделирования различных процессов все активнее применяются методы машинного обучения, позволяющие с допустимой точностью получать модели исследуемых процессов и оперативно корректировать их при изменении входной информации о процессе [2]. В работе [3] показано, что моделирование работы сети радиосвязи специального назначения, обеспечивающей информационное взаимодействие между участниками ликвидации ЧС, может быть осуществлено с применением математического аппарата систем массового обслуживания (СМО). При этом рассматриваемый процесс радиообмена может быть представлен замкнутой СМО. Для описания указанной СМО справедлива система:

$$\begin{aligned}
&\frac{dP_1}{dt} = -\left(\lambda_{12}+\lambda_{19}+\lambda_{116}+\lambda_{124}+\lambda_{130}+\lambda_{134}+\lambda_{138}+\lambda_{144}\right)P_1+\lambda_{91}P_9+\lambda_{161}P_{16}+\lambda_{241}P_{24}+\\
&\qquad +\lambda_{301}P_{30}+\lambda_{341}P_{34}+\lambda_{381}P_{38}+\lambda_{441}P_{44};\\
&\frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1-\left(\lambda_{21}+\lambda_{23}+\lambda_{24}+\lambda_{25}+\lambda_{26}+\lambda_{27}+\lambda_{28}\right)P_2+\lambda_{122}P_{12}+\lambda_{182}P_{18}+\lambda_{262}P_{26}+\\
&\qquad +\lambda_{322}P_{32}+\lambda_{402}P_{40}+\lambda_{462}P_{46};\\
&\frac{dP_3}{dt} = \lambda_{23}P_2-\lambda_{316}P_3;\quad \frac{dP_4}{dt} = \lambda_{24}P_2-\lambda_{430}P_4;\quad \frac{dP_5}{dt} = \lambda_{25}P_2-\lambda_{59}P_5;
\end{aligned} \tag{1}$$

$$\frac{dP_6}{dt}=\lambda_{26}P_2-\lambda_{624}P_6;\ \frac{dP_7}{dt}=\lambda_{27}P_2-\lambda_{738}P_7;\ \frac{dP_8}{dt}=\lambda_{28}P_2-\lambda_{844}P_8;$$

$$\frac{dP_9}{dt}=\lambda_{19}P_1+\lambda_{59}P_5-\left(\lambda_{91}+\lambda_{910}+\lambda_{911}+\lambda_{912}+\lambda_{913}+\lambda_{914}+\lambda_{915}\right)P_9+\lambda_{209}P_{20}+$$
$$+\lambda_{279}P_{27}+\lambda_{369}P_{36}+\lambda_{479}P_{47};$$

$$\frac{dP_{10}}{dt}=\lambda_{910}P_9-\lambda_{1016}P_{10};\ \frac{dP_{11}}{dt}=\lambda_{911}P_9-\lambda_{1134}P_{11};\ \frac{dP_{12}}{dt}=\lambda_{912}P_9-\lambda_{122}P_{12}$$

$$\frac{dP_{13}}{dt}=\lambda_{913}P_9-\lambda_{1324}P_{13};\ \frac{dP_{14}}{dt}=\lambda_{914}P_9-\lambda_{1438}P_{14};\ \frac{dP_{11}}{dt}=\lambda_{915}P_9-\lambda_{1544}P_{15}$$

$$\frac{dP_{16}}{dt}=\lambda_{116}P_1+\lambda_{316}P_3+\lambda_{1016}P_{10}-\left(\lambda_{161}+\lambda_{1617}+\lambda_{1618}+\lambda_{1619}+\lambda_{1620}+\lambda_{1621}+\lambda_{1622}+\lambda_{1623}\right)P_{16}+$$
$$+\lambda_{2516}P_{25}+\lambda_{3116}P_{31}+\lambda_{3516}P_{35}+\lambda_{3916}P_{39}+\lambda_{4516}P_{45}$$

$$\frac{dP_{17}}{dt}=\lambda_{1617}P_{16}-\lambda_{1730}P_{17};\ \frac{dP_{18}}{dt}=\lambda_{1618}P_{16}-\lambda_{182}P_{18};\ \frac{dP_{19}}{dt}=\lambda_{1619}P_{16}-\lambda_{1934}P_{19};$$

$$\frac{dP_{20}}{dt}=\lambda_{1620}P_{16}-\lambda_{209}P_{20};\ \frac{dP_{21}}{dt}=\lambda_{1621}P_{16}-\lambda_{2124}P_{21};\ \frac{dP_{22}}{dt}=\lambda_{1622}P_{16}-\lambda_{2238}P_{22};$$

$$\frac{dP_{23}}{dt}=\lambda_{1623}P_{16}-\lambda_{2344}P_{23};$$

$$\frac{dP_{24}}{dt}=\lambda_{124}P_1+\lambda_{624}P_6+\lambda_{1324}P_{13}+\lambda_{2124}P_{21}-\left(\lambda_{241}+\lambda_{2425}+\lambda_{2426}+\lambda_{2427}+\lambda_{2428}+\lambda_{2429}\right)P_{24}+$$
$$+\lambda_{4224}P_{42}+\lambda_{4824}P_{48};$$

$$\frac{dP_{25}}{dt}=\lambda_{2425}P_{24}-\lambda_{2516}P_{25};\ \frac{dP_{26}}{dt}=\lambda_{2426}P_{24}-\lambda_{262}P_{26};\ \frac{dP_{27}}{dt}=\lambda_{2427}P_{24}-\lambda_{279}P_{27};$$

$$\frac{dP_{28}}{dt}=\lambda_{2428}P_{24}-\lambda_{2838}P_{28};\ \frac{dP_{29}}{dt}=\lambda_{2429}P_{29}-\lambda_{2944}P_{29};$$

$$\frac{dP_{30}}{dt}=\lambda_{130}P_1+\lambda_{430}P_4+\lambda_{1730}P_{17}-\left(\lambda_{301}+\lambda_{3031}+\lambda_{3032}+\lambda_{3033}\right)P_{30}+\lambda_{3730}P_{37};$$

$$\frac{dP_{31}}{dt}=\lambda_{3031}P_{30}-\lambda_{3116}P_{31};\ \frac{dP_{32}}{dt}=\lambda_{3032}P_{30}-\lambda_{322}P_{32};\ \frac{dP_{33}}{dt}=\lambda_{3033}P_{30}-\lambda_{3334}P_{33};$$

$$\frac{dP_{34}}{dt}=\lambda_{134}P_1+\lambda_{1134}P_{11}+\lambda_{1934}P_{19}+\lambda_{3334}P_{33}-\left(\lambda_{341}+\lambda_{3435}+\lambda_{3436}+\lambda_{3437}\right)P_{34};$$

$$\frac{dP_{35}}{dt}=\lambda_{3435}P_{34}-\lambda_{3516}P_{35};\ \frac{dP_{36}}{dt}=\lambda_{3436}P_{34}-\lambda_{369}P_{36};\ \frac{dP_{37}}{dt}=\lambda_{3437}P_{34}-\lambda_{3730}P_{37};$$

$$\frac{dP_{38}}{dt}=\lambda_{138}P_1+\lambda_{738}P_7+\lambda_{1438}P_{14}+\lambda_{2238}P_{22}+\lambda_{2838}P_{28}-$$
$$-\left(\lambda_{381}+\lambda_{3829}+\lambda_{3840}+\lambda_{3841}+\lambda_{3842}+\lambda_{3843}\right)P_{38}+\lambda_{4938}P_{449}$$

$$\frac{dP_{39}}{dt}=\lambda_{3839}P_{38}-\lambda_{3916}P_{39};\ \frac{dP_{40}}{dt}=\lambda_{3840}P_{38}-\lambda_{402}P_{40};\ \frac{dP_{41}}{dt}=\lambda_{3841}P_{38}-\lambda_{419}P_{41};$$

$$\frac{dP_{42}}{dt}=\lambda_{3842}P_{38}-\lambda_{4224}P_{42};\ \frac{dP_{43}}{dt}=\lambda_{3843}P_{38}-\lambda_{4344}P_{43};$$

$$\frac{dP_{44}}{dt}=\lambda_{144}P_1+\lambda_{844}P_8+\lambda_{1544}P_{15}+\lambda_{2344}P_{23}+\lambda_{2944}P_{29}+\lambda_{4344}P_{43}-$$
$$-\left(\lambda_{441}+\lambda_{4445}+\lambda_{4446}+\lambda_{4447}+\lambda_{4448}+\lambda_{4449}\right)P_{44},$$

$$\frac{dP_{45}}{dt} = \lambda_{4445}P_{44} - \lambda_{4516}P_{45}; \quad \frac{dP_{46}}{dt} = \lambda_{4446}P_{44} - \lambda_{462}P_{46}; \quad \frac{dP_{47}}{dt} = \lambda_{4447}P_{44} - \lambda_{479}P_{47};$$

$$\frac{dP_{49}}{dt} = \lambda_{4449}P_{44} - \lambda_{4938}P_{49}; \quad \sum_{i=1}^{49} P_i = 1.$$

Имитационное моделирование процесса радиообмена при ликвидации ЧС, расчет основных показателей быстродействия передачи информации, времени отклика при передаче данных между центрами принятия решений и др. возможно за счет численного решения системы (1). Данный вариант расчета требует значительного количества вычислений, что в условиях быстро изменяющейся обстановки может приводить к снижению оперативности принятия решений.

Применение искусственных нейронных сетей (ИНС), широко используемых сегодня для анализа больших данных и выявления функциональных зависимостей, является эффективным инструментом моделирования СМО со сложной структурой [4, 5]. Проблема вычисления важнейших характеристик рассматриваемой СМО, включая среднее время отклика, может быть сведена к решению задачи аппроксимации, входными параметрами которой являются интенсивность входящего потока, время обслуживания заявок, количество приборов и другие параметры СМО. Для получения обучающей выборки предварительно осуществляется имитационное моделирование на ограниченном наборе входных параметров. Выходами ИНС являются вычисленные по построенным траекториям характеристики загруженности СМО (среднее время отклика, вероятности нахождения узлов управления в состоянии готовности получения новых сообщений и др.). Пример построенных численных решений системы (1) на варьируемом наборе входных параметров приведен на рис. 1.

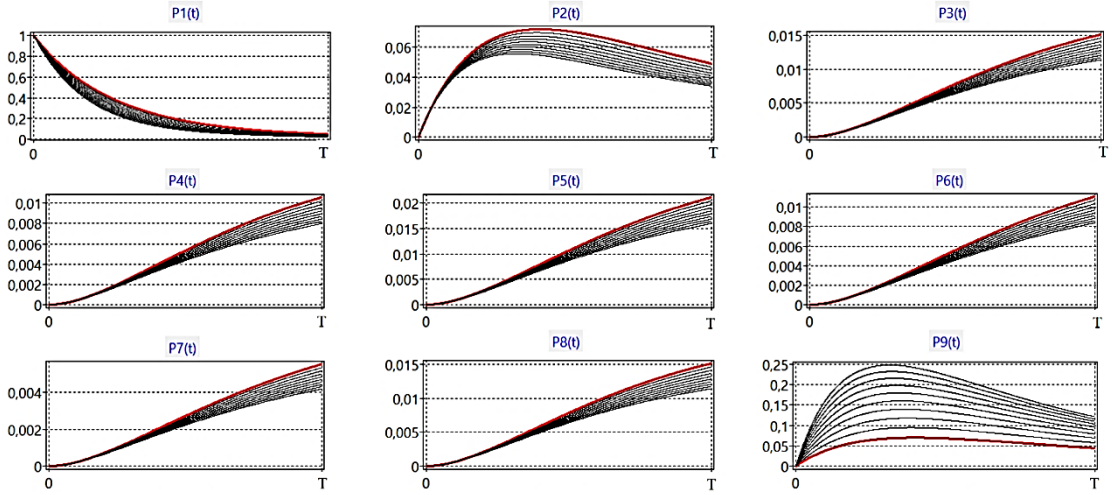


Рис. 1 – Графики функций $P_1(t) - P_9(t)$

Далее с использованием полученных численных решений и известных аналитических соотношений осуществляется вычисление требуемых характеристик производительности СМО. Использование полученной ИНС для прогнозирования характеристик рассматриваемой СМО при различных значениях входных параметров в разы сокращает время расчетов показателей загруженности СМО с сохранением допустимой точности.

Таким образом, сочетание нейросетевого и имитационного моделирования служит повышению скорости анализа систем специальной связи, обеспечивая повышение оперативности принятия решений при ликвидации ЧС.

Список литературы

1. *Свистунов И.* Ситуационный подход к управлению безопасностью объектов// Технологии защиты. 2015. №5.
2. *Вишневский В.М., Горбунова А.В.* Применение методов машинного обучения к решению задач теории массового обслуживания. Информационные технологии и вычислительные системы, 2021, № 4, С.70-82.
3. *Гадышев В.А., Пелех М.Т.* Моделирование процессов управления тушением крупного пожара с помощью теории массового обслуживания // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, 2009. №1. С.93-102.
4. *Андреева Е.А., Кратович П.В.* Оптимизация нейронных сетей. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2015. 116 с.
5. *Царькова Е.Г.* Модель оптимального управления обучением искусственной нейронной сети для системы физической защиты охраняемого объекта УИС // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 12. С. 185-188.

1.2.2.

А.Г. Шляхова канд. техн. наук,
А.Т. Шляхов канд. физ.-мат. наук, Э.Р. Еникеева канд. техн. наук

Альметьевский государственный нефтяной институт

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КПД ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

На основе молекулярно-кинетической теории и термодинамики в работе проведен анализ термодинамических циклов и вычисление их к.п.д.

Ключевые слова*: к.п.д. цикла, первый закон термодинамики, количество теплоты, изменение внутренней энергии, работа газа, газовые законы.*

Введение. В основе работы газотурбинных двигателей лежат идеальные циклы, состоящие из простейших термодинамических процессов. Анализ термодинамических циклов и вычисления их к.п.д является важным объектом изучения как в физической, так и в технической термодинамике. Умение решать задачи и исследование их результатов является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала [1-5].

Элементы МКТ и термодинамики. К.п.д. цикла определяется по формуле**:** $\eta=\frac{A}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$ где Q_1 – количество теплоты, получаемое рабочим телом (газом) от нагревателя, Q_2 – количество теплоты, отдаваемое рабочим телом холодильнику, $A=Q_1–Q_2$– работа газа за цикл. Согласно первому закону термодинамики, количество теплоты Q_{12}, полученное идеальным газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, равно сумме изменения внутренней энергии газа и совершенной им работе: $Q_{12}=(U_2–U_1)+A_{12}$. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа :$U=(3/2)\nu RT=(3/2)pV$, где ν - количество молей, T - температура, p - давление, V – объем газа, R=8,31Дж/моль К. Работа газа - A_{12} численно равна площади под графиком зависимости давления от объема.

Задача. Представлен процесс (1-2) линейного уменьшения давления с увеличением объема идеального газа. Определить максимальную температуру газа, если V_1=4л, P_1=200кПа, $V_2=2{,}5V_1$, $P_2=0{,}25P_1$.

Решение. Запишем уравнение прямой зависимости P=f(V):

$$\frac{P-P_1}{P_2-P_1}=\frac{V-V_1}{V_2-V_1}$$ Выразим $P=P_1-\frac{(P_1-P_2)(V-V_1)}{\Delta V}$ (1)

Из уравнения Менделеева-Клайперона PV=νRT, (2) находим температуру T=PV/νR. Заменим в ней P из уравнения (1) получим:

$$T=V\left[P_1-\frac{(P_1-P_2)(V-V_1)}{\Delta V}\right]/\nu R \quad (3)$$

Найдем экстремум температуры, для этого продифференцируем формулу (3) по V, получившееся выражение приравняем к нулю.

$T'_V=0$, получим: $V_m=\frac{P_1V_2-P_2V_1}{2(P_1-P_2)}$ (4). Затем (4) подставим в (3) и получим: $T_m=\frac{(P_1V_2-P_2V_1)^2}{4\,\nu R(P_1-P_2)(V_2-V_1)}$. При данных задачи ее максимум $T_m=\frac{1{,}125P_1V_1}{\nu R}$=108,3К.

Задача. На рисунке 1 представлен цикл, проведенный с идеальным одноатомным газом в количестве 1 моля. Параметры состояния: V_1=4л, P_1=200кПа, $V_2=2{,}5V_1$, $P_2=0{,}25P_1$. Определить к.п.д. этого цикла.

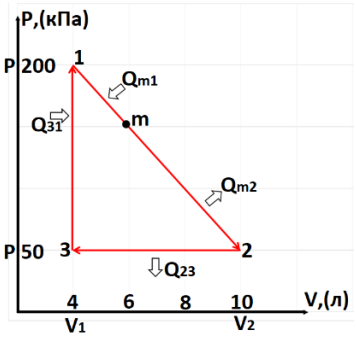


Рис. 1 – Цикл, проведенный с идеальным одноатомным газом

Решение. Работа газа равна площади прямоугольного треугольника:

$$A=\frac{1}{2}(P_1-P_2)(V_2-V_1)=\frac{1}{2}(P_1-0{,}25P_1)(2{,}5V_1-V_1)=0{,}5625P_1V_1$$

Передача теплоты Q_1 от нагревателя происходит в изохорном процессе 3-1 и в некоторой части 1-m процесса 1-2: $Q_1=Q_{31}+Q_{1m}$. В изохорном процессе:

$$Q_{31}=\Delta U_{31}=\frac{3}{2}\nu R(T_1-T_3)=\frac{3}{2}(\nu RT_1-\nu RT_3)=\frac{3}{2}(P_1V_1-P_2V_1)=\frac{3}{2}V_1(P_1-P_2)=1{,}125P_1V_1$$

На участке 12 давление все время падает, объем все время растет, а температура сначала (до некоторой точки m) увеличивается, а потом падает. Это означает, что тепло подводиться не на всем участке 12, а только на- 1m. Из первой части решения определим параметры состояния m на переходе 1-2: $T_m=1{,}125P_1V_1/\nu R$. $V_m=1{,}5V_1$, $P_m=0{,}75P_1$.

На участке 1m определим количество полученной теплоты: $Q_{1m}=\Delta U_{1m}+A_{1m}$

$\Delta U_{1m}=\frac{3}{2}\nu R(T_m-T_1)=\frac{3}{2}(P_mV_m-P_1V_1)=\frac{3}{2}0{,}125P_1V_1=0{,}1875P_1V_1$

$A_{1m}=\frac{1}{2}(P_1+P_m)(V_m-V_1)=\frac{1}{2}(P_1+0{,}75P_1)(1{,}5V_1-V_1)=0{,}4375P_1V_1$

$Q_{1m}=\Delta U_{1m}+A_{1m}=0{,}625P_1V_1$. Следовательно, $Q_1=Q_{31}+Q_{1m}=(1{,}125+0{,}625)P_1V_1$

$\eta=A/Q_1=\frac{A}{Q_{31}+Q_{1m}}=\frac{0{,}5625P_1V_1}{(1{,}125+0{,}625)P_1V_1}=\frac{0{,}5625}{1{,}75}=0{,}32=32\%$

Задача. Один моль одноатомного идеального газа участвует в циклическом процессе 1-2-3-4-1, график которого изображен на рисунке 2 в координатах V-T. Постройте график цикла в координатах p-V. Определите к.п.д. цикла?

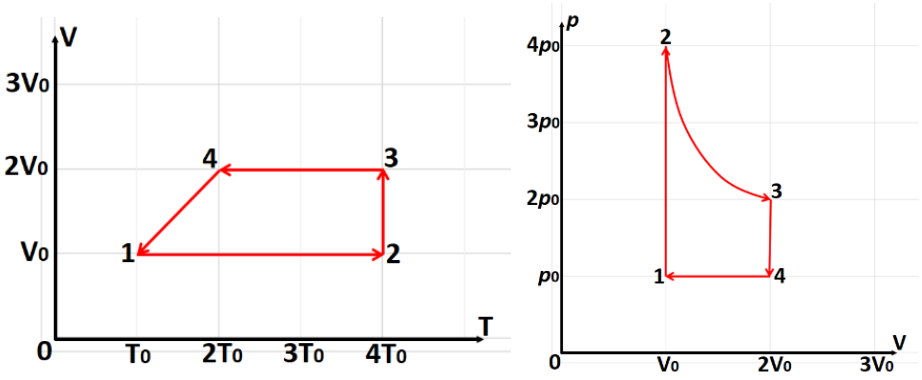


Рис. 2 – Цикл газа в координатах V-T и p-V

Решение. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком p(V), где p – давление газа, V – объём газа, перестроим график цикла в эти координаты. Процесс 1-2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 4 раза, а значит, при V=const, согласно закону Шарля (p/T=const) и давление газа увеличилось в 4 раза. Процесс 2-3 является изотермическим, в координатах p-V его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля-Мариотта (pV=const) увеличение в 2 раза объёма приведёт к уменьшению в 2 раза давления. В процессе 3-4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4-1 изобарно, поскольку его график проходит через начало координат, вернулся в исходное состояние,

согласно закону Гей-Люссака V/T=const. Работа газа при изотермическом расширении численно равна площади криволинейной трапеции под гиперболой 2-3. Для ее определения применим стандартное приложение определенного интеграла:

$$A_{23} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \int_{V_2}^{V_3} \frac{\nu RT}{V} dV = \nu RT \int_{V_2}^{V_3} \frac{dV}{V} = \nu RT \ln V|_{V_2}^{V_3} = \nu RT \ln \frac{V_3}{V_2}$$

$A_{23}=\nu RT_2\ln(V_3/V_2)=4p_0V_0\ln(2V_0/V_0)=4p_0V_0\ln2$, а модуль работы внешних сил в процессе 4-1, $|A_{41}|=p_0(2V_0-V_0)=p_0V_0$. Поэтому, работа газа за цикл равна $A=A_{23}-A_{41}=4p_0V_0\ln2-p_0V_0=p_0V_0(-1+4\ln2)$. В изохорном процессе 1-2 газ работу не совершает, то количество теплоты, полученное газом равно:

$$Q_{12}=(3/2)\nu R(T_2-T_1)=(3/2)(4p_0V_0-p_0V_0)=4{,}5p_0V_0.$$

В изотермическом процессе 2-3 внутренняя энергия идеального газа не изменяется. Следовательно, количество теплоты, полученное газом, равно работе газа: $Q_{23}=A_{23}$. Итоговое количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл: $Q_1=Q_{12}+Q_{23}=4{,}5p_0V_0+4p_0V_0\ln2=p_0V_0(4{,}5+4\ln2)$. Следовательно: $\eta=A/Q_1=p_0V_0(-1+4\ln2)/p_0V_0(4{,}5+4\ln2)=24\%$

Задача. В тепловом двигателе 1 моль одноатомного разреженного газа совершает цикл 1−2−3−4−1, показанный на графике в координатах *p*−*T* и p-V (рис.3). Температуры в точках $T_2=3T_1$ и $T_3=4T_2$. Определите КПД цикла

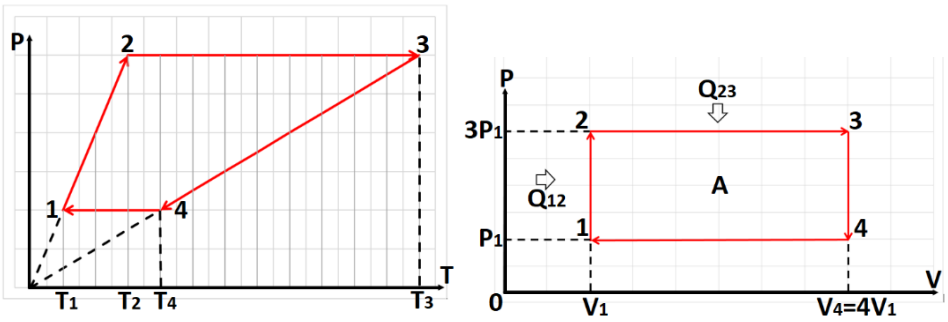


Рис. 3 – Цикл газа в координатах p-T и p-V

Решение. 1) На участке 1−2 происходит изохорное нагревание ($V_1 = V_2$), из условия задачи температура увеличивается в 3 раза ($T_2=3T_1$). Значит, исходя из закона Шарля p/T =const давление увеличивается в 3 раза $p_2=3p_1$.

На участке 2-3 происходит изобарное нагревание $T_3=4T_2$, при котором по закону Гей-Люссака V/T=const объем увеличивается в 4раза $V_3=4V_2=4V_1$.

На участке 3-4 происходит изохорное охлаждение ($V_3=V_4=4V_1$) до первоначального давления $p_4=p_1$. Исходя из закона Шарля $\frac{P_4}{P_3} = \frac{T_4}{T_3}$ получим $T_4=4T_1$. На участке 4-1 происходит изобарное охлаждение до первоначальной температуры T_1. Таким образом, цикл состоит из двух изохор и двух изобар.

2) Работа, совершенная газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла $A= (p_2-p_1)(V_4-V_1)=6p_1V_1$. На участке 1-2 и 3-4 объемы не меняются, поэтому работа не совершается.

3) Газ за цикл получает количество теплоты: $Q_1=Q_{1-2}+Q_{2-3}$. Найдем количество теплоты на участке: $Q_{1-2}=\Delta U_{1-2}=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)=\frac{3}{2}V_1(p_2-p_1)=3p_1V_1$

$Q_{2-3}=\Delta U_{2-3}+A_{2-3}=\frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2)+p_2(V_3-V_2)=\frac{3}{2}p_2(V_3-V_2)+p_2(V_3-V_2)=22{,}5p_1V_1$ таким образом, $Q_1=3p_1V_1+22{,}5\ p_1V_1=25{,}5p_1V_1$

4. Найдем КПД циклического процесса $\eta=\frac{A}{Q_1}=\frac{6P_1V_1}{25{,}5P_1V_1}=23{,}5\%$.

Задача. Над одноатомным идеальным газом в количестве 1 моля проводится циклический процесс (рис.4). На участке 1–2 газ совершает работу A_{12}=1000Дж. Участок 2 -3 –изохора, и 3–1 - адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $Q_{хол}$=3370Дж. Найдите КПД цикла.

Решение. Дано: i=3, ν=1моль, A_{12}=1000Дж, $|Q_{хол}|=|Q_{23}|=|Q_2|$=3370Дж. Определить КПД цикла, $|A_{13}|$, $A_ц$, T_1, T_2, T_3.

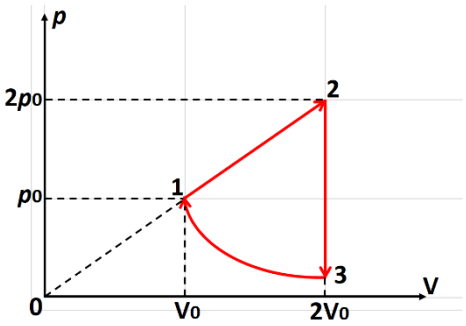


Рис. 4 – Цикл газа в координатах p-V

На участке 1–2 газ расширяется, совершая работу A_{12}, его температура растёт, $\Delta U_{12}=(3/2)\nu R(T_2-T_1)>0$ и $Q_{12}>0$, газ получает тепло. На участке 2–3 объём газа не изменяется, давление, а значит, и температура газа уменьшаются. Поэтому $A_{23}=0$, $\Delta U_{23}<0$, и $Q_{23}<0$, газ отдаёт тепло холодильнику $|Q_{23}|=U_2-U_3$. При адиабатном процессе 3-1 газ не обменивается теплом с окружающей средой $Q_{31}=0$ и $|A_{31}|=U_1-U_3$. На участке 1-2: $Q_1=A_{12}+U_{12}$. Работа газа: $A_{12}=0{,}5(p_0+2p_0)V_0=1{,}5p_0V_0$, а $\Delta U_{12}=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)=\frac{3}{2}(2p_02V_0-p_0V_0)=\frac{9}{2}p_0V_0=3A_{12}$. $Q_1=\frac{3}{2}p_0V_0+\frac{9}{2}p_0V_0=6p_0V_0=4A_{12}$. Работа газа за цикл: $A_ц=Q_1-|Q_2|$=4000-3370=630Дж.

Таким образом, КПД равен $\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{4A_{12}}=1-\frac{3370}{4\cdot1000}=16\%$

Работа $|A_{31}|=A_{12}-A_ц$=1000-630=370Дж. $|A_{31}|=U_1-U_3$ и $|Q_{23}|=U_2-U_3=4U_1-U_3$ получим: $|Q_{23}|-A_{31}=3U_1=4{,}5RT_1$. T_1=80,22К. $T_2=4T_1$=320,88К и T_3=50,54К.

Заключение. Наряду с проектами [3-5] данная тема также реализована в рамках проектной деятельности студентов АГНИ.

Список литературы

1. *Шляхов А.Т., Шляхова А.Г., Рахматуллин М.Х.* Физические задачи из динамики, приводящие к дифференциальным уравнениям. // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. -2010-т.8. С.310-318

2. *Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И.* ЕГЭ. Физика. 1000 задач с ответами и решениями. // – М.: Издательство «Экзамен», 2020. - 430с.

3. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Гайнулова Л.А.* Математическое моделирование движения в центрально-симметрическом поле. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. - №1. - С.21-25.

4. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Шипилова О.А., Филимонова М.Ю.* Математическое моделирование задач с применением дифференциальных уравнений// Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. - №9. - С.114-118.

5. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Шипилова О.А., Хасаншина Э.М.* Применение калориметрии в физическом практикуме. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. - №4. - С.119-122.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ — 2.3.1.

2.3.1.

[1]Д.А. Андриков, [2]Р.Е. Копейкин канд. техн. наук

[1]Российский университет дружбы народов,
департамент механики и процессов управления,
[2]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
факультет Специальное машиностроение,
кафедра Автономных и информационных управляющих систем,
Москва, andrikov-dman@rudn.ru, rkopeykin@bmstu.ru

АЛГОРИТМ ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Статья посвящена набором изменяющихся вектором состояния параметров движения, описанием внешней среды. Классические подходы управления лишены ключевого свойства параллельных вычислений – естественная поддержка конструктивных процессов, которые требуется для обработки массивов асинхронно возникающих данных, для создания базы данных продукционно-графовой модели.

Ключевые слова: *автомобиль, устойчивость, графо-продукционный подход.*

Актуальность работы

На основе графа переходов в системе «транспортное средство - водитель оператор» и групп продукционных правил создана графо-продукционная модель (далее - ГПС) для стабилизации движения транспортного средства (далее – ТС) с учетом параметров внешней среды (рис. 1) — продукционная система (ПС), состоящая из автономных модулей под выделенные состояния графа переходов. Каждый модуль — это подсистема, содержащая основную и/или дополнительную группу правил.

С учетом принятых анализируемых и управляющих переменных для выполнения переходов между подсистемами заданы условия переходов:

1) $U_1 = (Temp = L, R/S = H \vee M)$;

2) $U_2 = (RN = L, DC = H \vee M, TC = H)$;

3) $U_3 \subset U_1 \cup U_2 = (R/S = H \vee M, RN = L, DC = H \vee M)$.

Переход на подсистемы третьего уровня осуществляется при условии ненулевой матрицы угловых скоростей. Основная и дополнительная группа правил предназначены для реакции оператора на потенциальный разворот (G251=0, G202=0) и фактический разворот (G251≠0, G202≠0). Если механизмы и алгоритмы устраняют разворот, обнаруживаемый по датчикам G251, G202, то осуществляется переход в основную группу для контроля состояния системы «транспортное средство, водитель, оператор» и выдачи рекомендаций оператору по предотвращению динамично опасную ситуацию (далее – ДОС).

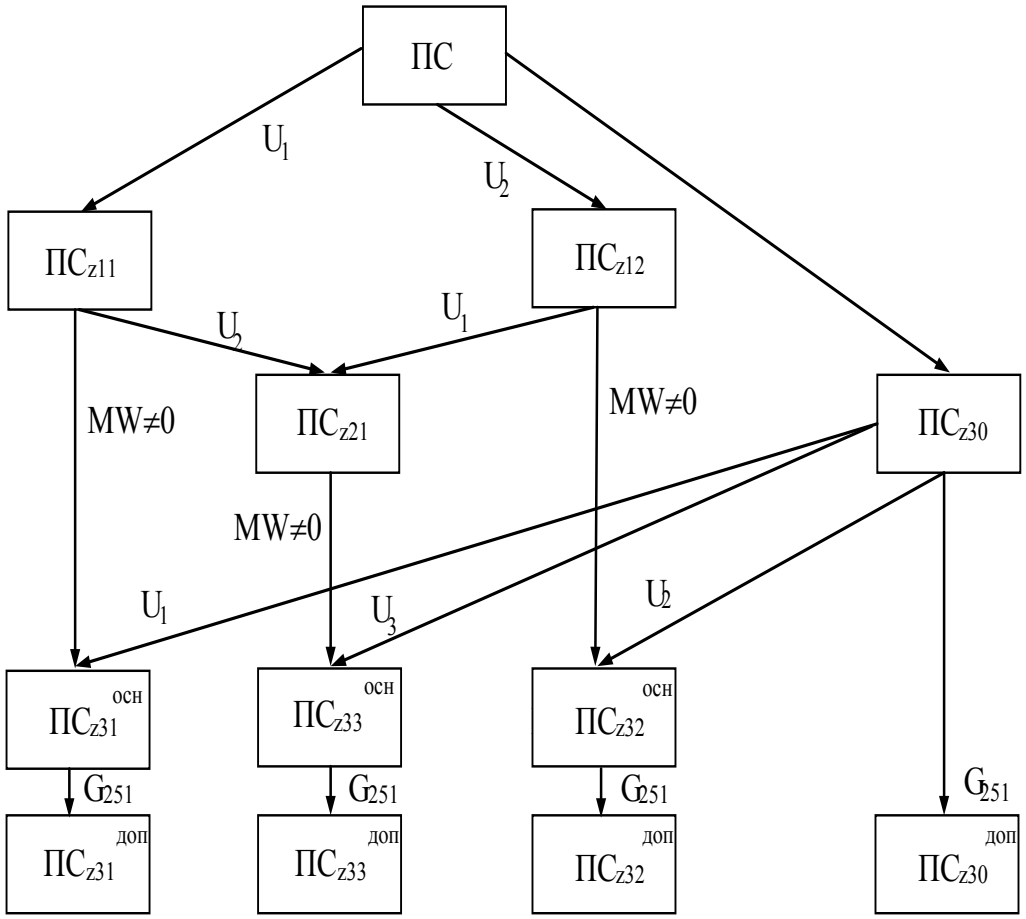


Рис. 1 – Графо-продукционная модель стабилизации движения ТС

Описание решаемой задачи

Для анализа блокировки одного или двух колес ТС создана иерархическая графовая модель в виде ГПС (графо-продукционной структуры), отличающаяся тем, что каждая вершина графа помечается двумя состояниями (состояние ТС и состояние оператора), что позволяет инженеру-разработчику наглядно спроектировать алгоритм действий оператора в различных условиях. Графовая модель имеет И-ИЛИ структуру, позволяющую задать множество путей, сходящихся в одной вершине, и осуществлять тем самым выбор лучших условий для движения ТС.

Для каждой вершины ГПС разработаны группы автономных правил, имеющих параллельный механизм исполнения. Структура продукционных правил построена так, что без потерь времени на отсутствующие переменные выполняется проверка условий срабатывания продукций (за счет трактовки левой части правил как набора переменных).

Создана модель графо-продукционной структуры, состоящая из автономных модулей под выделенные состояния графа системы «ТС-ВС-О», отличающаяся заданием унифицированных условий переходов между модулями, позволяющих выдавать упреждающие рекомендации оператору (курс, скорость, торможение). Научная новизна модели ГПС связана с ее инвариантностью к переменным, что позволяет использовать структуру ПС для ТС с произвольным (расширяемым) набором датчиков по оценке внешней среды и действий оператора. Это обеспечивает снятия рисков развития ДОС в условиях неопределенности.

Разработка продукционно-графовой модели стабилизации движения

Под временным рядом в исследовании понимают серию числовых величин, характеризующих показатели и факторы возникновения ДОС (линейная скорость, угол поворота руля, сила торможения, плотность потока машин и др.), полученных через регулярные промежутки времени. Главным достоинством является то, что основой принятия

вводится вектор «временных рядов» для оценивания ДОС. Вектор «временных рядов» — это значения и параметры ДОС, зависящие от тестируемого объекта управления. В связи с этим главным принципом анализа значений будет связь, которая влияет на развитие ДОС, — это прогноз и сопоставление штатного положения с целью оценки будущих форм объекта управления и отработки верных эффективных подходов по проявлению ДОС и нивелированию причин ее появления на поверхности в идентичных формах проявления.

Под детерминированной (закономерной) частью векторных показателей x_1, x_2, …, x_n будем считать массив d_1, d_2, …, d_n, из части которого формируются по конкретным алгоритмам наборы данных как процедуры анализа временных отрезков. За базу анализа принимаем пару скоростей левого и правого колес по борту ТС — их разница показывает кинематику развития заноса/сноса и характеризует развитие ситуации вплоть до аварийной.

Хотя отключение основных частей ведет к тому, что остальные блоки могут формироваться неопределенно. С помощью аналогии уравнения авторегрессии составляется математическая модель неопределенности, а именно такую хаотичность можно представить следующим распределением случайных сигналов типа «белый шум» ε_1, ε_2, … , ε_n.

Формы представления положения вектора состояний разбивается на детерминированную и распределенные части:

1. Аддитивная форма:

$$x_t = d_t + \varepsilon_t, \quad t=1,\ldots n$$

2. Мультипликативная форма:

$$x_t = d_t \cdot \varepsilon_t, \quad t=1,\ldots n$$

Если формы прологарифмировать, то удобно будет представлять аддитивную форму для $\log x_t$. В исследовании для формирования качества подходов ДОС применяется «*классическая аддитивная форма»*.

Заключение

Ключевым этапом в алгоритмизации решений по прогнозированию ДОС является этап анализа совокупности измеримых факторов ТС и состояний внешней среды. Вводится понятие «риск» для оценки ДОС. Риск часто понимается как событие, способное в случае реализации оказать влияние на контролируемый процесс. В процессе движения ТС условия изменяются, и потенциал для возникновения риска присутствует всегда. Когда складывается совокупность соотношений ряда факторов для перехода риска в негативное состояние, то ДОС может переходить в аварийную ситуацию. Для количественно-качественного создания блока описания параметров ДОС требуется такая форма, которая будет включать ясные и формализованные подходы.

Список литературы

1. *Матюхин В.И.* Управление колесной системой в условиях неопределенности // Автоматика и телемеханика, №5, 2009. С.76-94

2. *Фролов А.Б., Фролов Д.А., Яко Э.* Программируемые функциональные схемы для распознавания упорядоченных объектов - Изв. АН. Теория и системы управления. – 1997. – № 5. – С. 163-172.

3. *Голяков А.Д., Фоминов И.В.* Аналитический метод оценивания точности адаптивной системы автономной навигации космического аппарата / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 3. – С. 190-196.

4. *Лохвицкий В.А., Рыжиков Ю.И., Фоминов И.В.* Многокритериальное оценивание качества измерителей угловых скоростей космических аппаратов на основе лучевых диаграмм / Вестник Российского нового университета // Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2018. – № 2. – С. 11-23.

2.3.1.

Г.А. Гареева канд. педагог. наук, И.М. Сафонов,
З.Г. Джибладзе, В.А. Петроченко, С.А. Черняков

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра информационных систем,
Набережные Челны, gagareeva1977@mail.ru, zakhardzhibladze2000@gmail.com

РАЗРАБОТКА HR-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В данной статье рассмотрено одно из возможных решений для автоматизации процессов анкетирования и отбора кандидатов на определенные должности в производственном предприятии.

Чат-бот для HR - это специально обученное программное обеспечение на базе искусственного интеллекта, которое автоматизирует человеческие разговоры с заинтересованными кандидатами и сотрудниками внутри организации, чтобы упростить бизнес-процессы и повысить производительность и эффективность отдела кадров.

Ключевые слова: *чат-бот, Python, автоматизация, персонал, производство, бизнес-процесс.*

Автоматизация бизнес-процессов в производственных предприятиях позволяет значительно повысить эффективность производства и снизить финансовые и временные затраты. Автоматизация подбора персонала в предприятии посредством разработки и внедрения бота-автоответчика позволит ускорить процесс первичного анкетирования кандидатов и тем самым снизить затраты предприятия на работу отдела кадров [1].

Чат-боты в сфере HR бывают разных видов, функционал которых зависит от задачи. В целом, можно выделить три основные функции HR - ботов: во-первых, это подбор персонала; во - вторых, это адаптация новых сотрудников; в третьих, это повышение эффективности (рис. 1) [2].



Рис. 1 – Функции HR - ботов

HR - бот предназначен для рекрутинга, то есть для подбора персонала, работает по следующей схеме. Если кто-нибудь откликается на определенную вакансию, то бот сначала презентует компанию и знакомит кандидата с вакансией. Далее бот проводит анкетирование,

тестирование и оценку сотрудника. Если кандидат подходит на должность, сообщает ему о дате и месте интервью. Полученные данные передаются на email.

Данный бот применим для любых компаний, у которых производится массовый найм персонала. К таким сферам можно отнести производственные предприятия; IT - компании; финансовые организации и банки; различные торговые компании; организации, работающие в услуге услуг; медицинские организации; и другие компании.

Самое главное преимущество бота в том, что он работает 24 часа в сутки, 365 дней в неделю и не требует заработной платы. Также к плюсам использования бота в работе с персоналом можно отнести [3]:

1. Эффективная обработка внутренних запросов. У сотрудников может быть ряд вопросов, связанных с их графиком работы, медицинской страховкой, льготами и различными декларациями. Чат-бот HR решает их даже в нерабочее время с полной точностью и прозрачностью.

2. Автоматизация сбора отзывов. Чат-бот HR полезен для сбора отзывов. С его помощью можно запрашивать обратную связь у сотрудников после каждого взаимодействия с ботом или настроить любой другой удобный промежуток времени: раз в месяц, в квартал, в полгода.

3. Упрощенная обработка данных. Чат-бот помогает в сборе и систематизации данных о сотрудниках и самой организации в интернете. Он может вводить или извлекать данные из файлов различных форматов, обрабатывать их и преобразовывать в ценную информацию.

4. Вовлеченность сотрудников. Чат-бот может быть отличным инструментом для поддержания постоянной вовлеченности. Он взаимодействует с сотрудниками круглосуточно и консультирует их по возникшим вопросам.

Возможности разработанного чат-бота:

Ответы на вопросы кандидата. Чат-бот может давать ответы на вопросы кандидата по заработной плате, рабочему графику, переработкам, отпускам и т. д.

Анкетирование кандидата. Чат-бот проводит анкетирование кандидата: задает кандидату вопросы о образовании, опыте работы и т.д.

Запись кандидата на собеседование. Чат-бот может записать кандидата на собеседование, при этом предложив ему самостоятельно выбрать дату и время собеседования.

Подробное информирование о вакансии. Чат-бот предоставит подробную информацию о вакансии кандидату.

Отбор кандидатов. В ходе анкетирования чат-бот проводит отбор подходящих на определенную должность по образованию и опыту кандидатов.

Сбор обратной связи. Чат-бот после анкетирования запрашивает у кандидата отзыв.

Далее приведем описания скриптов. Сначала нужно импортировать модули vk_api, requests и longpool [4]. Затем нужно получить уникальный токен в настройках группы, скопировать и вставить в скрипт. После этого нужно вызвать модуль longpool (рис. 2).

```
import vk_api
import requests
from vk_api.longpool import VKLongPool
session = requests.Session()
vk_session = vk_api.VkApi('fe56d1dc69')
try:
    vk_session.auth(token_only=True)
except vk_api.AuthError as Error_msg:
    print(error_msg)
    return

longpool = VkLongPool(vk_session)
vk = vk_session.get_api()
```

Рис. 2 – Получение токена и установка библиотек

Следующий скрипт нужен для проведения анкетирования кандидата в сотрудники: чат-бот задает вопросы о уровне образования, учебном заведении, специальности, гражданства,

опыте работы. В ходе анкетирования проводится отбор: если кандидат подходит на должность, чат-бот предлагает кандидату записаться на собеседование; если нет, то бот сообщает кандидату, что он не подходит для этой должности (рис. 3).

```
longpooll = VkLongPooll(vk_session)
vk = vk_session.get_api()
for event in longpooll.listen():
    if event.type == VkEventType.Message_NEW and event.to_me and event.text
  #Слушаем longpoll, если пришло сообщение то:
        if event.text == 'Оператор станка с ЧПУ'
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Здравствуйте. Вы откликнулись на вакансию "Оператор станка с ЧПУ".' \
                            'Для начала вам нужно ответить на несколько вопросов. \n Какое у вас образование?'
        elif event.text == 'ВО' or event.text == 'СПО' or event.text == 'другое'
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Укажите наименование ВУЗа/колледжа, вашу специальность'
    if event.type == VkEventType.Message_NEW and event.to_me and event.text
  #Слушаем longpoll, если пришло сообщение то:
        if event.text == 'ВУЗ' or event.text == 'колледж' or event.text == 'специальность'
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Есть ли у вас гражданство РФ?'
        elif event.text == 'Да'
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Есть ли у вас опыт работы от 2-х лет?'_
```

Рис. 3 – Скрипт анкетирования кандидатов

Следующий скрипт представляет собой ответы на часто задаваемые вопросы. В первой части скрипта осуществлены ответы на вопросы о размере зарплаты, рабочем графике, переработках и отпуске (рис. 4).

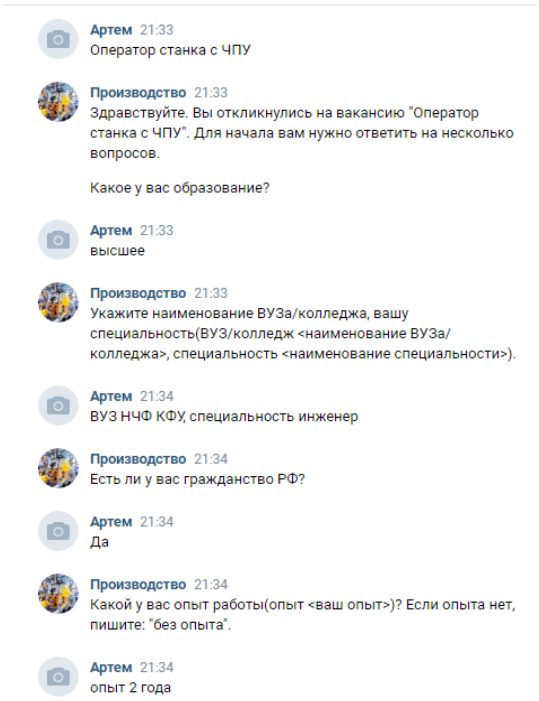
Во второй части скрипта осуществлены ответы на вопросы об оформлении трудоустройства, испытательном сроке, наличии наставника, возможности удаленной работы, наличии обучения и стажировки.

Тестирование чат-бота нужно для того, чтобы убедиться в том, что бот не содержит ошибок и удобен для пользователя [5].

```
    if event.text == 'з/п' or event.text == 'зарплата'or event.text == 'заработная плата': #Если написали заданную фразу
        if event.from_user: #Если написали в ЛС
            vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                user_id=event.user_id,
                message='Зарплата выплачивается 2 раза в месяц. Размер зарплаты зависит от специальности.'\
                        'В данный момент открыты следующие вакансии: \n' \
                        '- Оператор станка с ЧПУ, 40000 р. \n'\
                        '- Слесарь ремонтник, 30000 р. \n'\
                        '- Программист 1С, 40000 р. \n'\
                        '- Бухгалтер, 20000 р. \n'\
                        '- Помощник руководителя, 15000 р. \n' \
                        '- Слесарь инструментальщик, 12000 р.'
    )
        elif event.text == 'рабочий день' or event.text == 'график': #Если написали заданную фразу
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='График работы 5/2, с 7:00 до 16:00 часов.'
    )
        elif event.text == 'переработки': #Если написали заданную фразу
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Все переработки оплачиваются нашей организацией.'
        elif event.text == 'отпуск': #Если написали заданную фразу
            if event.from_user: #Если написали в ЛС
                vk.messages.send( #Отправляем сообщение
                    user_id=event.user_id,
                    message='Имеется ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней.'
```

Рис. 4 – Ответы на часто задаваемые вопросы

В ходе тестирования скрипта анкетирования и отбора кандидатов, скрипта ответов на вопросы кандидатов было установлено, что скрипт работает корректно (рис. 5).



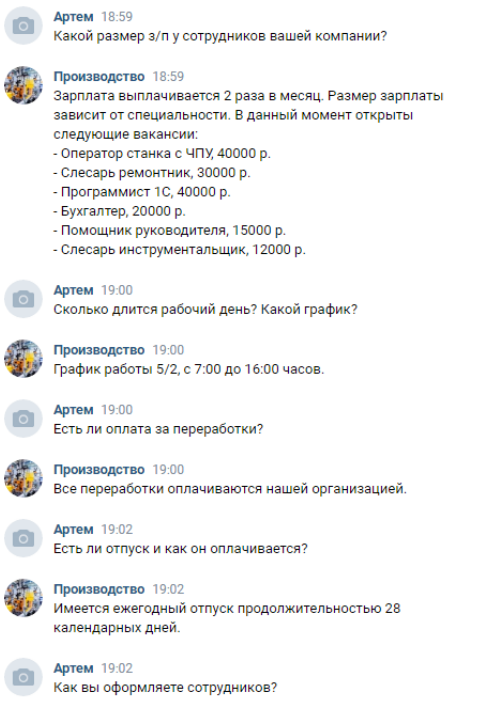


Рис. 5 – Тестирование скрипта анкетирования и ответов на вопросы

В результате был разработан чат-бот для автоматизации процесса подбора персонала в производственных предприятиях с использованием языка программирования Python и библиотек vk_api, requests и longpool. В итоге данная разработка способна удовлетворять всем необходимым требованиям и способна значительно повысить эффективность работы отдела кадров в различных организациях.

Список литературы

1. *Зуев В.Н.* Модифицированный алгоритм обучения нейронных сетей / В. Н. Зуев, В. К. Кемайкин // Программные продукты и системы. – 2019.
2. *Клетте Р.* Компьютерное зрение: Теория и алгоритмы // М.: ДМК Пресс. – 2019.
3. Разработка программы машинного зрения для распознавания текстовых данных на изображениях / Г.А. Гареева, М.Р. Хамидуллин, Э.Ф. Салахов [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 6. – С. 58-60.
4. *Лакшманан В.* Машинное обучение. Паттерны проектирования / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. — СПб.: БХВ-Петербург. – 2022.
5. Создание простого бота модератора для мессенджера Telegram с помощью языка программирования Python / Р.О. Насибулин, Г.А. Гареева // Молодежь и системная модернизация страны: Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых.– Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 425-427.

2.3.1.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
Москва, Zhornyak604mai@mail.ru, morozova_ta_66@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ LAZARUS ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЧАСТЬ I. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Статья посвящена среде разработки Lazarus, используемой для создания программного обеспечения на языке Object Pascal. Рассмотрены встроенные математические модули среды разработки Lazarus, а также использование возможностей среды разработки Lazarus для визуализации результатов научных вычислений и разработки визуального пользовательского интерфейса программ, проанализирована специфика применения Lazarus в научных и инженерных исследованиях.

Ключевые слова: *среда разработки Lazarus, язык программирования Object Pascal, компилятор Free Pascal, научные вычисления, модуль Math, модуль NumLib, модуль GMP, модуль Fftw_s, модуль Ucomplex, визуальный пользовательский интерфейс, компонент TAChart, библиотека GLScene.*

Lazarus – среда разработки программного обеспечения на языке Object Pascal распространяемая по лицензии свободного программного обеспечения GPL/LGPL [1]. В качестве компилятора в среде разработки Lazarus используется компилятор Free Pascal, также распространяемый по лицензии свободного программного обеспечения GNU GPL [2]. Среда разработки Lazarus является кроссплатформенной и поддерживает использование и разработку программного обеспечения для операционных систем Windows, Linux, Mac, а также поддерживает переносимость исходного кода программ между этими операционными системами. Основной областью применения среды разработки Lazarus является разработка программного обеспечения в научных вычислениях и инженерных задачах, а также использование в обучении студентов ВУЗов основам программирования. Также среда разработки Lazarus является максимально приближенной к среде разработки Delphi и часто используется для переноса программ с визуальным пользовательским интерфейсом, написанных на Delphi, в операционные системы Linux и Mac.

Среда разработки Lazarus предоставляет разработчику программного обеспечения ряд встроенных модулей, содержащих готовый функционал для научных и инженерных вычислений. Так в состав среды разработки Lazarus входят математические модули Math, Gmp, NumLib, Fftw_s, Ucomplex на языке Object Pascal. Рассмотрим их более подробно.

Стандартные типы данных языка Object Pascal имеют ограничения на максимальную длину целой и дробной частей числа. Ограничение на длину дробной части обрабатываемого числа напрямую влияет на точность вычисления. Также, в ряде случаев, при разработке программного обеспечения для обработки и анализа данных разработчику может потребоваться возможность работы с большими числами. Так, например, результат возведения числа 2 в степень 500 “не поместится” ни в один из стандартных типов данных языка Object Pascal.

Для решения таких задач в среде разработки Lazarus есть модуль Gmp, предназначенный для работы с большими числами. В основе модуля Gmp лежит написанная на языке C одноименная кроссплатформенная библиотека GMP (The GNU Multiple Precision Arithmetic

Library) [3]. Библиотека GMP позволяет разработчику самостоятельно определять ограничения на длину целой и дробной частей обрабатываемых чисел, причем максимальная длина числа, теоретически, будет ограничиваться только размером оперативной памяти используемого персонального компьютера.

Для подключения модуля Gmp к программе в среде Lazarus необходимо добавить его в список Uses подключенных к вашей программе модулей в разделе Interface: «Uses …, Gmp;». Также вам потребуется скачать с официального сайта на ваш персональный компьютер архив с самой библиотекой GMP, распаковать его, переименовать файл libgmp-3.dll в gmp.dll и поместить его в раздел c:\lazarus\fpc\3.0.4\units\i386-win32\gmp в месте установки Lazarus, а в настройках вашей программы прописать путь к этому файлу.

Модуль Math самый известный и часто используемый математический модуль в среде Lazarus. Для использования этого модуля в программе необходимо добавить его в список Uses подключенных к вашей программе модулей в разделе Interface: «Uses …, Math;». Модуль Math предоставляет разработчику следующий функционал:

- геометрические функции;
- функции определения максимумов и минимумов в массиве;
- экспоненциальные и логарифмические функции;
- тригонометрические функции;
- гиперболические функции;
- функции математической статистики;
- функции преобразования единиц измерения, такие как, например, перевод из градусов в радианы и из радиан в градусы.

Для работы с комплексными числами в среде разработки Lazarus есть специализированный встроенный модуль Ucomplex. Для подключения модуля Ucomplex к программе в среде Lazarus необходимо добавить этот модуль в список Uses подключенных к вашей программе модулей в разделе Interface: «Uses …, Ucomplex;».

Также среде разработки Lazarus есть модуль NumLib, предоставляющий разработчику набор дополнительных математических функций [4]. Для использования модуля NumLib в программе необходимо добавить его в список Uses подключенных к вашей программе модулей в разделе Interface: «Uses …, NumLib;». Модуль NumLib предоставляет разработчику следующий функционал:

- решение систем линейных уравнений;
- решение систем дифференциальных уравнений:
- математические операции с векторами и матрицами;
- интерполяция и численное интегрирование;
- большой набор готовых математических функций, таких как: гамма-функция, вычисление полинома, нормальное распределение и т.д.

Также в состав среды разработки Lazarus входит модуль Fftw_s, предназначенный для быстрого преобразования Фурье. Модуль Fftw_s является программной надстройкой языка Object Pascal над исходниками библиотеки FFTW на языке C, предназначенной для быстрого преобразования Фурье [5]. Для подключения модуля Fftw_s к программе в среде Lazarus необходимо добавить этот модуль в список Uses подключенных к вашей программе модулей в разделе Interface: «Uses …, fftw_s;». Модуль Fftw_s быстрого преобразования Фурье может использоваться в таких задачах, как, например, преобразование непрерывного входного аналогового сигнала в дискретный вид.

Другой важной задачей в разработке программного обеспечения для научных и инженерных вычислений является возможность создания визуального пользовательского интерфейса, обозначаемого аббревиатурой GUI (Graphical User Interface). В задачах научных и инженерных вычислений визуальный пользовательский интерфейс используется для повышения удобства пользователя при управлении программным обеспечением и для визуализации полученных результатов вычислений.

Основой визуального пользовательского интерфейса в программах в среде разработки Lazarus является набор готовых компонент визуального пользовательского интерфейса в составе библиотеки компонент Lazarus Component Library (сокращенно LCL). Библиотека LCL предоставляет разработчику огромное количество готовых к использованию компонентов, предназначенных для использования в разных областях программирования, таких как визуальный пользовательский интерфейс, работа с базами данных, взаимодействие с операционной системой и т.д.

Для создания визуального пользовательского интерфейса в составе библиотеки LCL есть более 100 готовых компонент, таких как:

- поле текстового ввода/вывода TEdit;
- статическая текстовая надпись TLabel;
- кнопки TButton и TBitBtn:
- таблицы TStringGrid и TDrawGrid;
- поле многострочного текстового вывода TMemo;
- поле текстового ввода с набором готовых значений TComboBox;
- компонент выбора условия TCheckBox;
- компонент отображения изображений TImage;
- компонент создания главного меню TMainMenu;
- компоненты стандартных меню открытия или сохранения файлов TOpenDialog и TSaveDialog;
- компонент вывода на пользовательский интерфейс результатов SQL-запросов к базам данных в табличном виде TDBGrid.

Отдельно необходимо описать компонент визуального интерфейса TAChart, предназначенный для создания графиков, что является существенным в задачах научных вычислений. Компонент TAChart среды разработки Lazarus позволяет создавать следующие типы графиков:

- двумерные графики;
- диаграммы и гистограммы;
- круговые диаграммы;
- диаграммы разброса.

Также компонент TAChart не имеет ограничения на количество одновременно выводимых графиков и на количество точек, по которым строятся графики; позволяет добавлять подписи к осям координат и к самим графикам; позволяет автоматически сохранять скриншоты графиков в файл рисунка JPG. Создание трехмерных графиков в компоненте TAChart не поддерживается. Однако в настоящий момент разработчиками ведется работа по добавлению поддержки трехмерных графиков в следующих версиях компонента TAChart среды разработки Lazarus [6].

Для создания трехмерной визуализации в составе визуального пользовательского интерфейса может быть использована технология OpenGL. Для работы с технологией трехмерной визуализации OpenGL в среде разработки Lazarus используется специальная библиотека GLScene [7].

Базовым компонентом визуального пользовательского интерфейса программы в среде разработки Lazarus является форма программы, описываемая программным классом TForm. В составе визуального пользовательского интерфейса программы в среде Lazarus может быть одна или несколько форм типа TForm, каждая из которых будет включена в исходный код создаваемой программы в виде двух одноименных файлов с разными расширениями: файл с расширением “*.lfm” будет содержать визуальные настройки компонент пользовательской формы, а файл с расширением “*.pas” будет содержать программный код на языке Object Pascal, описывающий функционирование компонент, расположенных на пользовательской форме.

Процесс создания и редактирования визуального пользовательского интерфейса в среде разработки Lazarus осуществляется в визуальном режиме с помощью встроенного редактора визуальных форм. При этом для всех добавлений или изменений компонент на пользовательской форме программы TForm среда разработки Lazarus автоматически формирует программный код, описывающий состав и структуру визуальных компонент на пользовательской форме и записывает его в файл с расширением “*.pas”, описывающий редактируемую форму.

Для настройки компонент визуального пользовательского интерфейса в составе среды разработки Lazarus добавлен инспектор объектов (Object Inspector). С помощью инспектора объектов можно настроить статические свойства каждого компонента визуального пользовательского интерфейса, такие как размер, расположение, цвет, статические надписи и т.д. Также с помощью инспектора объектов настраивается обработка динамических событий компонентов визуального пользовательского интерфейса и привязка к ним функций обработчиков событий в основном программном коде разрабатываемой программы.

Таким образом, наличие встроенных математических модулей с большим количеством готовых математических функций, а также наличие встроенного редактора визуальных форм, большого набора готовых визуальных компонент и простота процесса создания визуального пользовательского интерфейса в среде разработки Lazarus, позволяют существенно упростить и ускорить процесс разработки программного обеспечения для научных и инженерных вычислений.

Отдельно следует отметить, что среда разработки Lazarus является современным и динамично развивающимся программным обеспечением. На момент написания статьи последней версией среды разработки Lazarus является версия 2.2.4 от сентября 2022 года.

Список литературы

1. Официальный сайт среды разработки Lazarus [Электронный ресурс] https://www.lazarus-ide.org/ (дата обращения 14.12.2022).
2. Официальный сайт компилятора Free Pascal [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.freepascal.org/ (дата обращения 14.12.2022).
3. Официальный сайт библиотеки GMP [Электронный ресурс] Режим доступа: https://gmplib.org/ (дата обращения 15.12.2022).
4. Официальная документация по библиотеке NumLib [Электронный ресурс] Режим доступа: https://wiki.freepascal.org/NumLib_Documentation (дата обращения 15.12.2022).
5. Официальный сайт библиотеки FFTW [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.fftw.org/ (дата обращения 15.12.2022).
6. TAChart Roadmap [Электронный ресурс] Режим доступа: https://wiki.freepascal.org/TAChart_Roadmap (дата обращения 15.12.2022).
7. Официальная документация по Lazarus [Электронный ресурс] Режим доступа: https://wiki.lazarus.freepascal.org/ (дата обращения 14.12.2022).

2.3.1.

[1]А.О. Жуков д-р техн. наук, [2]В.А. Судаков д-р техн. наук,
[3]В.Р. Скрынский, [3]В.С. Оськин, [4]Д.С. Прошин канд. техн. наук

[1]АО «ОКБ МЭИ»,
ФГБНУ «Аналитический центр»,
[2]ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
[3]РТУ МИРЭА,
[4]ФГБНУ «Аналитический центр»,
aozhukov@mail.ru, sudakov@ws-dss.com,
skrynskij@mirea.ru, oskin@mirea.ru, dproshin@yandex.ru

ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОРТФЕЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье рассматривается задача планирования выполнения портфеля научно-исследовательских проектов с учетом ресурсных ограничений и приоритетности проектов. Формализованная задача принадлежит классу задач дискретного программирования. Для ее решения предложено использование методов машинного обучения с подкреплением. Создана модель среды и вознаграждения интеллектуального агента. Разработанное программное обеспечение хорошо масштабируется на узлах вычислительного кластера.

Ключевые слова: *портфель проектов, научно-исследовательская работа, машинное обучение с подкреплением, дискретная оптимизация, вознаграждение агента, среда обучения.*

Введение

Выполнение научно-исследовательских работ всегда несет существенную долю неопределённости [1-3]. Научная новизна предполагает, что необходимо сделать то, о чем у нас может быть достаточно неточное представление [4]. Для использования статистических оценок зачастую не хватает данных о сопоставимых проектах [5]. Ситуация становится еще сложней если необходимо распределить ресурсы между рядом проектов. При определении приоритетов, требуется учесть ряд критериев, которые могут быть противоречивыми. Поэтому актуальной задачей является создание компьютерных средств поддержки принятия решений для ранжирования результатов заявок на проекты на основе определённых критериев, их значимости и реализуемости и составления плана-графика выполнения портфеля проектов с учетом этих многокритериальных оценок. При этом отбор проектов для включения в портфель и их планирование проводится с учётом финансовых ограничений, времени доступности необходимых научных сотрудников и вспомогательного персонала, наличия необходимого лабораторного оборудования и средств вычислительной техники для проведения экспериментов [6].

Показателем эффективности выполнения портфеля проектов, может быть степень достижения следующих целей, определяемых предпочтениями лица, принимающего решения [7]:

- максимизация общей научной и практической ценности портфеля;
- минимизация среднего времени ожидания начала заданного проекта;
- минимизация потребления некоторых видов ресурсов.

Метод

Пусть N – число работ (считаем, что каждый проект состоит из конечного множества работ), i – номер работы, p_i – полезность от выполнения i-й работы, t – номер интервала времени (1,2,3,…T). В качестве таких интервалов могут выступать дни, недели, месяцы и другие требуемые интервалы времени.

T – число временных интервалов на которые строится план. Например, если план НИР строится на 5 лет и интервалы планирования – это месяцы, то $T = 5*12 = 60$. τ_i – длительность работы (число интервалов времени, требуемых для совершения работы). Работу нельзя прервать. k – номер вида складируемого ресурса (ресурса возобновляемого по истечении некоторого времени, например, финансирование). M – число видов возобновляемых ресурсов. q_k – количество ресурса k-го вида доступное в течение интервала времени Δ_k. По истечении интервала Δ_k ресурс возобновляется в таком же количестве и на тот же период времени. При реализации предусмотрено, что пользователь вводит суммарные ресурсы: r_k и долю неснижаемого запаса ресурса c_k. Таким образом:

$$q_k = r_k - c_k r_k \quad (1)$$

ρ_{ik} – суммарная потребность в k-м ресурсе i-й работы.

l – номер вида мощностного ресурса (ресурса пиковое потребление которого нельзя превысить в любой момент времени).

s_l – количество ресурса l-го вида.

V – число видов мощностных ресурсов

v_{il} –потребность в l-м ресурсе i-й работы.

По таким ресурсам требуется, чтобы в любой момент времени суммарные потребности в этом ресурсе по всем работам не превышали заданного порога s_l.

Для некоторых работ задана последовательность $A=\{a_{ij}\}$:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{если } i - \text{я работа должна быть выполнена раньше } j - \text{й} \\ 0 - \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

G – множество номеров возобновляемых ресурсов по которым надо минимизировать затраты.

Требуется обеспечить достижение следующих целей:

1. максимизировать суммарную полезность работ
2. минимизировать средневзвешенное время ожидания начала работы (взвешенное по приоритету p_i)
3. минимизировать затраты некоторых видов ресурсов (например, стоимость).

Для определения целевой функции будем использовать сумму компонент векторного критерия с весами:

α_1 – важность первой компоненты

α_2 – важность второй компоненты

α_3 – важность третьей компоненты

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \quad (3)$$

Если требуется не учитывать одну из этих компонент, то нужно принять $\alpha = 0$.

Оптимизационные переменные:

$$x_{it} = \begin{cases} 1 - \text{если } i - \text{я работа начинается в } t \\ 0 - \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

Ограничения по складируемым ресурсам:

$$\sum_{e=1+\Delta_k(\gamma-1)}^{\Delta_k\gamma} \left(\sum_{i=1}^{N} \frac{\rho_{ik}}{\tau_i} \left(\sum_{t=1}^{T} x_{it} z_{te}(\tau_i) \right) \right) \le q_k \text{ для } \forall k \in (1..M) \text{ и } \forall \gamma \in \left(1..\frac{T}{\Delta_k}\right) \quad (5)$$

где

$$z_{te}(\tau_i) = \begin{cases} 1 \text{ если } t \le e < t + \tau_i \\ 0 - \text{иначе} \end{cases} \quad (6)$$

Ограничения по мощностным ресурсам:

$$\sum_{i=1}^{N} v_{il} \left(\sum_{t=1}^{T} x_{it}\, z_{te}(\tau_i) \right) \le s_l \text{ для } \forall l \in (1..V) \text{ и } \forall e \in (1..T) \quad (7)$$

Ограничения на последовательность работ:

$$\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{a_{ij}}{\tau_i}\left(\sum_{d=1}^{e-1}\left(\sum_{t=1}^{e-1}x_{it}z_{td}(\tau_i)\right)\right)\right)\geq\left(\sum_{i=1}^{N}a_{ij}\right)x_{je}\ \text{для}\ \forall j\in(1..N)\ \text{и}\ \forall e\in(1..T) \quad (8)$$

Необходимо задать ряд ограничений на работы. Одну работу нужно начать не более одного раза:

$$\sum_{t=1}^{T}x_{it}\leq 1\ \text{для}\ \forall i\in(1..N) \quad (9)$$

Нельзя начинать работу если она не успеет завершиться:

$$\sum_{t=T-\tau_i}^{T}x_{it}=0\ \text{для}\ \forall i\in(1..N) \quad (10)$$

Ограничения на оптимизационные переменные:

$$x_{it}\in(0,1) \quad (11)$$

Целевая функция:

$$W=\max_{x_{it}}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}w_{it}x_{it}\right) \quad (12)$$

где

$$w_{it}=\alpha_1 p_i+\alpha_2 p_i\frac{T-t}{T}-\alpha_3\sum_{k\in G}\frac{\rho_{ik}\Delta_k}{q_k T} \quad (13)$$

Определим метод решения полученной оптимизационной задачи. Данная задача относится к классу задач дискретного программирования в связи с ограничением (11). Поскольку ограничений больше 2-х, то применение динамического программирования не целесообразно. Использовать симплекс-метод или другие методы линейного программирования нельзя из-за бинарного характера оптимизационных переменных. Это приводит к тому, что ее точное решение не может быть найдено гарантировано за разумное время. Один из распространённых классических методов решения задачи – это метод ветвей и границ, он хорошо работает для малых размерностей, но для высокоразмерных задач (1000 и более переменных) данный метод не гарантирует нахождение решения за приемлемое время (более 24 часов).

В тоже время нахождение оптимального решения не всегда требуется. Достаточно решения близкого к оптимальному (на 10-15% отличие допустимо). Для решения поставленной оптимизационной задачи была создана модель среды машинного обучения с подкреплением.

В задачах обучения с подкреплением организуется взаимодействие интеллектуального агента и среды. Агент воздействует на среду и под воздействием агента среда меняет состояние и сообщает агенту вознаграждение на его действия. Цель агента – максимизировать суммарное вознаграждение. Классические задачи машинного обучения с подкреплением связаны с управлением техническими устройствами, существенные успехи продемонстрированы в обучении агентов игре в компьютерные игры.

Запишем оптимизационную задачу (5)-(13) в терминах машинного обучения с подкреплением. В каждый момент времени t^* агент назначает значение очередной оптимизационной переменной x_{it}. Таким образом, в терминах машинного обучения с подкреплением, задача эпизодическая. Длинна эпизода равна числу оптимизационных переменных. Так как целевая функция (6) сепарабельна, то вознаграждение агента на шаге t^*:

$$r_{it^*}=w_{it}x_{it} \quad (14)$$

Вектор состояния среды $\mathbf{S}_{it^*}$ включает информацию о текущей оптимизационной переменной, значение которой необходимо назначить и остатки свободных ресурсов после назначения:

$$\mathbf{S}_{it^*} = \begin{pmatrix} i \\ t \\ q_k - \sum_{e=1+\Delta_k(\gamma-1)}^{\Delta_k\gamma} \frac{\rho_{ik}}{\tau_i}\left(\sum_{t=1}^{t^*} x_{it} z_{te}(\tau_i)\right) \\ \dots \\ s_l - \nu_{il}\left(\sum_{t=1}^{t^*} x_{it}\, z_{te}(\tau_i)\right) \\ \dots \end{pmatrix} \quad (15)$$

Важно, чтобы агент не пытался нарушить ограничения, для этого если действие агента приводит к отрицательным значениям переменных среды, то агент получает штраф и остается в предыдущем состоянии. В процессе моделирования эпизодов стратегия агента улучшается путем самообучения, с целью не делать ходов приводящих к штрафам и с целью максимизации полного вознаграждения.

Для программной реализации обучения с подкреплением был использован каркас Ray и библиотека RLlib. В качестве метода использовался PPO [8]. Данная среда позволят масштабировать обучение агента на вычислительном кластере и использовать графические процессоры. Основной код подготовки среды для машинного обучения, расчета приоритетов проектов, ввода исходных данных и вывода результатов был написан на языке Python3.

Заключение

Разработанная модель может быть успешно использована для решения задач планирования научно-исследовательских проектов при наличии ограничений на ресурсы и при наличии системы приоритетов между проектами в рамках портфеля проектов.

Текущее исследование показало возможность эффективного использования моделей машинного обучения с подкреплением для решения задач математического программирования. Машинное обучение с подкреплением позволяет находить рациональные решения близкие к оптимальным эффективно используя возможности современных высокопроизводительных гибридных вычислительных систем.

Данный подход может успешно применяться к различным задачам исследования операции и поддержки принятия решений в условиях высокой размерности решаемых задач и сложности выполняемых научных проектов.

Список литературы

1. *Жуков А.О., Пестун У.А., Херувимова С.С.* К вопросу о моделировании социальной и экономической сфер государства. Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-практической конференции «Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления». 2015. С. 95-97.
2. *Жуков А.О., Куропаткина Л.В., Хрусталев О.Е.* Научно-технические программы как средство инновационного развития наукоемкого производственного комплекса. Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции «Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления». Москва, 2021. С. 108-117.
3. *Жуков А.О., Хрусталев Е.Ю., Хрусталев О.Е.* Программно-целевое планирование наукоемких производств. Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции «Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления». Москва, 2021. С. 125-134.
4. *Жуков А.О., Бурлов В.Г., Пестун У.А.* К вопросу стратегического планирования развития наукоемких предприятий. Материалы Восемнадцатого всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий». Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2017. С. 935-939.
5. *Четверушкин Б.Н., Судаков В.А.* Факторное моделирование для инновационно-активных предприятий // Математическое моделирование. 2020. Т. 32. № 3. С. 115-126.
6. *Судаков В.А., Титов Ю.П.* Решение задачи определения времени выполнения работы группой сотрудников с помощью нечетких множеств // Открытое образование. 2019. Т. 23. № 5. С. 74-82.
7. *Sudakov V., Nesterov V., Kurennykh A.* Integration of Decision Support Systems 'KOSMOS' and WS-DSS with Computer Models // Proceedings of 2017 10th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD 2017. 10. 2017. С. 8109690.
8. *Schulman J., Wolski F., Dhariwal P., Radford A., Klimov O.* Proximal policy optimization algorithms // CoRR, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1707.06347

2.3.1.

Н.И. Зонов канд. техн. наук, Д.В. Моисеев канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
navicontr@mail.ru, moiseev801@mail.ru

АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КА ПРИ ОТСУТСТВИИ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

На основе астроизмерений получены соотношения для определения положения и скорости КА при отсутствии априорной информации. Приведённая работа может быть использована для разработки бортового программно-математического обеспечения в части восстановления функционирования системы автономной навигации КА после возникновения нештатных ситуаций, связанных с выводом КА на незапланированную орбиту или с некорректным манёвром при невозможности передачи на борт навигационной информации с Земли.

Ключевые слова: *астроизмерения, начальное приближение, точность априорной информации, холодный старт процесса навигации, углы «Звезда – Объект - Земля» (ЗОЗ), «Солнце – Объект - Земля» (СОЗ).*

Введение

Работы [1 – 3] посвящены исследованию процессов автономной навигации геостационарных КА (ГКА) с использованием спутниковых радионавигационных систем и астроизмерений. Результаты исследований позволяют в целом положительно оценить возможности автономной навигации для проведения коррекций орбиты ГКА. Однако при этом не принимались во внимание варианты работы системы автономной навигации при отсутствии априорной информации.

В данной работе рассматривается, так называемый, «холодный старт» процесса автономной навигации КА. При нормальном, штатном функционировании космической системы после выведения КА на расчётную орбиту бортовая система автономной навигации (САН) получает на заданный момент времени априорную информацию о векторе состояния КА (включающего в свой состав векторы положения и скорости) с оценкой точности этого вектора в виде матрицы ковариаций. Априорная информация позволяет запустить процесс автономной навигации КА с использованием алгоритмов оценивания (с совместной обработкой или рекуррентных). В данной работе предполагается, что априорная информация по каким-либо причинам отсутствует. При этом система ориентации и стабилизации КА работает в штатном режиме. В данных условиях цель работы состоит в построении алгоритма, на основе которого можно определить начальное приближение вектора состояния КА и оценить его точность для запуска процесса автономной навигации.

Постановка задачи

Пусть $x \in \mathbb{R}^6$ – истинное (неизвестное) значение вектора состояния КА, соответствующего моменту t

$$x^T = \|r^T, v^T\|,$$

в котором $r \in R^3$ – вектор положения КА; $v \in \mathbb{R}^3$ – вектор скорости КА;

$\beta, \dot{\beta} \in \mathbb{R}^4$ – вектор углов ЗОЗ в момент t (относительно трёх звёзд) и скорость его изменения; $\gamma \in \mathbb{R}^1$ – угол СОЗ в момент t.

В соответствии с постановкой задачи на основе измерения параметров $\beta_j, \dot{\beta}_j (j = \overline{1,4}), \gamma$ требуется построить алгоритм определения начального приближения вектора состояния КА $x \in \mathbb{R}^6$ в системе координат J2000 для заданного момента t и оценить его точность. Априорная информация об истинном значении вектора состояния отсутствует.

Определение положения КА

Определение вектора положения $x \in \mathbb{R}^6$ начнём с определения вектора направляющих косинусов $c_r \in \mathbb{R}^3$

$$c_r = r/q\,; \quad q = |r|. \tag{1}$$

Направляющие косинусы $j-$ й звезды, $j = \overline{1,3}$ в системе координат J2000

$$c_j{}^T = \|\cos\delta_j \cos\alpha_j\,, \quad \cos\delta_j \sin\alpha_j\,, \quad \sin\alpha_j\|, \tag{2}$$

где δ_j, α_j – склонение и прямое восхождение $j-$ й звезды.

С учётом (1, 2) для угла ЗОЗ β_j, соответствующего $j-$ й звезде, можно записать

$$\cos\beta_j = -c_j{}^T c_r; \quad j = \overline{1,3.} \tag{3}$$

Или

$$C c_r = -c_\beta, \tag{4}$$

где

$$C = \left\|\begin{matrix} C_1{}^T \\ C_2{}^T \\ C_3{}^T \end{matrix}\right\| = \left\|\begin{matrix} \cos\delta_1\cos\alpha_1 & \cos\delta_1\sin\alpha_1 & \sin\alpha_1 \\ \cos\delta_2\cos\alpha_2 & \cos\delta_2\sin\alpha_2 & \sin\alpha_2 \\ \cos\delta_3\cos\alpha_3 & \cos\delta_3\sin\alpha_3 & \sin\alpha_3 \end{matrix}\right\| \tag{5}$$

$$c_\beta{}^T = \|\cos\beta_1,\ \cos\beta_2,\ \cos\beta_3\|. \tag{6}$$

Предполагая, что матрица C невырожденная, из (4) получим

$$c_r = -C^{-1} c_\beta. \tag{7}$$

Перейдём к определению модуля вектора положения КА q (см. (1)). Пусть в момент t $r_s \in \mathbb{R}^3$ – вектор положения Солнца в системе координат J2000. Тогда для угла СОЗ γ справедливо соотношение

$$\cos\gamma = -c_r{}^T \frac{r_s - r}{|r_s - r|}.$$

С учётом (1)

$$\cos\gamma = -c_r{}^T (r_s - q c_r)/|r_s - q c_r|. \tag{8}$$

После преобразований от соотношения (8) перейдём к соотношению

$$c_r{}^T c_r (\cos^2\gamma - c_r{}^T c_r) q^2 + 2 r_s{}^T c_r (c_r{}^T c_r - \cos^2\gamma) q + \cdots$$
$$\cdots + \cos^2\gamma\, r_s{}^T r_s - (r_s{}^T c_r)^2 = 0.$$

Принимая во внимание тождество

$$c_r{}^T c_r = 1,$$

приведём предыдущее квадратное уравнение относительно q к виду:

$$\sin^2\gamma q^2 - 2\sin^2\gamma\, r_s{}^T c_r q - \cos^2\gamma\, r_s{}^T r_s + (r_s{}^T c_r)^2 = 0. \tag{9}$$

В соответствии с уравнением (9) модуль вектора положения КА

$$q = r_s{}^T c_r + \omega h, \tag{10}$$

где

$$h = [r_s{}^T r_s - (r_s{}^T c_r)^2]^{1/2}/\mathrm{tg}\,\gamma \tag{11}$$

$$\omega = \begin{cases} -1, \text{если } |\beta_4 - \beta_4^1| \le |\beta_4 - \beta_4^2|; \\ 1, \text{если } |\beta_4 - \beta_4^1| > |\beta_4 - \beta_4^2|. \end{cases} \tag{12}$$

В соотношении (12) β_4 – измеренный угол ЗОЗ относительно 4-й звезды (не входящий в вектор $\beta \in \mathbb{R}^3$), а углы β_4^1, β_4^2 определяются в соответствии с (13 – 16)

$$\beta_4^1 = \arccos(-c_4{}^T r_1/|r_1|); \tag{13}$$
$$r_1 = [r_s{}^T c_r - h] c_r; \tag{14}$$
$$\beta_4^2 = \arccos(-c_4{}^T r_2/|r_2|); \tag{15}$$
$$r_2 = [r_s{}^T c_r + h] c_r; \tag{16}$$

Окончательно начальное приближение вектора положения КА

$$r = q c_r. \tag{17}$$

Определение скорости КА

Прямой способ определения начального приближения вектора скорости КА $\dot{r} = v \in \mathbb{R}^3$ состоит в дифференцировании вектора r по времени. Используем, однако, другой подход. Для этого воспользуемся измерениями скорости изменения четырёх углов $\beta_j (j = \overline{1,4})$ «Звезда – Объект – Земля» (ЗОЗ)

$$\cos\beta_j = -c_j{}^T r/|r|; \quad j = \overline{1,4}, \tag{18}$$

где $c_j \in \mathbb{R}^3$ – направляющие косинусы, определяемые склонением и прямым восхождением $j-$ й звезды в системе координат $J2000$ (2).

В соответствии с (18) угловая скорость $\dot{\beta}_j$

$$\dot{\beta}_j = c_j{}^T[\dot{r} - r(\dot{r}^T r)/|r|^2]/\left[|r|^2 - \left(c_j{}^T r\right)^2\right]^{1/2}. \tag{19}$$

Пусть

$$\psi_j = \left[|r|^2 - \left(c_j{}^T r\right)^2\right]^{-1/2} c_j; \quad \psi_j \in \mathbb{R}^3; \quad j = \overline{1,4}. \tag{20}$$

Перепишем (19) с учётом (20)

$$\dot{\beta}_j = \psi_j{}^T[\dot{r} - r(\dot{r}^T r)/|r|^2]; \quad j = \overline{1,4}. \tag{21}$$

Откуда

$$\dot{\beta}_k = \psi_k{}^T \dot{r} - \psi_k{}^T r(\dot{r}^T r)/|r|^2; \quad k \in \overline{1,4}. \tag{22}$$

Из (22) следует выражение для определения скалярного произведения $\dot{r}^T r$

$$\dot{r}^T r = |r|^2\left[\psi_k{}^T \dot{r}/\left(\psi_k{}^T r\right) - \dot{\beta}_k/\left(\psi_k{}^T r\right)\right],$$

или

$$\dot{r}^T r = |r|^2(\alpha_k{}^T \dot{r} - \alpha_k^0), \tag{23}$$

где

$$\alpha_k = \psi_k/\left(\psi_k{}^T r\right); \quad \alpha_k^0 = \dot{\beta}_k/\left(\psi_k{}^T r\right); \quad \alpha_k \in \mathbb{R}^3; \quad \alpha_k^0 \in \mathbb{R}^1. \tag{24}$$

Подставляя (23) с учётом (24) в (21), получим

$$\left(\psi_j - \psi_j{}^T r \cdot \alpha_k\right)^T \dot{r} = \dot{\beta}_j - \psi_j{}^T r\alpha_k^0; \quad j = \overline{1,4}; \quad k \in \overline{1,4}; \quad j \neq k.$$

Или

$$\left(\psi_j - \mu_j \cdot \alpha_k\right)^T \dot{r} = \dot{\beta}_j - \mu_j\alpha_k^0; \quad j = \overline{1,4}; \quad k \in \overline{1,4}; \quad j \neq k. \tag{25}$$

где

$$\mu_j = \psi_j{}^T r; \quad j = \overline{1,4}. \tag{26}$$

Введём в рассмотрение четыре матрицы $A_k \in \mathbb{R}^{3\times3}; \quad k = \overline{1,4}$

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= \left\|\begin{matrix}(\psi_2 - \mu_2 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_3 - \mu_3 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_4 - \mu_4 \cdot \alpha)^T\end{matrix}\right\|; \quad A_2 = \left\|\begin{matrix}(\psi_1 - \mu_1 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_3 - \mu_3 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_4 - \mu_4 \cdot \alpha)^T\end{matrix}\right\|; \\ A_3 &= \left\|\begin{matrix}(\psi_1 - \mu_1 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_2 - \mu_2 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_4 - \mu_4 \cdot \alpha)^T\end{matrix}\right\|; \quad A_4 = \left\|\begin{matrix}(\psi_1 - \mu_1 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_2 - \mu_2 \cdot \alpha)^T \\ (\psi_3 - \mu_3 \cdot \alpha)^T\end{matrix}\right\|. \end{aligned}\right\} \tag{27}$$

Определим индекс $k^* \in \overline{1,4}$ такой, что

$$k^* = \arg\min_k \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \left|\left(A_k \cdot A_k{}^{-1}\right)_{ij} - I_{ij}\right|, \tag{28}$$

($I \in \mathbb{R}^{3\times3} -$ единичная матрица).

Выполнение условия (28) обеспечивает выбор такой матрицы A_{k^*}, обратная матрица к которой обладает минимальной вычислительной погрешностью.

Выберем из четырёх уравнений (25) систему из трёх уравнений, которую представим в виде

$$A_{k^*} \cdot \dot{r} = \rho, \tag{29}$$

где

$$\rho \in \mathbb{R}^3; \quad \rho_i = \dot{\beta}_j - \mu_j\alpha_{k^*}^0; \quad i = \overline{1,3}; \quad j = \overline{1,4}; \quad k^* \in \overline{1,4}; \quad j \neq k^*. \tag{30}$$

Решение системы уравнений (29) относительно вектора скорости КА $\dot{r} = \nu \in \mathbb{R}^3$ имеет вид

$$\dot{r} = {A_{k^*}}^{-1} \cdot \rho. \quad (31)$$

Проверка корректности полученных соотношений и оценка вычислительной погрешности

Очевидно, что полученные для определения вектора x соотношения могут быть рекомендованы к использованию после соответствующего тестирования. Рассмотрим в связи с этим конкретный пример со следующими исходными данными.

Пусть вектор состояния $x \in \mathbb{R}^6, x^T = \|r^T, \dot{r}^T\|$, который требуется определить по астроизмерениям, соответствует положению и скорости КА на геостационарной орбите. Его составляющие имеют следующие значения (размерности компонент положения в м, размерности компонент скорости в м/с)

$$r^T = \|10915815.97, -40726500.67, 26.83118445\ \|,$$
$$\dot{r}^T = \|2969.728448, 795.9684584, 26.8311844\|.$$

В качестве астроизмерений в соответствии с постановкой задачи выбраны угол СОЗ γ, четыре угла ЗОЗ β_j $(j = \overline{1,4})$ (относительно Полярной звезды, Сириуса, Канопуса, Арктура) и угловые скорости $\dot{\beta}_j$ $(j = \overline{1,4})$.

Астроизмерения, соответствующие вектору состояния x, определяются формулами [4]

$$\beta_j = \arccos\left(-{c_j}^T r/|r|\right); \quad j = \overline{1,4};$$
$$\dot{\beta}_j = {c_j}^T[\dot{r} - r(\dot{r}^T r)/|r|^2]/\left[|r|^2 - \left({c_j}^T r\right)^2\right]^{1/2};$$
$$\gamma = \arccos[-{c_r}^T(r_s - qc_r)/|r_s - qc_r|].$$

Направляющие косинусы выбранных звезд

$${c_1}^T = \|0.01016, 0.00784, 0.99991\ \|;$$
$${c_2}^T = \|-0.17829, 0.94133, -0.28652\ \|;$$
$${c_3}^T = \|-0.06324, 0.60291, 0.79529\ \|;$$
$${c_4}^T = \|-0.78765, -0.51837, 0.33298\ \|.$$

Согласно приведённым формулам и исходным данным получены следующие значения астроизмерений, соответствующие вектору состояния x:

$$\gamma = 55.1182882742 \text{ град};$$
$$\beta^T = \|89.7163586024,\ 17.1749986339,\ 53.2205629865,\ 107.268793019\ \| \text{ (град)};$$
$$\dot{\beta}^T = \|0.0000859664,\ 0.00097508601,\ 0.00053153849,\ -0.00390299171\| \text{ (град/с)}.$$

Вектор положения Солнца в системе координат J2000 соответствует юлианской дате 2458727.5 и всемирному времени $0^h0^m0.0^s$.

$${r_s}^T = \|-140035812527.0,\ 51855465047.9,\ 22479685697.0\ \| \text{ (м)}.$$

В результате применения полученных в работе соотношений определено начальное значение x_0 вектора состояния КА. Разность «истинного» и вычисленного значений вектора состояния $(x - x_0)^T$равно

$$\|0.000248597, -0.000928588, 7.02171e^{-09}, 6.77041e^{-08}, 1.81386e^{-08}, 6.11787e^{-10}\|.$$

Заключение

В работе поставлена цель, состоящая в получении на основе астроизмерений соотношений, предназначенных для определения начального приближения положения и скорости КА при отсутствии априорной информации. Необходимо отметить, что достижение поставленной цели в основном актуально для автономной навигации высокоорбитальных КА, на борту которых использование спутниковых радионавигационных систем затруднено.

Получение начального приближения вектора состояния согласно принятой в работе постановке задачи предполагает использование угла СОЗ, четырёх углов ЗОЗ и соответствующих углам СОЗ угловых скоростей. Иная информация отсутствует.

В процессе решения поставленной задачи удалось получить искомые соотношения для определения начального приближения вектора состояния КА, включающего в свой состав вектор положения и вектор скорости.

Все полученные соотношения имеют конечный аналитический вид. Достоверность соотношений подтверждена численным тестированием. При этом вычислительные погрешности решения задачи составили величины порядка 10^{-4} м по положению и 10^{-8} м/с по скорости.

Достигнутые в работе результаты не являются исчерпывающими. Они должны рассматриваться как основа для дальнейших исследований, обеспечивающих повышение точности определения начального приближения вектора состояния с учётом погрешностей астроизмерений.

Список литературы

1. *Зонов Н.И., Моисеев Д.В.* Автономная навигация геостационарных КА. Часть III. Математические модели процессов навигации с использованием астроизмерений. // Научно-технический вестник Поволжья, 2022. – №4. – с. 77-82.
2. *Зонов Н.И., Моисеев Д.В.* Автономная навигация геостационарных КА. Часть IV. Результаты имитационного моделирования процессов навигации с использованием астроизмерений. // Научно-технический вестник Поволжья, 2022. – №4. – с. 83-88.
3. *Зонов Н.И., Моисеев Д.В.* Автономная навигация геостационарных КА. Часть II. Результаты имитационного моделирования процессов навигации с использованием спутниковых навигационных систем. // Научно-технический вестник Поволжья, 2022. – №3. – с. 29-34.
4. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: Учеб. Пособие для авиационных специальностей вузов/ А.А. Лебедев, В.Т. Бобронников, М.Н. Красильщиков, В.В. Малышев. – М.: Машиностроение, 1985. – 280 с.

2.3.1.

**Р.Е. Копейкин канд. техн. наук, Г.М. Серегин канд. техн. наук,
А.А. Тунгушпаев, М.Д. Замыслов**

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
факультет Специальное машиностроение,
кафедра Автономных и информационных управляющих систем,
Москва, rkopeykin@bmstu.ru

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА В СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОМ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ДАТЧИКЕ ЦЕЛИ

В статье описывается получение полезного сигнала, полученного со сверхкороткоимпульсного датчика цели, на основе алгоритма обнаружителя с постоянным уровнем ложной тревоги. Приведена основная концепция построения датчика цели, а также результаты моделирования полезных сигналов, полученных с датчика.

Ключевые слова: *радиолокационный датчик цели, ПУЛТ-обнаружитель, цифровая обработки сигнала, сверхкороткоимпульсный сигнал.*

Введение

В настоящее время большинство датчиков цели работают на базе допплеровских или частотно-модулированных радиолокаторов. В рамках современных тенденций перехода на беспроводные средства связи и «засорению эфира» всевозможными устройствами, остро встает вопрос о помехозащищенности современных радиолокационных датчиков цели. Сверхширокополосный датчик цели позволяет успешно обходить вышеописанные ограничения в обстановке сильного помехового фона в связи со стабильной работой такого датчика в условиях высокого уровня пассивных и активных помех.

СШП-сигналы, их основные особенности

В литературе описываются названия сверхширокополосных (СШП) сигналов: «несинусоидальные», «негармонические», «нестационарные», «сигналы без несущей», «моноимпульсные», «время–импульсные», «короткоимпульсные».

В соответствии с определением СШП сигналов, СШП радиолокатор – это радиолокатор, у которого ширина спектра сигнала (например, сигнала с технологией мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов) [1] значительно больше 20% от центральной частоты.

Излучение в таком радиолокаторе происходит в виде одиночных импульсов или нескольких периодов колебания на центральной частоте. В типовых случаях длительность импульса находится в пределах от 100 пикосекунд до 1,5 наносекунды, центральная частота – в диапазоне от 650 мегагерц до 5 гигагерц, а ширина спектра – до нескольких гигагерц [2]. Для СШП радиолокаторов характерно не только использование сверхкоротких импульсов, но также очень низкий уровень излучаемой мощности. Тем не менее, при уровнях средней мощности излучения в несколько милливатт можно достичь рабочей дальности от нескольких метров до нескольких километров.

Большинство систем управления и связи работают в полосе частот, намного меньшей, чем их несущая частота, то есть являются узкополосными. Однако именно ширина полосы частот определяет информативность радиотехнических систем, поскольку количество информации, передаваемой в единицу времени, прямо пропорционально этой полосе. Для повышения информационных возможностей системы необходимо расширять ее полосу частот.

Основными аргументами в пользу развития СШП систем являются:

1) Нет ограничений высокочастотного спектра. Ограничения доступности высокочастотного спектра препятствуют эволюции и разрастанию беспроводных технологий. Технология СШП не использует высокочастотные несущие, что дает множество

преимуществ и возможностей. С другой стороны, сегодня развитие технологий аппаратного обеспечения, при которой степень интеграции однокристальных решений, значительно выше, и постоянно растет. Такие аппаратные решения должны включать полный трансивер СШП вместе с гибко настраиваемым контроллером ввода-вывода в одном устройстве, позволяющий добиться легкой интеграции электронных компонентов СШП в широкий спектр приложений.

2) Скорость. То же самое СШП устройство можно масштабировать по критерию скорости в огромном диапазоне, что необходимо для приложений с очень низкой скоростью (обусловленной необходимостью поддержания низкой потребляемой мощности), таких как, например, карманные измерительные приборы.

3) Многоканальность.

4) Одновременная работа сетей.

5) Меньшая сложность. Устройства, использующие высокочастотный спектр, требуют реальной радиоприемной системы, и поэтому они имеют более сложную конструкцию и компоненты, потребляют значительно большую мощность, менее надежны, чем устройства СШП, которые работают на уровнях ниже уровня шумов традиционных радиосистем, маломощны, нетребовательны к параметрам оборудования и нуждаются всего в нескольких внешних компонентах.

6) Глобальная совместимость. Вариации в назначении радиочастотного спектра в различных странах препятствуют глобальной совместимости для устройств, использующих радиочастотный спектр. Без таких ограничений СШП технология дает предпосылки для существования в будущем глобальной совместимости.

7) Большая защищенность. Помимо специфической природы СШП сигнала и оборудования, СШП устройства используют мощность сигнала практически на уровне шума, что обеспечивает защиту передаваемой информации – СШП сигналы практически невозможно принимать нецелевой системой, особенно на некотором удалении от функционирующего устройства. Этот факт делает СШП связь, возможно, наиболее безопасной из всех беспроводных систем связи с точки зрения защиты от несанкционированного доступа к информации.

8) Точное определение местоположения. СШП технология предлагает недорогое решение для систем определения местоположения с высокой точностью при разрешении меньше сантиметра. Это дает большой потенциал для множества приложений определения местоположения, а также коротко дистанционных человеко-машинных интерфейсов.

9) Не требуется соблюдения условия прямой видимости.

10) Сосуществование в одной полосе частот. Поскольку сигналы СШП не интерферируют как друг с другом, так и с традиционными радиочастотными несущими, технология дает огромные коммуникационные возможности посредством создания новой, обособленной коммуникационной среды, которая может сосуществовать с другими функционирующими беспроводными технологиями.

Таким образом, показаны преимущества СШП-систем перед обычными узкополосными системами для применений в радиолокационных датчиках цели.

СШП-модуль NVA6100

В работе использован СШП-модуль NVA6100 норвежской фирмы XETHRU (ранее - Novelda) [3]. Применение этого модуля в различных вариантах, его внутренняя топология и методики получения данных широко описаны в ряде работ [4-6].

NVA6100 обладает следующими ключевыми особенностями:

1) двухдиапазонный управляемый выход передатчика низкой мощности;

2) программируемый малошумящий усилитель на входе приемника для увеличения динамического диапазона;

3) программируемый дискретизатор, позволяющий достигать пространственного разрешения до 4 мм в нормальном режиме;

4) возможность «чередующейся» дискретизации для достижения субмиллиметрового разрешения;

5) ступенчатая частота повторения импульса передатчика для сглаживания спектра выходного сигнала и увеличенной максимальной дальности действия;

6) возможность нескольких итераций подавления шумов;

7) полностью программируемое окно дискретизации (512 одновременных точек дискретизации, дальность обнаружения от 0 до 60 м в одном окне).

Передатчик NVA6100 содержит два отдельных импульсных генератора, оба используют аппроксимацию первой производной импульса Гаусса, но с различными выходными частотными спектрами. Только один импульсный генератор из двух может быть активен.

Моделирование сигналов системы

Для реализации схемы СШП радарного блока с возможностью установки в датчик цели на базе СШП модуля NVA6100 было проведено моделирование радарной схемы для получения графиков отклика системы на внешнее воздействие.

За основу для создания математической модели отраженного сигнала от цели был взят одиночный импульс на выходе передающей части радарного модуля, полученный с помощью осциллографа. При съеме сигнала с осциллографа также был получена зависимость данных значений напряжения от времени в виде массива соответствующих значений.

Данный массив значений затем был обработан для осуществления возможности считывания данных математическим пакетом Matlab и импортирован в математический пакет. Затем был получен график зависимости амплитуды сигнала от времени для проверки правильности съема полученных данных с осциллографа.

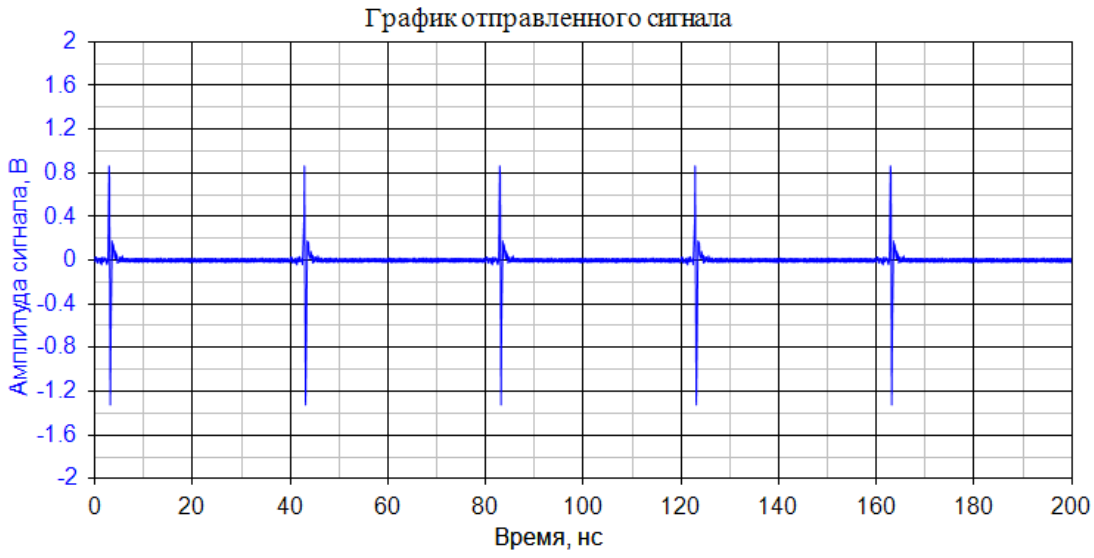
После удостоверения в том, что полученные данные амплитудных значений сигнала верны, был проведен спектральный анализ полученных данных с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). БПФ – оптимизация алгоритма дискретного преобразования Фурье, которое в свою очередь является программной реализацией классического непрерывного варианта. Оптимизация заключается в том, чтобы не производить некоторые необязательные вычисления. Алгоритм БПФ был создан потому, что вычисление напрямую часто оказывается слишком затратным по времени. При размерах векторов порядка нескольких миллионов различие в скорости обработки данных может уменьшить время вычисления на несколько порядков.

В результате проведенных преобразований был получен амплитудный спектр переданного сигнала

Затем массив данных был отредактирован для получения последовательности импульсов на частоте 25 мегагерц (в соответствии с частотой выдачи импульсов передающим модулем реального ППМ) и передан в среду разработки SystemVue посредством импорта из текстового файла через встроенный в среду разработки блок ReadFile, при этом у блока был выставлен параметр периодичности сигнала для получения продолжительной по времени последовательности импульсов.

Для получения достаточного количества данных при моделировании общее время моделирования было выбрано равным 200 наносекундам.

В результате редактирования сигнала для получения последовательности импульсов на входе схемы в SystemVue была получена следующая форма сигнала, а также получен спектр отправленного сигнала (рисунок 1).



а)



б)

Рис. 1 – Сигнал на входе схемы моделирования в SystemVue: а) график, б) спектр

Среда разработки SystemVue позволяет создавать сложные модулирующие сигналы или последовательности и загружать их в память генераторов сигналов произвольной формы. SystemVue также позволяет загружать сигналы в широкополосные генераторы сигналов произвольной формы. Сигнал широкополосного генератора сигналов произвольной формы подаётся на широкополосные модуляционные входы векторного генератора сигналов для создания широкополосного или СШП сценария.

Для моделирования отраженного от цели сигнала СШП радара в SystemVue была использована следующая схема, показанная на рисунке 2.

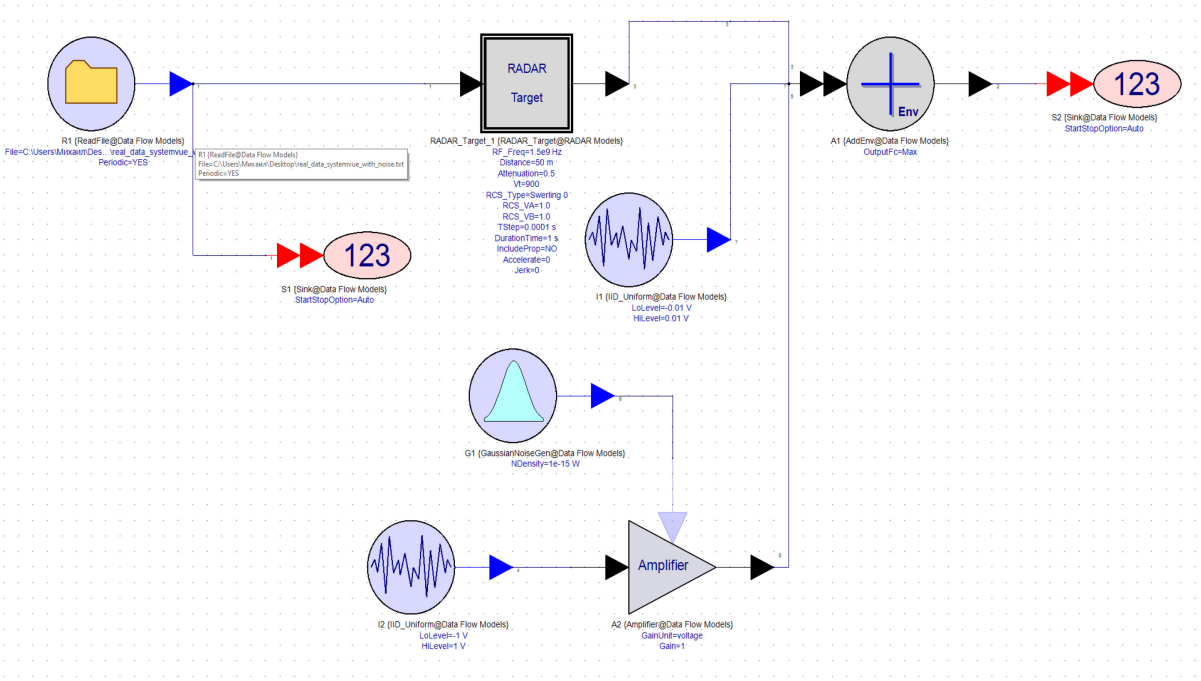


Рис.2 – Схема для моделирования сигнала

Сигнал из файла с массивом данных поступает на блок вывода графика для проверки правильности полученного сигнала, а также на блок цели с параметрами несущей частоты 1.5 гигагерца, расстояния до цели 50 метров и скорости цели 900 метров в секунду.

Далее для моделирования теплового шума к сигналу добавляется распределенный шум с параметрами: высокий уровень 0.01 В, низкий уровень -0.01 В. Также для моделирования помехи при получении отраженного сигнала в схему был добавлен распределенный шум, модулируемый по амплитуде с помощью УУМ, на вход управления которого подается гауссовский шум.

В результате моделирования был получен график и спектр отраженного от цели сигнала (рисунок 3).



а)



б)

Рис. 3 – Отраженный от цели сигнал: а) график, б) спектр

Применение обнаружителя с постоянным уровнем ложной тревоги для детектирования полученного сигнала

Для первичного определения параметров детектирования полученного сигнала необходимо выбрать способ детектирования сигнала среди теплового шума и помех, а также определиться с параметрами детектирования. В данном случае для полученного сигнала был выбран способ детектирования с помощью алгоритма постоянного уровня ложных тревог (ПУЛТ, в зарубежной литературе – Constant False Alarm Rate, CFAR). Этот алгоритм используется в радиолокации для обнаружения цели в условиях шума, помех и интерференции сигналов. Задача схемы, использующей алгоритм постоянной вероятности ложных тревог, состоит в том, чтобы получить значение минимального порога мощности, сверх которого сигнал следует считать отраженным от цели. Если этот порог установить слишком низким, увеличится число ложных срабатываний. Если же этот порог будет слишком высоким, увеличится число пропусков цели, но число ложных срабатываний сведется к минимуму. В большинстве РЛС порог устанавливается для достижения требуемой вероятности ложной тревоги (или, что то же самое, среднего времени между ложными срабатываниями).

Для моделирования детектора полученного сигнала был использован пакет Phased Array System Toolbox, входящий в систему математического моделирования Matlab. Принцип работы CFAR-детектора в этом пакете заключается в том, что на вход схемы обнаружения CFAR поступает последовательность дискретных значений, каждое из которых является усреднением уровня сигнала за соответствующий интервал времени. Схема обнаружения должна принять решение, свидетельствует ли уровень сигнала в исследуемом интервале о наличии цели или вызван внешними и внутренними шумами. Чтобы устранить влияние сигнала на вычисление уровня шума, из усреднения исключаются также интервалы, непосредственно примыкающие к исследуемому. Считается, что уровень сигнала в исследуемом интервале обусловлен наличием цели, если он превышает уровень сигнала в соседних интервалах и среднее значение по всему интервалу усреднения [7].

Этот подход называется CFAR с усреднением по интервалу. Методом детектирования является метод порядковой статистики, так как такой метод позволяет устойчиво получать правильное детектирование сигналов в условиях недетерминированного шума и случайных помех.

Параметры блока детектирования подбирались экспериментальным методом. В результате подбора параметров блока детектирования рациональными были выбраны следующие значения: метод порядковой статистики, ранг порядковой статистики – 1800,

количество защитных ячеек – 200, количество учебных ячеек – 2000, пороговый фактор – 5 (пользовательский). Далее был получен пример детектирования сигнала с данными параметрами (рисунок 4).

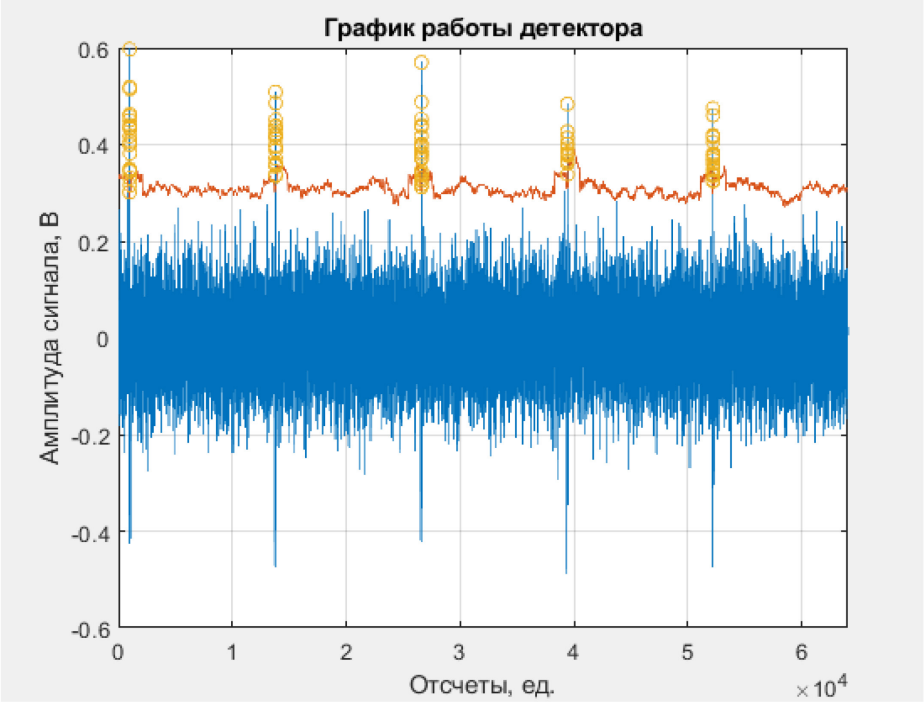


Рис. 4 – Пример детектирования сигнала с помощью CFAR детектора

Заключение

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что детектирование сигнала с помощью CFAR-детектора в условиях недетерминированного шума и случайных помех возможно. Следовательно, задача выдачи управляющего сигнала с датчика цели, использующего сверхширокополосный радарный модуль, практически осуществима.

Список литературы

1. *Sachs J.* Handbook of Ultra-Wideband Short Range Sensing. WILEY-VCH Verlag GMBH & Co. KGaA, 2006. 923 p.
2. *Taylor J.* Introduction to Ultra-Wideband Radar Systems. Boca Raton. CRC Press, 1995. 672 p.
3. NVA6100 Impulse Radar Transceiver System, Preliminary Datasheet. URL: http://laonuri.techyneeti.com/wp-content/uploads/2019/02/nva6100-DATASHEET.pdf (дата обращения: 8.12.2022).
4. *Borzov A., Likhoedenko K., Seregin G., Suchkov V.* Applications of short-range radars on the base of ultrashort pulse single chip // ICCSSE 2017, Beijing, 17-19 Aug. 2017. 3rd IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering, 2017. p. 461-464.
5. Алгоритм восстановления принимаемого сверхкороткоимпульсного сигнала в условиях воздействия активных помех / *Р. Е. Копейкин* [и др.] // Успехи современной радиоэлектроники. М.: Изд-во «Радиотехника». 2017. № 3. С. 10–21..
6. *Копейкин Р.Е.* Разработка и исследование алгоритмов обработки информации мобильных сверхкороткоимпульсных систем мониторинга снежно-ледовых покровов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2022 - 171 с.
7. *Blake S.* OS-CFAR theory for multiple targets and nonuniform clutter // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1988. vol. 24, no. 6, p. 785-790.

2.3.1.

Ю.В. Кочержинская, Е.А. Ильина, А.В. Охотниченко

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
кафедра вычислительной техники и программирования,
Магнитогорск, y.kocherzhinskaya@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННОМ МОДУЛЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

В работе представлены два варианта реализации визуализации разработанного алгоритма для навигации внутри помещения: определение исходных координат пользователя вручную, с поддержкой при помощи данных о предположительном местонахождении пользователя, и с использованием QR-меток и камеры смартфона для точного определения текущего местоположения. Визуализация реализована в формате 3D в виде программного модуля для мобильного приложения.

Ключевые слова: *алгоритм определения местоположения, визуализация локации пользователя, 3D-модель помещения, визуализация местоположения в помещении.*

Введение

В современном мире существует большое множество различных архитектурных комплексов разной сложности, например, аэропорты, торгово-развлекательные центры, а также музеи, библиотеки и прочие большие сооружения. В повседневной жизни люди часто сталкиваются с проблемами ориентирования внутри таких архитектурных комплексов из-за их больших размеров и сложной структуры. Каждый такой объект индивидуален по архитектуре и имеет уникальную планировку. Одним из таких типов сооружений являются здания университетов. Зачастую университеты состоят из нескольких больших корпусов, между которыми не всегда есть прямые переходы. В силу того, что учащимся, особенно первокурсникам, и без того трудно ориентироваться в здании, постоянно сталкиваясь с проблемой поиска нужного кабинета, расходуя на это значительное количество времени.

Существует множество решений проблемы навигации посетителей в зданиях. Одним из них является использование специальных стендов с интерактивной картой помещения, которые помогают найти путь к определённому месту внутри помещения [1].

Согласно исследованиям, большое количество образовательных учреждений не используют цифровые навигационные системы или используют только их бумажные версии [2]. Это объясняется несколькими причинами, в первую очередь – большими трудозатратами на оцифровку плана этажей зданий.

Между тем, проведенный авторами экспресс-опрос студентов и работников вуза показал, что с проблемой навигации сталкиваются большинство студентов первого курса, поскольку в состав ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (далее вуз) входят более 150 зданий [3] среди которых есть учебные корпуса, соединенные сложными переходами. Каждый год в вузе меняется структура аудиторного фонда, например, добавляются новые кабинеты, реструктуризируются деканаты и кафедры, что вносит изменения в существующую структуру и затрудняет поиск необходимых кабинетов не только первокурсникам, но и студентам старших курсов, а также преподавателям.

Решить задачу упрощения ориентирования можно проектированием и разработкой проблемно-ориентированного программного обеспечения, реализующего визуализацию алгоритма навигации внутри зданий, используя достоинства уже существующих аналогов с учетом их достоинств и недостатков [4].

В октябре 2020 года началось внедрение новой информационной системы АСУПД «Расписание МГТУ». Это автоматизированное средство управления расписанием студентов и преподавателей, которое объединило в себе базы данных всех институтов Университета с возможностью разграничения пользовательских и администраторских функций на разных уровнях. Конкретизируя задачу проектирования нового продукта, можно определить ключевые требования к функционалу:

- определение текущего местоположения пользователя;
- просмотр карты университета;
- прокладывание маршрута от одной аудитории к другой.

Геоинформационная система получила название ГИС «NMSTU MAP», от англоязычного названия вуза – Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Модели и методы решения задач исследования

Для того, чтобы спроектировать систему навигации внутри здания со сложной иерархической структурой необходимо решить следующие задачи: выбрать подходящий инструмент для определения текущей геолокации внутри строения, построить 3D-карту этажей здания и реализовать функцию поиска нужной аудитории или кабинета с возможностью построения маршрута от текущего местоположения до требуемой локации. Для получения текущей позиции объекта внутри здания приоритет был отдан следующим технологиям:

- визуальные метки в формате QR-кодов;
- ручной ввод информации и местонахождении объекта.

Для реализации поставленных перед авторами задач, были рассмотрены алгоритмы, хорошо себя зарекомендовавшие по критерию точности получаемого результата и адекватно использующие вычислительные ресурсы [5-6].

Блок-схема алгоритма (рисунок 1) включает в себя модуль валидации полученных от пользователя данных об аудиториях, поскольку для корректного формирования и дальнейшего решения задачи навигации необходимо соблюдение двух условий одновременно.

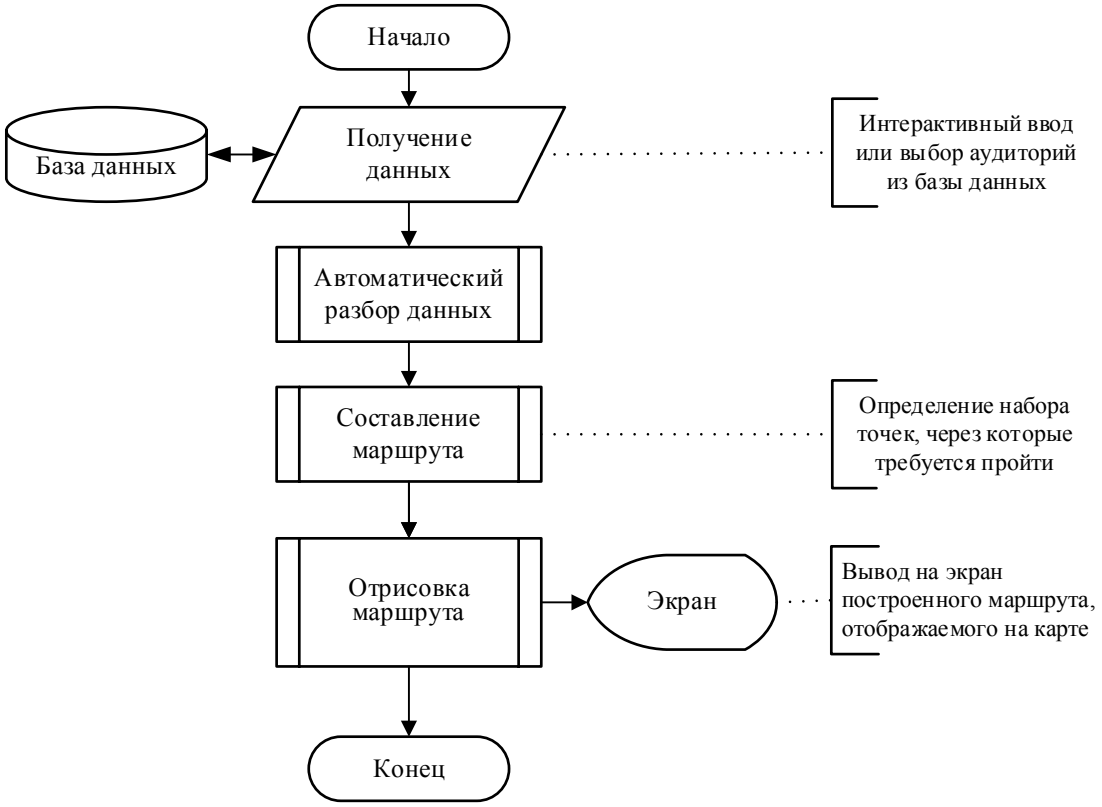


Рис. 1 – Общая блок-схема алгоритма ГИС «NMSTU MAP»

После проверки информации в автоматическом режиме происходит составление маршрута. Далее, если это возможно, проводится отрисовка маршрута.

Результаты

Визуализация графического алгоритма для геоинформационной системы проведена двумя способами – один из них реализует алгоритм ориентирования при помощи QR-меток, другой – полуавтоматический ввод данных с предварительным определением наиболее вероятного местоположения согласно расписанию.

Пример первого способа визуализации приведен на рисунке 2. На данном этапе реализации навигатор позволяет строить маршрут от одной точки до другой, перемещаться между этажами, масштабировать и вращать 3D-карту. Для визуализации использовалась платформа разработки Unity.



Рис. 2 – Вид отображения маршрута между кабинетами

Второй вариант реализован при помощи языка программирования Java Script, для 3D-визуализации использовалась библиотека Three.js.

Обсуждение результатов

Возможные варианты использования технических средств, например, электронных передатчиков или систем геолокации «умных» устройств не дают требуемой точности, использование систем распознавания лиц несет дополнительную вычислительную нагрузку, медленно работает «в толпе». Наиболее простым в этом плане является использование QR-меток для определения местоположения, но и здесь желание «пошутить» некоторых студентов, сорвав или заменив метку. может представлять определённую проблему. В перспективе, после подведения итогов тестовой эксплуатации описанных способов визуализации алгоритма навигации, предпочитаемый вариант будет выбран в качестве основного для полноценной интеграции с АСУПД «Расписание МГТУ».

Список литературы

1. *Сорокина Д.Е.* Анализ опыта использования навигационных систем в среде образовательных учреждений // Культура и искусство в современном образовательном пространстве. – 2017. – С. 54–57.
2. *Десятникова Е.С.* Анализ перспектив внедрения мобильных приложений для вузов // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2016. – № 1 (9). – С. 91–97.
3. *Колокольцев В.М.* Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 1 (45). – С. 5–6.
4. *Кочержинская Ю.В., Рерих Н.С.* Информационное обеспечение системы навигации в университете на основе QR-меток // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 78-й международной научно-технической конференции. Том 1. 2020. Изд-во: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск). – С. 375.
5. *Буйнова Е.Л.* Формирование маршрута транспортного средства с использованием алгоритма Флойда // Прикладная математика и информатика: Современные исследования в области естественных и технических наук. – 2020. – С. 203–207.
6. *Максимова Е.И.* Сравнение качества результатов алгоритма "A star" и его модификации для дорожной сети при выборе маршрута с учетом направления движения на перекрестке // Вестник науки Сибири. – 2014. – № 4. – С. 117–122.

2.3.1.

Ю.Ю. Никонов

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Институт №6 «Аэрокосмический»,
кафедра 609 «Прикладная информатика»,
Москва, nikonovyura@list.ru

СРАВНЕНИЕ ИМПОРТА ДАННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФАЙЛОВ В РЕЛЯЦИОННЫЕ И НЕРЕЛЯЦИОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

В статье рассматривается импорт данных из различных типов файлов в реляционные и нереляционные базы данных. Был проведен анализ импорта данных с помощь программы Talend Open Studio. Проведена оценка полученных результатов.

Ключевые слова: *xml, json, реляционная база данных, нереляционная база данных, интеграция.*

В современном мире возрастает роль передачи данных между системами не напрямую, а с помощью временных данных: выгруженных (экспортированных) и загруженных (импортированных) в систему. Причина переноса данных различаются: моральное устаревание системы, смена типа носителя, создание резервных копий хранения данных (долговременных хранилищ) и т.д.

На рынке существуют различные специализированные системы интеграции данных: Hevo Data, Pentaho, Talend Open Studio и другие.

Постановка задачи. Проанализировать импорт данных из файлов в реляционную и нереляционную базу данных, исходные данные будут представлены в различных форматах файлов.

Для решения данной задачи были выбрана система интеграции: Talend Open Studio [1]. Она удовлетворяет нескольким требованиям:

1) исходные файлы возможны в форматах csv, json[2], xml[3];
2) возможна интеграция с свободной реляционной базой данных [4] PostgreSQL и свободной нереляционной MongoDB [5];
3) всю систему можно установить и протестировать на домашнем компьютере.

Системные данные оборудования для решения задачи были следующие:

центральный процессор Intel Core i5 7200U, оперативная память DDR4 объемом 8 ГБ, операционная система Windows 10 64-бит версия 21H1,

реляционная база данных PostgreSQL версия 12, нереляционная база данных MongoDB версия 5.0.9, система интеграции Talend Open Studio for Big Data версия 8.0.1 .

В системе Talend Open Studio необходимо собрать схему преобразования, показанную на рисунке 1.

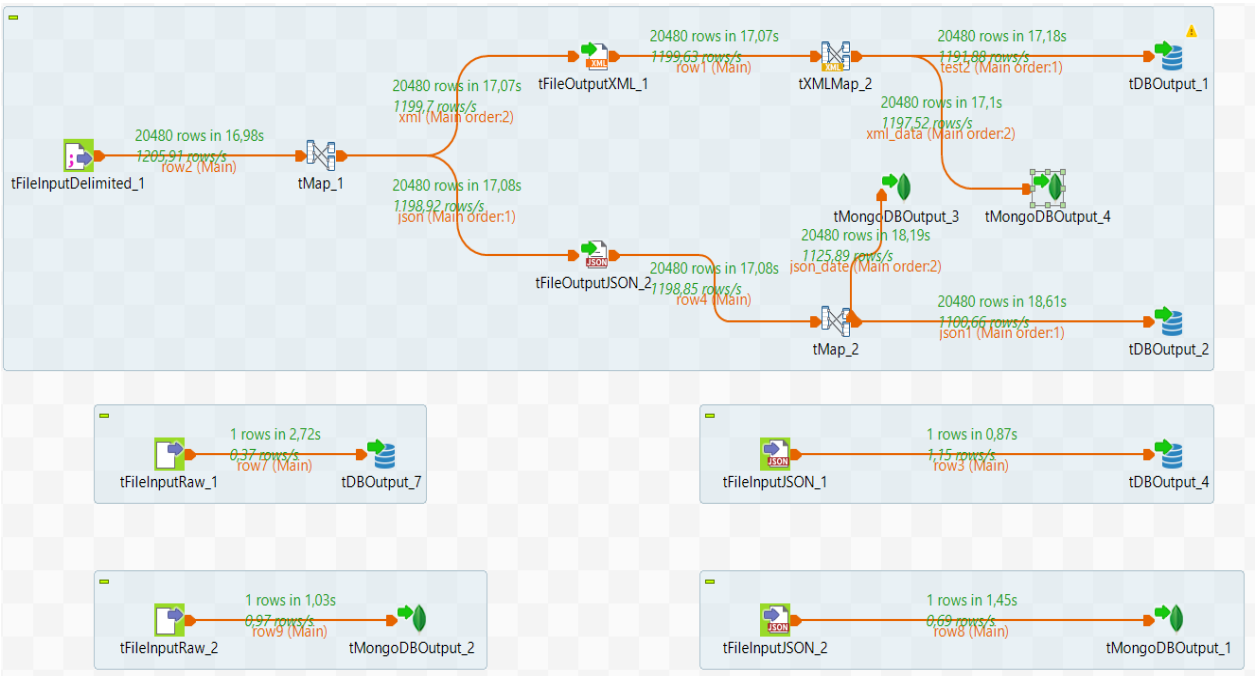


Рис. 1 – Схема импорта данных

Исходные данные (таблица 1) представлены в виде таблицы в формате csv состоящей из 8 столбцов наименованием разных типов, данных и количеством строк 20481 (считая первую строку с шапкой таблицы). Файлы xml и json содержать такие же данные, созданы с помощью преобразования csv файла. Полученные в результате тестирования данные сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Пример исходных данных в таблице файла csv

String	Text	Bool	Int	Float	Year	Date	Time
Test1	Length	true	22	32,32	1999	16.05.2019	5:24
Test2	Mass	false	11	32,36	2020	17.05.2020	6:24
Test3	Time	true	24	32,4	2021	18.05.2021	7:28

Таблица 2 – Результаты проведенного тестирования

№	Исходные данные		Полученные данные		Промежу-точное преобразо-вание	Суммарное время преобразо-вания и записи (с)
	Формат данных	Объем памяти (КБ)	Объем памяти (КБ)	Тип базы данных		
1	CSV	1071	3789	Реляционная	В xml файл	68.3
2	CSV	1071	734	Нереляционная	В xml файл	68.22
3	CSV	1071	5018	Реляционная	В json файл	69.33
4	CSV	1071	734	Нереляционная	В json файл	69.75
5	XML	4371	472	Реляционная	-	2.72
6	XML	4371	533	Нереляционная	-	1.08
7	JSON	2985	744	Реляционная	-	0.87
8	JSON	2985	390	Нереляционная	-	1.45

Данные из csv файлов (пункты с 1 по 4 таблицы 2) сохранялись в базы данных в структурированных видах. Для реляционной базы данных это представлено в виде таблицы (рисунок 2), а для нереляционной базы в виде документа (рисунок 3), который состоит из ключа и значения. Промежуточно происходило преобразование в json или xml файлы.

Свойства | Данные | Диаграмма

json_table | Введите SQL выражение чтобы отфильтровать результаты

Таблица | Текст

	Column0	Text	Bool	Int	Float	Year	Date	Time
1	Test1	Length	[v]	22	32,32	1 999	16.05.2019	5:24
2	Test2	Mass	[ ]	11	32,36	2 020	17.05.2020	6:24
3	Test3	Time	[v]	24	32,4	2 021	18.05.2021	7:28
4	Test4	Temperature	[ ]	36	32,44	2 022	19.05.2022	9:27
5	Test5	Length	[v]	37	32,48	2 033	16.05.2019	5:24
6	Test6	Mass	[ ]	43	32,52	2 040	17.05.2020	6:24
7	Test7	Time	[v]	48	32,56	2 047	18.05.2021	7:28
8	Test8	Temperature	[ ]	54	32,6	2 054	19.05.2022	9:27
9	Test9	Length	[v]	59	32,64	2 061	16.05.2019	5:24
10	Test10	Mass	[ ]	65	32,68	2 068	17.05.2020	6:24
11	Test11	Time	[v]	70	32,72	2 075	18.05.2021	7:28
12	Test12	Temperature	[ ]	76	32,76	2 082	19.05.2022	9:27
13	Test13	Length	[v]	81	32,8	2 089	16.05.2019	5:24
14	Test14	Mass	[ ]	87	32,84	2 096	17.05.2020	6:24
15	Test15	Time	[v]	92	32,88	2 103	18.05.2021	7:28

Рис. 2 – Хранения данных в реляционной базе данных

Файлы xml и json (пункты с 5 по 8 таблицы 2) записаны тоже структурированно, но в одной ячейки таблицы (реляционная база данных) и одного документа (нереляционная база данных) с содержимым файлов.

Так как велась обработка данных каждой строки таблицы (пункты с 1 по 4 таблицы 2), то время для этого было потрачено больше. Быстрее всего с таким условием получилось для записи в нереляционную базу данных через xml преобразование, а также конечный вес базы данных получился одним из наименьших.

Для преобразования из исходных файлов xml и json (пункты с 5 по 8 таблицы 2) быстрее всего получилась запись json файла в реляционную базу данных, но конечный вес базы не является наилучшим.

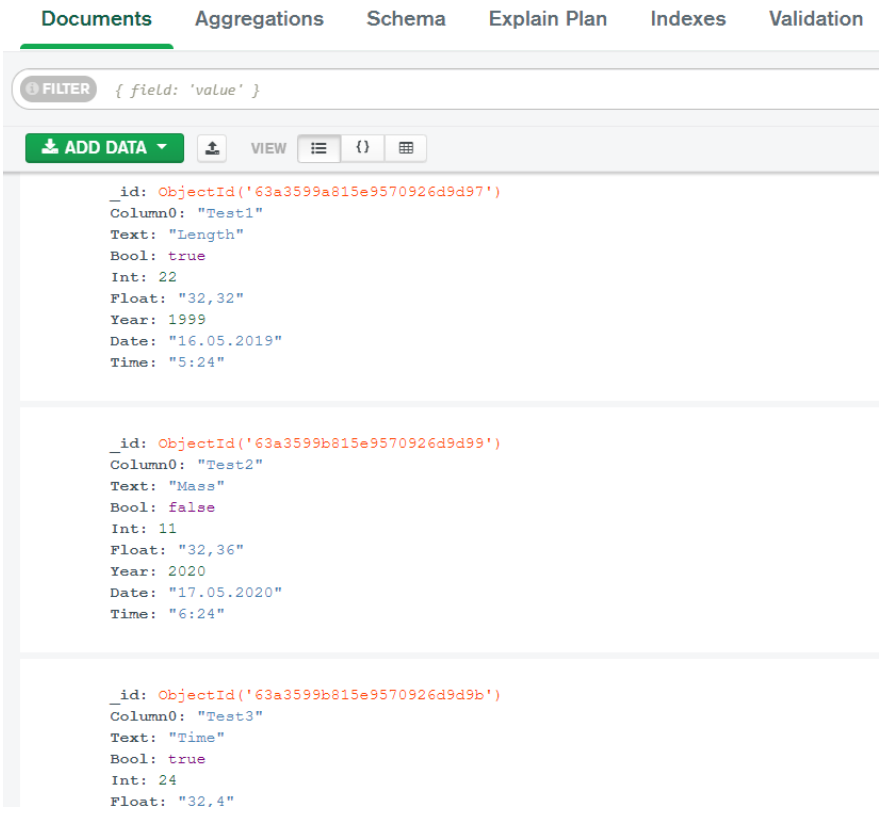


Рис. 3 – Хранение данных в нереляционной базе данных

Для преобразования из исходных файлов xml и json (пункты с 5 по 8 таблицы 2) быстрее всего получилась запись json файла в реляционную базу данных, но конечный вес базы не является наилучшим.

Таким образом, в зависимости от поставленных критериев (время импорта, размер или тип базы данных), можно подобрать то или иное решение для импорта данных.

Список литературы

1. Talend Open Studio Cookbook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.programmer-books.com/wp-content/uploads/2019/08/Talend-Open-Studio-Cookbook.pdf (дата обращения 23.12.2022).
2. Стандарт JSON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.json.org/json-en.html (дата обращения 23.12.2022).
3. Стандарт XML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.w3.org/XML/ (дата обращения 23.12.2022).
4. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Томас Коннолли, Каролин Бегг ; [перевод с английского Р. Г. Имамутдиновой, К. А. Птицына]. - 3-е изд. - Москва [и др.] : Вильямс, 2018. - 1439 с.
5. MongoDB: полное руководство. Мощная и масштабируемая система управления базами данных / Шеннон Брэдшоу, Йон Брэзил, Кристина Ходоров [пер. с англ. Д. А. Беликова]– М.: ДМК Пресс, 2020. – 540 с.

2.3.1.

Л.Р. Сахабутдинова, Д.А. Аввакумов, А.И. Топорков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, lyaysans@list.ru

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО УЗЛА

В статье представлены этапы разработки системы для визуализации и обработки результатов вычислительных экспериментов биомеханического узла на языке программирования Python. Описываются основные возможности пользовательского интерфейса для проведения качественного и количественного анализа деформационного поведения.

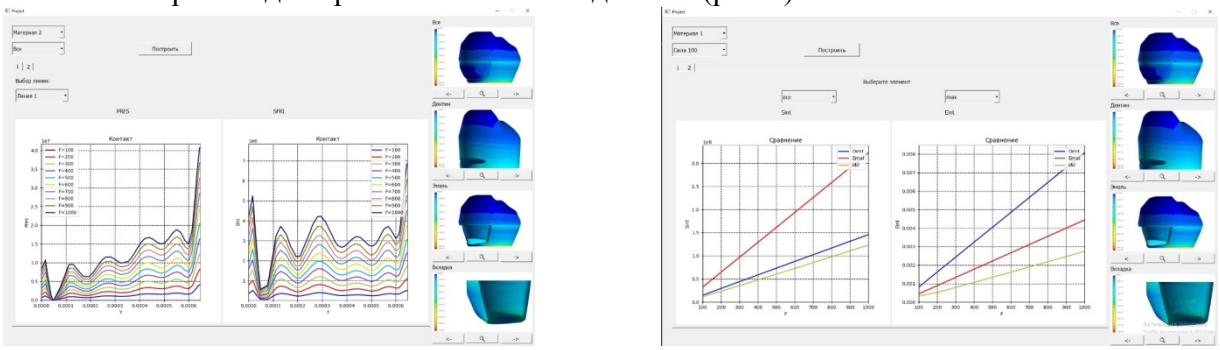
Ключевые слова: *биомеханический узел, протетическая вкладка, дентин, эмаль, деформирование, некариозные дефекты, Python, matplotlib, PyQt5, визуализация данных, информационная система.*

Введение. Совершенствование процесса лечения дефектов зубов, с целью повышения качественных показателей реставрационных вкладок, достигается с помощью новых тактик лечения и выбора современных материалов. Использование вычислительных экспериментов для выбора формы и материала реставраций позволяет быстро накопить базу знаний о количественном и качественном поведении биомеханических узлов при различных параметрах [1-2]. Для статистической обработки и систематизации результатов экспериментов требуется применение программного обеспечения и математических методов обработки данных для выявления различных закономерностей, в том числе и скрытых [3-4]. Для хранения больших объемов данных используются различные системы управления данными [5-9]. Помимо хранения и обработки данных при решении задач механики деформированного твердого тела требуется качественная визуализация результатов численных экспериментов в виде диаграмм зависимости напряжений и деформаций в конструкции от координат или уровня нагрузки, с помощью различных математических методов. Например, интерполяция для сглаживания получаемых зависимостей и метод наименьших квадратов для выявления функциональных зависимостей [10-11]. В данной работе визуализация данных представлена в виде графиков, для анализа уровня деформационных параметров отреставрированного зуба при различных уровнях внешней нагрузки для обоснованного выбора восстановительных материалов [12-13]. При проведении широкомасштабного исследования новых методов и материалов лечения некариозных дефектов зубов нужно учитывать множество различных параметров: размеры дефекта, вариант реставрации, вид материала реставрации, уровень нагрузки и схема приложения нагрузки от зуба-антагониста [14, 15]. На практике врачи-стоматологи сталкиваются с рядом проблем: необходимость проведения вычислительных экспериментов на доклиническом этапе исследования с помощью CAE-пакетов, например ANSYS Mechanical; проведение вычислительных экспериментов требуются значительные вычислительные ресурсы. Для оптимизации работы врачей-стоматологов, предложено разработать прикладную систему, которая позволит быстро и качественно проводить анализ результатов. Система предназначена для визуализации зависимостей показателей напряженно деформированного состояния (НДС) биомеханического узла для количественного, качественного и сравнительного анализа поведения материалов при различных вариантах реставрации зубов, в заданном диапазоне внешней нагрузки.

Методы и средства разработки. В качестве исходных данных для обработки и визуализации используются результаты вычислительных экспериментов по отысканию НДС системы зуб-реставрация, полученные в CAE-пакете ANSYS Mechanical APDL.

Первым шагом обработки результатов вычислительных экспериментов является выгрузка исходных данных, сохраненных в формате текстовых файлов со смешанными данными. Основная сложность обработки исходных файлов заключается в необходимости игнорирования побочной информации. Для записи в базу данных необходимых значений реализован алгоритм, который сначала отыскивает название нужного столбца, затем записывает значения из него. Затем реализован алгоритм для сглаживания результатов численного эксперимента (в частности, параметров контактного взаимодействия на границе зуб-реставрация) с помощью интерполяционных методов. В рамках работы были рассмотрены два основных метода интерполяции: методом наименьших квадратов и метод сплайнов.

Интерфейс пользователя реализован с помощью библиотеки PyQt5 для языка программирования Python 3. Для построения графиков были использованы средства библиотеки Matplotlib. Виджет для отображения включает две вкладки, с помощью которых пользователь производит сравнение и анализ данных (рис.1).

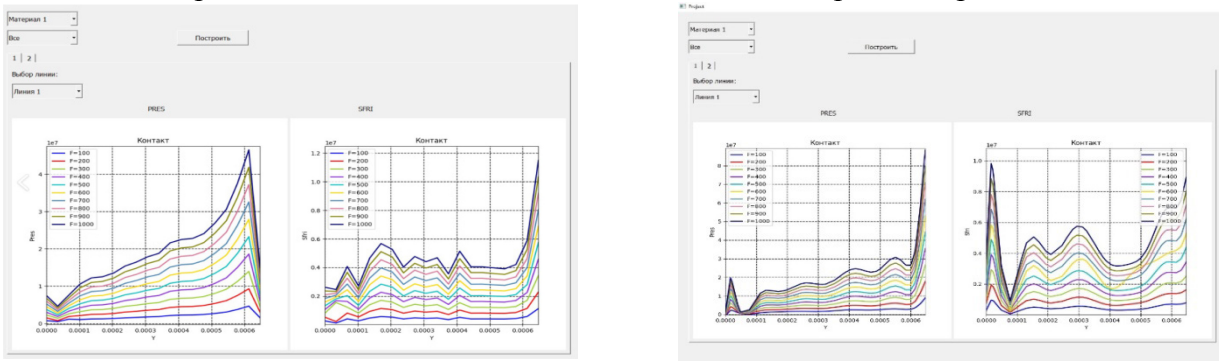


а б

Рис. 1 – Интерфейс приложения, визуализация выбранных данных:
а) вкладка количественного анализа, б) вкладка для сравнительного анализа

Система автоматически обращается к базе данных и формирует массив результирующей информации на основе выбранных пользователем параметров, затем строит соответствующие диаграммы. Кроме этого, система автоматически отыскивает и выводит изображения соответствующих изополей элементов биомеханического узла.

В процессе разработки системы также были реализованы два метода сглаживания данных, результаты, полученные при сглаживании данных с помощью интерполяции сплайнами представлены на рис. 2а, а с помощью метода наименьших квадратов на рис.2б.



а б

Рис. 2 – Внешний вид графиков:
а) интерполирование результатов сплайнами, б) интерполирование с помощью МНК

Отмечено, что при интерполяции с помощью метода наименьших квадратов абсолютная погрешность получается минимальной, поскольку специальная библиотека, реализующая интерполяцию с помощью сплайнов, существенно обрезает начальные значения.

Заключение. Описанная в данной статье система пользовательского интерфейса позволяет в автоматизированном режиме проводить обработку и визуализацию «сырых» результатов вычислительных экспериментов. Получаемые в процессе работы с системой зависимости деформационного поведения биомеханического узла в дальнейшем позволят врачам-стоматологам проводить обоснованные выбор тактики и материалов для проведения лечения некариозных поражений зубов.

Список литературы

1. *Босяков С.М., Мселати А.Ф., Круподеров А.В.* Математическое моделирование начальных перемещений корня зуба в форме двуполостного гиперболоида // Белорусский государственный университет. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 186-204.
2. *Зотов П.П.* Использование методов математического моделирования для совершенствования подходов к выбору технологий восстановления разрушенных зубов // Dental forum. – 2012. – № 3. – С. 39-40.
3. *Джураев О.О.* Новый метод статистической обработки результатов эксперимента // Вестник технологического университета Таджикистана. – 2020. – № 4(43). – С. 35-43.
4. *Нечухрай Т.А.* Методы первичной статистической обработки. // Трибуна ученого. – 2020. – № 12. – С. 1123-1128.
5. *Рабец А.П.* К вопросу о соотношении понятия «большие данные» с понятием «база данных» // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 76-4. – С. 63-67. DOI 10.18411/lj-08-2021-136
6. *Ackermans H., van be Ven I.* Electronic literature in the database and the database in electronic literature // Communications. Media. Design. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 5-18.
7. *Мороз П.С., Флоринский О.С.* О моделировании потоков событий и данных при проектировании баз данных. // Перспективы науки. – 2019. – № 4(115). – С. 13-18.
8. Методы математической обработки экспериментальных данных: Учеб. Пособие / Под ред. Гребенниковой И.В. – М.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2015. – 124 с.
9. *Kychkin A., Nikolaev A.* IoT-based mine ventilation control system architecture with digital twin // Proceedings – 2020. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing // ICIEAM, 2020. –Art. 9111995
10. *Мальцев Д.П.* Выбор метода для функции интерполяции. // Международный студенческий научный вестник. – 2020. – № 3. – С. 33.
11. *Листунов С.Б.* Исследование метода решения задач интерполяции функции методом полинома Лагранжа. // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 11-10(79). – С. 53-57.
12. *Величко Д.Д., Ткаченко А.Л., Кузнецова В.И.* Применение языка программирования R для статистической обработки данных и работы с графикой в решении прикладных задач. // Дневник науки. – 2021. - № 11(59). – С. 23.
13. *Пылов П.А.* Аналитика возможностей визуализации данных в разнообразных темах оформления на основе библиотек matplotlib и seaborn. // Россия молодая. – 2020. – С. 21115.1-21115.5.
14. *Kamenskikh A.A., Sakhabutdinova L., Astashina N. [et al.]* Numerical modeling of a new type of prosthetic restoration for non-carious cervical lesions // Materials. – 2022. – Vol. 15. – No 15. – P. 5102. – DOI 10.3390/ma15155102.
15. *Sakhabutdinova L., Kamenskikh A.A., Kuchumov A.G., Nosov Y., Baradina I.* Numerical study of the mechanical behaviour of wedge-shaped defect filling materials // Materials – 2022. – Vol. 15. – No. 20. – Art. 7387. – P. 1-15. DOI 10.3390/ma15207387.

2.3.1.

**В.О. Скрипачев, О.В. Семенова, К.В. Авдеев, Г.А. Милорадов,
Е.В. Солдатов, С.В. Литвинов, Ю.А. Полушковский**

МИРЭА - Российский технологический университет,
Skripatchevv@inbox.ru

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

В настоящее время развивается теория прогнозирования различных случайных процессов. Задача построения системы прогнозирования надежности работы космических аппаратов при влиянии околоземного космического пространства является сложной. В условиях неблагоприятной геофизической обстановки снижается эффективность функционирования космического аппарата и его бортовой научной аппаратуры. Рассматривается подход к разработке метода количественной оценки уровня геофизической безопасности при управлении космическими средствами.

Ключевые слова: *космический аппарат, околоземное космическое пространство, вероятность, геофизическая безопасность, показатель.*

Решение задач прогнозирования различных процессов (политических, экономических, социальных, технических и др.) нашли отражение в ряде теорий и частных методик, что показано в работах [1-3]. Самыми используемыми методами для прогнозирования являются методы статистического моделирования. При этом статистические модели могут быть построены на основе уравнений регрессии или временных трендов [4, 5].

Метод группового учета аргументов относится к группе методов, основанных на математической обработке данных предыстории. Он базируется на принципах самоорганизации и ориентирован на достижение минимума целесообразно выбранного критерия селекции. В качестве такого критерия принимается точность прогноза, определяемая на отдельной проверочной последовательности. При этом анализ и прогнозирование временного ряда показателя ведутся не отдельно по составляющим компонентам, а одновременно по объединенной модели.

Методы прогнозирования в статистике можно представить в виде двух групп на основе:

- уравнений регрессии;
- рядов динамики.

С точки зрения охвата причинных связей наиболее эффективными методами прогнозирование являются анализ зависимостей с помощью уравнений регрессии и на основе взаимосвязанных рядов динамики.

Прогнозирование с использованием регрессии может быть точнее интерпретировано в сравнении с простой экстраполяцией. Что же касается механических способов продления тенденций, то их применение возможно лишь в ограниченном числе случаев.

Связь прогнозируемого явления с другими явлениями, зависимыми объектами и процессами выражается следующим уравнением: $y = f(x_1, x_2, \dots)$. Значение прогноза в этом уравнении получаем путем использования величин признаков (факторов) и последующей оценки ожидаемого среднего значения признака-результата.

Наиболее часто оценивание параметров (коэффициентов модели) регрессий достигается с помощью метода наименьших квадратов (МНК) по стандартному алгоритму или с помощью алгоритма, основанного на принципе дополнения. Этот метод занимает важное место среди методов установления тенденций в рядах динамики. В зависимости от характера исходного

динамического ряда задается конкретный вид опорной функции и по точкам обучающей последовательности (в нашем случае) вычисляются значения коэффициентов уравнения регрессии. Выбор вида модели основывается на сочетании интуиции, рациональных и структурных подходов.

При явном разнообразии методических подходов в достижении целей прогнозирования, выделяется ряд общих этапов. Во-первых, это сбор информации об объекте прогнозирования и последующая ее обработка и интерпретация. Во-вторых, выявление закономерностей в поведении объекта с последующим построением на этой основе адекватной математической модели [6, 7].

При математическом моделировании прогноза исследуемых процессов важным является оценка модели прогноза, проводимая, как правило, по двум основным направлениям.

Во-первых, проводится оценка степени адекватности полученной модели реальному процессу исследуемого явления. При этом адекватность модели оценивается по тесноте связи между причинными факторами и результативным показателем в процессе качественно-логического анализа параметров и их качественной оценки. Также необходимо учитывать, что при использовании для прогноза уравнения регрессии полученные расчетные значения результативного признака могут не в полной мере совпадать с действительными значениями в связи с тем, что модель, как правило, выражает взаимосвязь лишь в среднем, а оценка параметров регрессии обычно сопровождается расчетом такой дополнительной характеристики, как коэффициент корреляции.

Во-вторых, оценивается точность прогноза, о котором судят по величине абсолютной погрешности (ошибки) прогноза, как разности между фактическим значением (реализацией) количественных или качественных характеристик исследуемого (прогнозируемого) явления и его прогнозируемым значением. Иными словами: точность прогноза – есть оценка доверительного интервала прогноза для заданной вероятности его осуществления.

При этом определение неизвестных параметров математической модели представляется важным исследовательским этапом. Так, статья [6] подчеркивает, что точность получаемых прогнозов как оценка эффективности системы в целом зависит от набора признаков, а именно:

– корректного использования научных положений при построении математической модели;

– выбора математического аппарата обработки данных;

– собственно, определения неизвестных параметров.

Сложность построения прогнозирующей системы предопределяется с одной стороны возможными ограничениями поступающих исходных данных, а с другой – зависимостью поведения прогнозируемого объекта от ряда случайных факторов. В последнем случае получаем значительное количество неопределенностей, которые являются препятствием в определении закономерностей поведения объекта, а также основных и второстепенных связей [7-9]. При этом возрастает и сложность математической модели по причине содержания в ней множества неизвестных параметров, вследствие чего такая модель становится практически малопригодной.

Указанные сложности появляются при использовании классических методов для создания систем прогнозирования надежности работы космических аппаратов (КА) в условиях влияния околоземного космического пространства (ОКП). Влияние ОКП в свою очередь может привести к появлению угроз состоянию бортовой научной аппаратуры (БНА) КА, а также каналов информационного обмена. Подобные угрозы приводят к срыву выполнения планируемых задач и возможной потере КА, что связано с превышением допустимых значений параметров среды [10].

Такая проблема приводит к необходимости разработки резервных систем, экранов и других специальных устройств и конструкций, позволяющих минимизировать это воздействие. Однако, из-за большого числа ограничений, накладываемых массо-габаритными характеристиками, энергетическим потреблением КА реализовать весь

потенциал защитных мер затруднительно, что особенно актуально для малых КА (МКА), в том числе МКА типа Cubesat. Поэтому целесообразно разработать подходы к количественной оценки уровня геофизической безопасности при управлении МКА.

Известно, что на функционирование БНА КА существенно влияет целый ряд неблагоприятных факторов ОКП, характеризуемых различной физической природой и пространственно-временным распределением [10-12].

Среди неблагоприятных факторов ОКП выделяют следующие [11]:

– вакуум;
– холодная и горячая плазма;
– поток нейтрального кислорода;
– электромагнитное излучение Солнца;
– электроны и ионы радиационных поясов Земли;
– солнечные и галактические космические лучи;
– метеориды;
– космический мусор.

Эти факторы индуцируют следующие явления:

– электризация КА;
– объемное заряжание диэлектриков;
– собственная атмосфера КА.

Указанные выше две категории факторов приводят к возникновению следующих эффектов:

– сублимация материалов;
– эрозия полимеров;
– фотоэмиссия;
– свечение окрестности КА;
– заряжение материалов;
– электрические разряды;
– изменение механических, оптических и электрофизических свойств материалов;
– токи утечки, нагрев и термоциклирование;
– окисление и коррозия элементов радиоэлектронной аппаратуры;
– радиационные эффекты;
– сбои в работе радиоэлектронной аппаратуре;
– загрязнение оптических поверхностей.

Последствия воздействий неблагоприятных гелиогеофизических факторов ОКП на БНА КА описываются случайным распределением и отличаются большим диапазоном численных значений.

Причем, результаты измерений характеристик неблагоприятных факторов ОКП, как правило, содержат недостаточный для практики объем данных, а по ряду факторов результаты могут отсутствовать. В указанных условиях представляется целесообразным декомпозировать общую математическую модель на ряд более простых. Такие более простые варианты позволят использовать известные научные положения и законы, а также результаты теоретических работ и экспериментов [7, 9].

Таким образом, для обеспечения геофизической безопасности в обобщенной модели (рис. 1) является отсутствие чрезвычайной геофизической ситуации в процессе эксплуатации КА. Также необходимо предусмотреть выход из такой ситуации в случае ее возникновения. Введем два термина:

1. Чрезвычайная геофизическая ситуация (ЧГС) – возникновение неблагоприятных факторов ОКП, следствием которых является превышение допустимых значений для КА и его БНА, что может поставить под угрозу выполнение задач КА.

2. Опасная геофизическая обстановка (ОГО) – геофизическая обстановка, характеризуемая комплексом параметров, имеющих значительные отклонения от фоновых величин, приводящих к снижению эффективности функционирования КА.

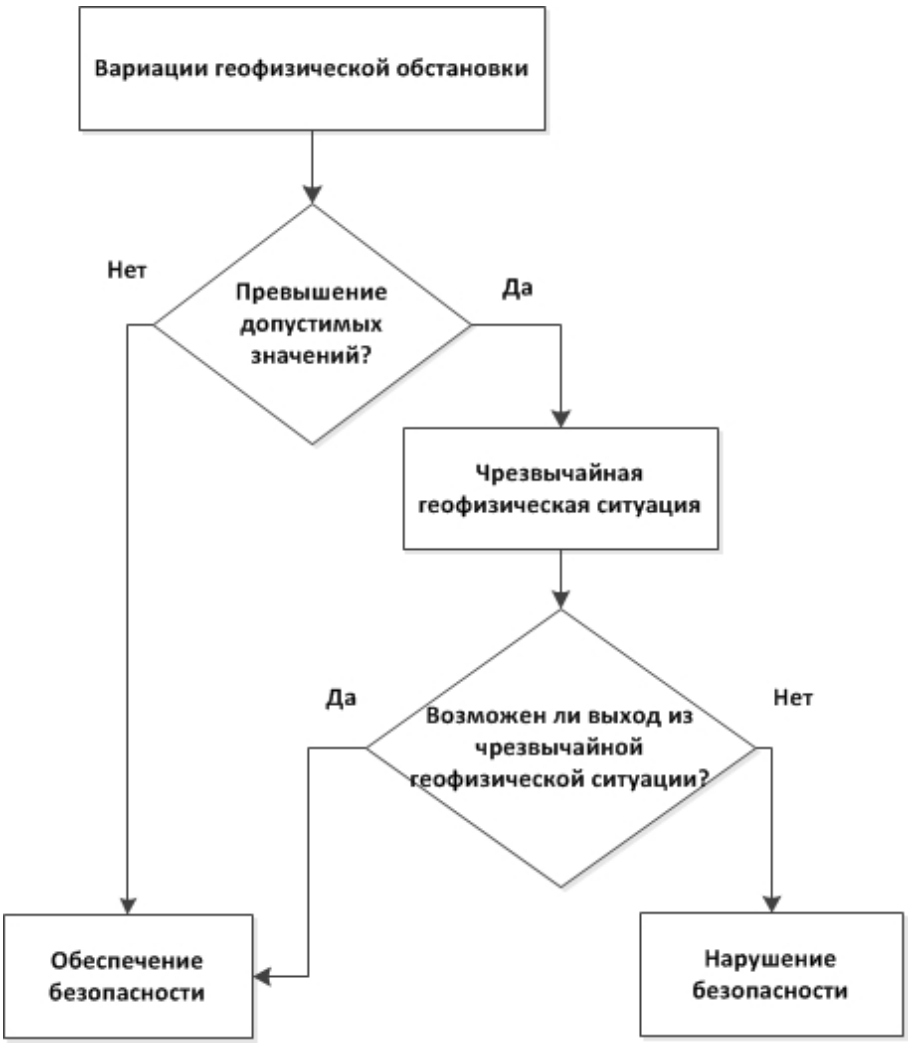


Рис.1 – Обобщенная модель геофизической безопасности

Для успешной эксплуатации КА необходимо, чтобы ЧГС отсутствовала на временном интервале $[0, T_Г]$, где $T_Г$ – время поддержания КА в той или иной степени готовности. Таким образом, это условие можно определить количественно как:

$$P(t_i < T_Г) \leq \varepsilon, \quad (1)$$

где $P(t_i < T_Г)$ – вероятность того, что случайное время t_i возникновения ЧГС от i-го фактора ОКП будет меньше величины $T_Г$ (рис. 2);

ε - бесконечно малая величина.

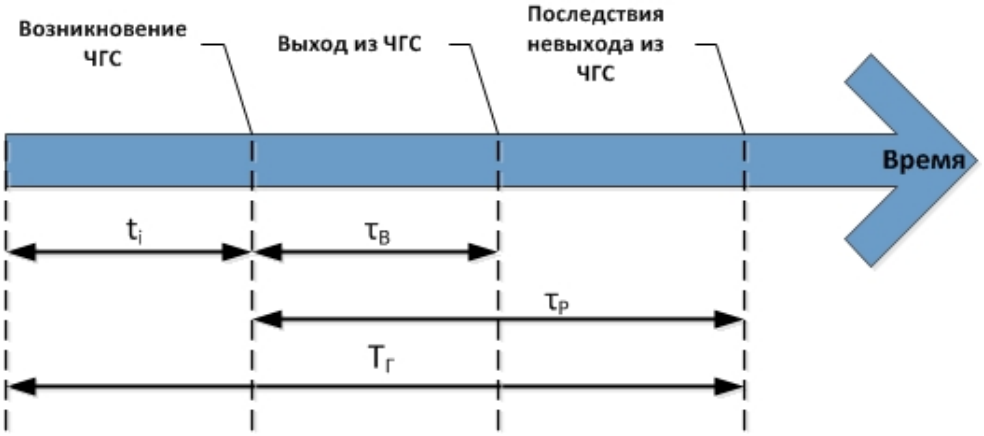


Рис. 2 – Временные характеристики ЧГС

Условием обеспечения готовности КА при возникновении ЧГС является запас времени на выход из нее (рис.2). Указанное условие является необходимым, однако, не достаточным.

$$\tau_P > \tau_B \text{ или } \tau_P - \tau_B > 0 \quad (2)$$

где τ_P – резерв времени в ЧГС (интервал времени от момента обнаружения фактора ОКП до момента достижения его параметрами предельных значений);

τ_B - время, необходимое для благополучного выхода из данной ЧГС.

С учетом принятых условий (1) и (2) вероятность обеспечения готовности КА:

$$P_{\Gamma} = 1 - \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \left[P_{\text{ЧГС}ij} \left(1 - P_{\text{В}ij}\right) \right] \quad (3)$$

где $P_{\text{ЧГС}ij}$ – вероятность появления ЧГС от *i*–го фактора ОКП на *j*–м этапе деятельности КА;

$P_{\text{В}ij}$ – вероятность выхода из данной ЧГС.

Вероятность появления ЧГС ($P_{\text{ЧГС}}$) за время *t* описывается выражением

$$P_{\text{ЧГС}} = 1 - exp\left[-\lambda_{\text{НГО}} \cdot t \cdot \prod_{k=1}^{M} (1 - \nu_k) \right]$$

или

$$P_{\text{ЧГС}} = 1 - exp[-\lambda_{\text{ЧГС}} \cdot t \cdot], \quad (4)$$

где *M* – количество различных состояний, принимаемых системой до появления ЧГС, в условиях неблагоприятной геофизической обстановки (НГО);

$\lambda_{\text{ЧГС}}$ – интенсивность потока ЧГС;

$\lambda_{\text{НГО}}$ – интенсивность потока событий НГО.

Вероятность потока НГО за время t

$$P_{\text{НГО}} = 1 - exp(-\lambda_{\text{НГО}} t)$$

или

$$P_{\text{НГО}} = 1 - exp(-N_{\text{НГО}} t/t) \quad (5)$$

где $N_{\text{НГО}}$ – общее количество событий НГО, имевших место при аналогичных геофизических условиях;

t – суммарное время, за которое возникло $N_{\text{НГО}}$.

Чтобы успешно выйти из ЧГС достаточно выполненить условие (1), для чего потребуется техническое, лингвистическое, информационное и иное обеспечение. Тогда вероятность выхода $P_{\text{В}}$ из ЧГС:

$$P_{\text{В}} = P(\tau_B < \tau_P) P(\tfrac{s}{\tau_B} < \tau_P), \quad (6)$$

где $P(\tau_B < \tau_P) = P_{\text{В}}^{\text{Н}}$ - вероятность совершения события $\tau_B < \tau_P$;

$P(\frac{s}{\tau_B} < \tau_P)$ – условная вероятность события, состоящая в наличии соответствующего обеспечения выхода из ЧГС.

Вероятность $P(\frac{s}{\tau_B} < \tau_P)$, как правило, оценивается эмпирическим путем на основании анализа статистических данных по действиям в ЧГС, а вероятность $P(\tau_B < \tau_P)$ – аналитическим способом.

Исходя из соотношения (2) выход из ЧГС реализован для любого значения $\tau_P^{(0)}$ из области возможных значений величины τ_P, при этом время выхода $\tau_B < \tau_P^{(0)}$.

Если величины τ_B и τ_P носят случайный характер и независимы и известны законах их распределения, тогда вероятность совершения события:

$$P_B^{\text{Н}} = \int_0^{\infty} \varphi(\tau_P) \left(\int_0^{\tau_P^{(0)}} \varphi(\tau_{\text{В}}) d\tau_{\text{В}} \right) d\tau_P \quad (7)$$

где φ – плотности распределения.

Для анализа возможных значений величины $P_B^{\text{Н}}$ применительно к трем характерным вариантам соотношения величин $\tau_{\text{В}}$ и τ_P выражение (7) удобно представить в виде:

$$P_B^{\text{Н}} = \int_0^{\tau_P^{min}} \varphi(\tau_P) \left(\int_0^{\tau_P^{(0)}} \varphi(\tau_{\text{В}}) d\tau_{\text{В}} \right) d\tau_P + \int_{\tau_P^{min}}^{\tau_P^{max}} \varphi(\tau_P) \left(\int_0^{\tau_P^{(0)}} \varphi(\tau_{\text{В}}) d\tau_{\text{В}} \right) d\tau_P + \int_{\tau_P^{max}}^{\infty} \varphi(\tau_P) \left(\int_0^{\tau_P^{(0)}} \varphi(\tau_{\text{В}}) d\tau_{\text{В}} \right) d\tau_P \quad (8)$$

Для первого варианта, когда максимальное время выхода из ЧГС $\tau_{\text{В}1}^{max} \geq \tau_P^{max}$, вероятность $P_{B1}^{\text{Н}} = 1$.

Во втором варианте, при котором $\tau_{\text{В2}}^{max} < \tau_P^{max}$, а $\tau_{\text{В2}}^{min} < \tau_P^{min}$,
$P_{B2}^{\text{Н}}$ находится в пределах: $0 < P_{B2}^{\text{Н}} < 1$.

Для третьего варианта, при котором, $\tau_{\text{В3}}^{min} \geq \tau_P^{max}$, значение $P_{B2}^{\text{Н}} = 0$.

Выражение (8) позволяет определить вероятность для любых законов распределения величин $\tau_{\text{В}}$ и τ_P.

Рассмотренный показатель – вероятность выхода из ЧГС $P_{\text{В}}$ – справедлив во всех случаях и его можно использовать, если известны законы распределения величин $\tau_{\text{В}}$ и τ_P.

В том случае, когда величины $\tau_{\text{В}}$ и τ_P неизвестны, а известными являются вероятности выполнения отдельных элементов управления по выходу из ЧГС (выход из ЧГС, обнаружение ЧГС, распознавание ЧГС, принятие правильного решения, реализация принятого решения), вероятность выхода можно определить из выражения:

$$P(A_1) = P(A_2) \cdot P\left(\frac{A_3}{A_2}\right) \cdot P\left(\frac{A_4}{A_2} \cap A_3\right) \cdot P\left(\frac{A_5}{A_2} \cap A_3 \cap A_4\right), \quad (9)$$

где A_1 – выход из ЧГС;
A_2 – обнаружение ЧГС;
A_3 – распознавание (идентификация ЧГС);
A_4 – принятие правильного решения;
A_5 – реализация принятого решения.

К основным факторам влияния на значения показателя $P(A_1)$ относятся техническое обеспечение, а также распознавание и идентификация ЧГС.

Принятие правильного решения возможно при наличии необходимых технических средств и компетенций операторов. При этом реализация принятого решения обусловлена технической стороной: наличием и готовностью «холодного» или «горячего» резерва, наличием соответствующих инструментов, аппаратно-программных средств и т.п.

Процесс распознавания или идентификации ЧГС зависит от категории ЧГС и имеет свои особенности. Распознавание предусмотренных ЧГС выполняется, если совокупность наблюдаемых признаков ЧГС S_O поставлена в соответствие с совокупностью эталонных признаков $S_{\text{Э}}$ из множества усвоенных при подготовке операторов к действиям в ЧГС, имеющихся в рководящих документах или автоматизированной системе принятия поддержки решений.

Для непредвиденных ЧГС указанного выше условия недостаточно. Оператору в процессе распознавания необходимо сформировать банк ожидаемых признаков $S_{\text{Д}}$, соответствующих истинному состоянию среды и тогда вероятность распознавания ЧГС:

$$P\left(\frac{A_3}{A_2}\right) = P_{\text{П}}\left(S_O - \frac{S_{\text{Э}}}{A_{\text{П}}}\right) P(A_{\text{П}}) + P_H\left(S_O - \frac{S_{\text{Д}}}{A_H}\right) P(A_H) \quad (10)$$

где $P_{\text{П}}\left(S_O - \frac{S_{\text{Э}}}{A_{\text{П}}}\right)$ – условная вероятность распознавания при условии появления предусмотренной ЧГС;

$P(A_{\text{П}})$ – вероятность появления предусмотренной ЧГС;

$P_H\left(S_O - \frac{S_{\text{Д}}}{A_H}\right)$ – условная вероятность распознавания при условии появления непредвиденной ЧГС;

$P(A_H)$ – вероятность появления непредвиденной ЧГС.

Условия принятия и реализации решения будут различными в зависимости от того, какая ситуация возникла – предусмотренная или непредвиденная.

Для предусмотренных ЧГС действия системы управления определены заблаговременно. В таком случае необходимо выбрать соответствующий вариант действий и выполнить их в течение заданного времени $t_{\text{П}}^3$. В случае непредвиденных ситуаций необходимо принять решение и реализовать его в течение времени t_H, но не более заданного t_H^3. Поэтому вероятность принятия решения и его реализации будет определяться выражением:

$$P\left(\frac{A_4}{A_2} \cap A_3\right) = P_{\text{П}}^{(0)} \cdot \left[\frac{(t_{\text{П}} \leq t_{\text{П}}^3)}{A_{\text{П}}}\right] P(A_{\text{П}}) + P\left(\frac{\text{П}}{A_H}\right) P_H^{(0)} \left[\left(\frac{(t_H \leq t_H^3)}{A_H}\right)\right] P(A_H) \quad (11)$$

где $P_{\text{П}}^{(0)}$ – условная вероятность принятия и реализации решения в предусмотренной ЧГС;

$P\left(\frac{\text{П}}{A_H}\right)$ – условная вероятность принятия правильного решения в непредвиденной ситуации;

$P_H^{(0)}$ – условная вероятность его реализации.

Своевременное обнаружение ЧГС определяется уровнем технической и профессиональной готовности системы управления, а именно, звена мониторинга. Техническая готовность зависит от состава и состояния средств измерений и связи. Также для обнаружения имеют значение пространственное расположение места, где выявлены признаки ЧГС, навыки и опыт специалистов по распознаванию необходимой информации в условиях «шумов».

Проведенные ранее исследования показали необходимость учета влияния окружающей среды на применение космических средств. Однако, результаты данной работы указывают на необходимость развития методического аппарата, использования методов математического моделирования и синтеза системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (ФСИ) в рамках Договора 94С2/МОЛ/73887 от 25.03.2022г.

Список литературы

1. *Скрипачев В.О., Полушковский Ю.А., Кузнецов В.В., Суровцева И.В., Умнов В.О.* Методический подход к задаче синтеза и оценке эффективности автоматизированной системы геофизического обеспечения // International Journal of Open Information Technologies, vol. 5, no. 9, 2017, pp. 45-52.

2. *Скрипачев В.О., Яковлев О.В.* Методические аспекты реализации технологий мониторинга риска в технических системах // *Интернет-журнал Технологии техносферной безопасности.* — 2014. — Т. 56, № 4.

3. *Скрипачев В.О., Чулкин М.О.* Разработка прототипа информационно-технологического процесса обработки информации с учетом его стоимости // *Программные продукты и системы*. — 2014. — Т. 108, № 4. — С. 100–102.

4. *Норман Дрейпер, Гарри Смит*. Прикладной регрессионный анализ. 3-е издание. – М.:«ДИАЛЕКТИКА», 2016, 912 с.

5. *Кендалл М.Дж., Стьюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды. – М.: Наука, 1976, 736с.

6. *Вдовин В.М*. Теория систем и системный анализ: Учебник / *В.В. Вдовин, Л.Е. Суркова, В.А. Валентинов.* – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. – 640с.

7. *Александровская Л.Н., Аронов И.З., Иосифов П.А., Кириллин А.В.* Математические основы риск-менеджмента технических систем. Учебное пособие. Экспертные методы оценки в риск-менеджменте. - В 3 т. Т.1. АИР. 2017. с. 238.

8. *Dennis Blumenfeld*, Operations Research Calculations Handbook, Second Edition, CRC Press; 2 edition, 2012. - 256p.

9. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. Пособие для вузов / *Е.С. Вентцель*. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2006. – 206с.

10. *Сапего М.К., Тестоедов Н.А., Атамасов В. Д., Бабук В.А., Белов В.П., Бурылов Л.С., Романов А.В.* Теория проектирования сложных технических систем космического базирования. СПб.: НПО «Профессионал», 2012. 560 с.

11. Модель космоса. Научно-информационное издание : В 2 т. / Под ред. М.И. Панасюка, Л.С. Новикова. – Т.2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов.-М.: КДУ, 2007. 1144 с.

12. *Полушковский Ю.А., Дмитриев Г.А., Федоренко В.И.* Методология количественной оценки уровня безопасной эксплуатации космических аппаратов и риска // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса, т.1, №1, 2004. с. 137-144.

2.3.1.

Л.Ф. Тагирова, Р.В. Галкин, Н.А. Тишина

Оренбургский государственный университет,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,
Оренбург, LG-77@mail.ru

ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена разработке персонализированных интерфейсов электронных обучающих систем на основе оценки характеристик пользователей. Отличительной особенностью предлагаемой системы является адаптация каждого компонента интерфейса к особенностям пользователя, на основе оценки его профессиональных навыков работы с компьютерной техникой, психофизиологических особенностей, а также эмоционального состояния.

В качестве инструмента для формирования персонализированного интерфейса в работе используется глубокая нейронная сеть, представленная в виде многослойного персептрона.

В результате каждому студенту предлагается интерфейсная часть электронной обучающей системы, адаптированная с учетом его особенностей. Причем не будет ни одного похожего интерфейса, что делает систему универсальной для каждого пользователя.

Ключевые слова: *адаптивный интерфейс, нейронные сети, электронная обучающая система, подбор компонентов интерфейса, персонализация интерфейса.*

В настоящее время получают все более широкое распространение программные средства, ориентированные на различных пользователей, под которыми имеются в виду лица, принадлежащие разным возрастным категориям, разным социальным слоям, имеющим разные культурные традиции, области профессиональных интересов и т.д. [1].

В этой связи значительное внимание в области разработки средств вычислительной техники уделяется проблеме персонализации программных приложений к особенностям пользователей. Это, в свою очередь, выдвигает ряд требований к разработке интерфейса. Одним из вариантов достижения взаимопонимания разработчика и заказчика является разработка адаптивного пользовательского интерфейса [2].

Анализ работ современных ученых показал, что проблемой разработки адаптивных интерфейсов занимается большое количество исследователей, что свидетельствует об актуальности рассматриваемой научной проблемы.

Учеными предлагаются различные подходы для решения вопроса персонализации интерфейса в различных сферах жизнидеятельности: науке [3-4], технике [5-6], образовании [7-8], области защиты информации [9], обеспечении комфортной работы людей с ограниченными возможностями [10] и др.

Однако при построении прототипа интерфейса современными исследователями не принимается во внимание эмоциональное состояние пользователя и его психофизиологические особенности. В своих работах многие ученые ограничиваются лишь оценкой умения работы пользователя на компьютере и знанием предметной области.

В отличие от существующих аналогов, в предлагаемом приложении реализуется подбор не всего шаблона целиком, а каждого компонента пользовательского интерфейса отдельно (размер шрифта, кнопок, расстояние между кнопками, цветовая гамма, звуковое сопровождение, наличие подсказок и командной строки). Таким образом, формируется уникальный интерфейс для каждого пользователя [1]. В проводимом исследовании персонализация пользовательского интерфейса была реализована при разработке

электронной системы для обучения студентов технических направлений подготовки основам программирования.

В качестве механизма для подбора подходящей версии интерфейса использовалась глубокая нейронная сеть, входными параметрами которой являются следующие характеристики: компьютерная грамотность, быстрота мышления, машинопись, память, концентрация внимания, острота зрения, цветовосприятие, эмоциональное состояние [2].

Каждая характеристика может быть сформирована на одном из возможных пяти уровней: высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий, что соответствует значениям в баллах от 0-100.

В качестве выходных параметров работы нейросети были использованы подбираемые компоненты прототипа интерфейса: размер шрифта, размер текста гиперссылок, размер элементов веб-страницы, расстояние между элементами страницы, вид подсказок, вид контекстного меню, вид сообщений пользователю, цветовая гамма, наличие звукового оповещения, наличие окна для поиска информации. В рамках исследования была выбрана глубокая нейронная сеть, реализованная в виде многослойного перцептрона (рисунок 1).

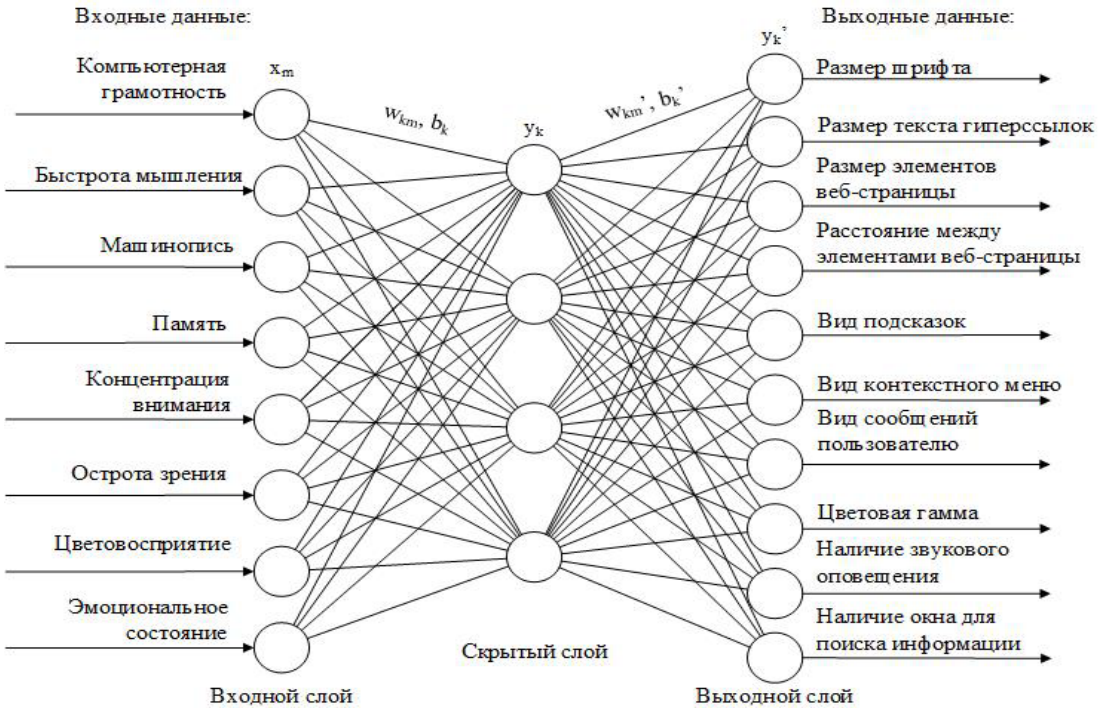


Рис. 1 – Структура нейронной сети

На начальном этапе работы с обучающей системой студенту предлагается прохождение входного тестирования для оценки качеств, которые сохраняются в базу данных. В ходе работы нейронной сети результаты оценки считываются из базы данных и реализуется подбор каждого компонента персонально для каждого студента. В результате чего формируется индивидуальная версия прототипа интерфейса электронной обучающей системы, которая предлагается студенту для обучения и предлагается своя.

Следует отметить, профессиональные качества и психофизиологические характеристики оцениваются единожды, только при входе в систему, так как предполагается, что они существенно не меняются во время работы с программным средством. В то время как эмоциональное состояние пользователя может меняться в течении дня и как результат в приложении оно измеряется при каждом входе в систему. Для оценки эмоционального состояния использовался тест Люшера.

На рисунке 2 представлен результат работы нейронной сети по подбору компонентов интрефейса на основе анализа входных параметров.

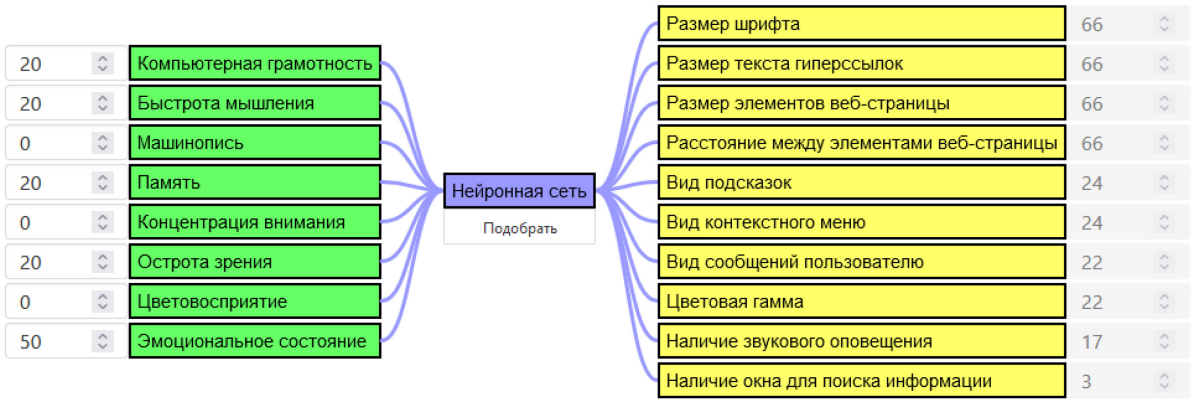


Рис. 2 – Результат работы нейросети для подбора компонентов интерфейса

Ка видно на рисунке 2, входные характеристики свидетельствуют о том, что с системой работает неопытный пользователь, с плохим зрением и памятью. Следовательно, для такого пользователя выбирается более крупный шрифт и добавляется дополнительная опция – поиск информации, так как он самостоятельно не сможет найти нужные данные.

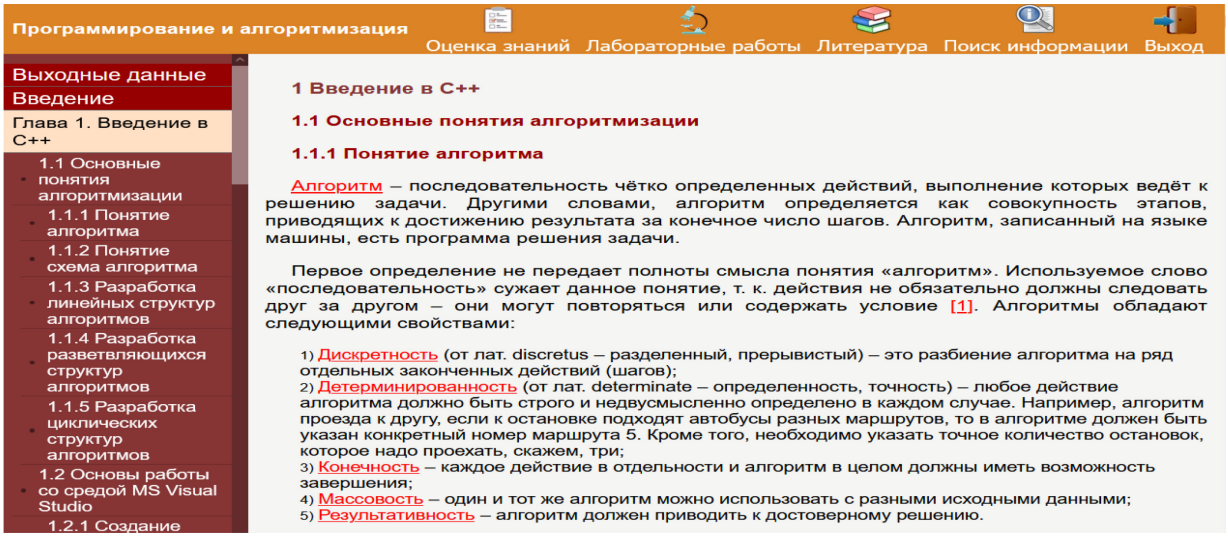


Рис. 3 – Интерфейс электронной обучающей системы
неопытного пользователя с плохим зрением и памятью

В результате каждый студент будет иметь дизайн приложения, разработанный с учетом его особенностей. Следовательно, не будет ни одного одинакового интерфейса, что делает систему универсальной для различных групп пользователей.

Список литературы

1. *Тагирова Л.Ф., Субботин А.В., Зубкова Т.М.* Программная инструментальная система создания адаптивных пользовательских интерфейсов // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2022, Т. 1, №. 4, С 751–759. DOI: 10.17586/2226-1494-2022-22-4-751-759.

2. *Зубкова Т.М., Тагирова Л.Ф., Тагиров В.К.* Автоматизация проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов с элементами искусственного интеллекта // Программные продукты и системы. 2020, №1(33). - С. 5-10.

3. *Исмагилова И.М. Валеев С.С.* Построение динамических адаптивных интерфейсов информационно-управляющих систем на основе методов искусственного интеллекта // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2018. Т. 22. № 2(80). – С. 122-130.

4. *Храмов В.В.* Разработка человеко-машинного интерфейса на основе гибридного интеллекта // Современные технологии и ИТ-образование. 2020. Т. 16, № 4. – С. 893-900.

5. *Степнова Е.И.* Адаптивный интерфейс бортовой информационно-управляющей системы летательного аппарата / Е. И. Степнова, С. К. Киселев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2020. – Т. 16. – № 2. – С. 105-111.

6. *Миронов М.Д., Кашевник А.М.* Адаптивный интерфейс на базе смартфона для системы управления шестиколёсным мобильным роботом // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2017. Т. 20. № 1. - С. 110-118.

7. *Фомина Т.А., Новикова Г.М.* Проектирование адаптивного интерфейса интеллектуальной системы для поддержки деятельности образовательного учреждения // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 6-1. – С. 125-133.

8. *Муратбеков М.М., Алтынбек С.А., Барлыбаев А.Б.* Математическая модель интеллектуальных обучающих систем с использованием байесовских сетей // Горный журнал. 2021. т. 1. - С. 39-44.

9. *Жернова К.Н.* Применение адаптивного сенсорного интерфейса в приложениях информационной безопасности / К. Н. Жернова, М. В. Коломеец, И. В. Котенко, А. А. Чечулин // Вопросы кибербезопасности. – 2020. – № 1(35). – С. 18-28.

10. *Скориков А.В., Ляпина О.Н., Жукова И.Г., Романенко Р.Р.* Применение подхода на основе паттернов при разработке адаптивного пользовательского интерфейса для людей с ограниченными возможностями // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. №1(196). - С. 97-102.

2.3.1.

[1]А.Ю. Ужаринский канд. техн. наук, [1]А.В. Коськин д-р техн. наук,
[2]А.В. Маматов д-р техн. наук, [1]С.В. Новиков канд. техн. наук

[1]ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»,
[2]ФГБОУ ВО «БелГУ»,
udjal89@mail.ru, koskin@ostu.ru, MamatovAV@bsu.edu.ru, serg111@list.ru

МОДЕЛИ АДАПТАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

Рассматриваются вопросы адаптации и управления образовательным процессом в адаптивных электронных обучающих системах. Выделены уровни, виды и формы адаптации, применяемой в адаптивных электронных обучающих системах. Описаны модели адаптации образовательного процесса, применимые на выделенных уровнях.

Ключевые слова: *автоматизированные электронные обучающие системы, управление процессом обучения, адаптация, математические модели, семантические сети.*

Системы автоматизированного электронного обучения в настоящее время играют весомую роль при организации образовательного процесса, что закономерно повышает требования к качеству работы таких систем. Одним из путей повышения качества является применение адаптивных электронных обучающих систем (АЭОС), базирующихся на принципах адаптации и различных видах обратных связей. При использовании подобных систем предполагается интеграция информационных и педагогических технологий, обеспечивающих интерактивность взаимодействия субъектов образования и продуктивность учебной деятельности обучающегося с применением новых информационных технологий, обеспечивающих адаптивность в рамках образовательного процесса [1].

Задача управления в автоматизированной обучающей системе

Задача обучения может быть сформулирована как задача управления. Под управлением здесь следует понимать целеустремленную деятельность субъектов всех уровней, направленную на организацию функционирования и развития системы образования с достижением неких образовательных целей [2]. В соответствии с данной постановкой задачи в качестве объекта управления будет выступать обучающийся, а в качестве устройства управления АЭОС. Полученная модель управления в автоматизированной обучающей системе представлена на рис. 1.

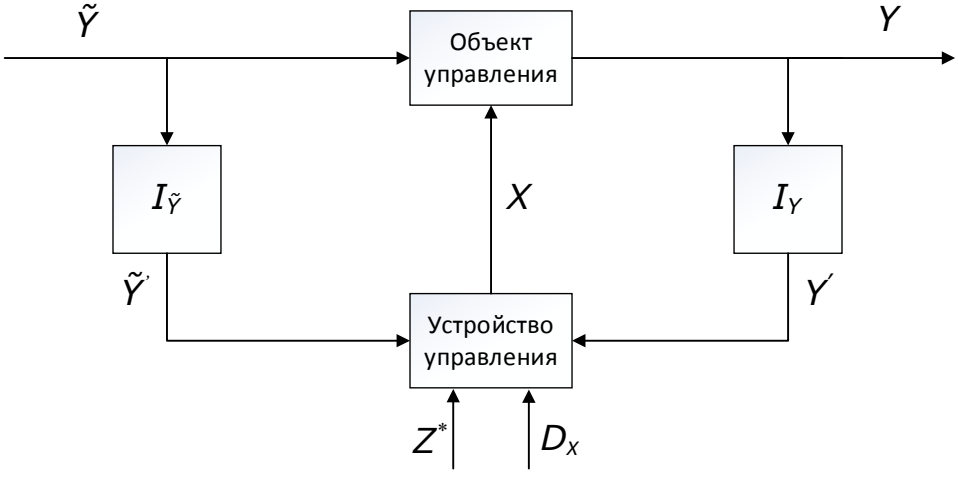


Рис. 1 – Модель управления в автоматизированной обучающей системе

На рисунке использованы следующие обозначения: $\tilde{Y}$ – состояние внешней среды; Y – состояние обучаемого; $I_{\tilde{Y}}$ и I_Y – измерители состояния внешней среды и обучающего

соответственно; $\tilde{Y}'$ и Y' – результаты измерения величин $\tilde{Y}$ и Y; X – обучающие и контролирующие воздействия; D_X – образовательные ресурсы (ограничения на управление); Z^* – цель управления, состоящая в переводе ученика в требуемое состояние.

Задачу управления в автоматизированной обучающей системе можно сформулировать в следующем виде. На вход системы управления подается информация о текущем состоянии обучающей среды $\tilde{Y}'$, ученика Y' и цели управления Z^*. На выходе система генерирует в соответствии с алгоритмом управления A допустимое управляющее воздействие X, переводящее обучающегося из текущего состояния в некоторое новое состояние Y.

$$X = A(\tilde{Y}', Y', Z^*) \in D_X$$

Зависимость состояния обучающегося от состояния среды и управляющего воздействия описывается моделью обучающегося M_L

$$Y = M_L(\tilde{Y}', X)$$

Тогда задача адаптации и управления в АЭОС будет определяться как задача выбора управляющего воздействия X^*, минимизирующего разницу между ожидаемым и достигнутым состоянием обучающегося.

$$\min_X \mu(Y - M_L(\tilde{Y}', X)) = \mu(Y - M_L(\tilde{Y}', X^*)), \ X \in D_X ,$$

где μ – некоторая мера близости.

Модели адаптации образовательного процесса в АЭОС

Под адаптацией здесь понимается процесс изменения параметров и структуры системы (возможно, и управляющих воздействий) на основе текущей информации с целью достижения определенного состояния системы при начальной неопределенности в изменяющихся условиях работы. Адаптация образовательного процесса в АЭОС предполагает решение следующих задач: 1) адаптация предоставляемых учащемуся образовательных материалов; 2) адаптация методов контроля и оценки уровня знаний и навыков обучающегося; 3) адаптация формы предоставляемой обучающей информации.

Адаптация предоставляемых учащемуся образовательных материалов предполагает выбор на основе текущих характеристик обучающегося нового учебного материала из множества альтернативных, с наибольшей скоростью приближающего обучающегося к некоторому целевому состоянию. Адаптация на высоком уровне предполагает выбор укрупненного раздела или обучающего курса из множества доступных, основываясь на ранее изученных курсах и целях обучения. Низкоуровневая адаптация предполагает подстройку содержательных блоков и форм представления информации учащемуся в рамках выбранного образовательного блока. Для реализации адаптации на данном уровне необходимо создание семантической сети знаний (рис. 2). [3]

Узлами или концептами c_i в такой сети будут отдельные образовательные материалы и наблюдаемые характеристики знаний. Дуги показывают связь между отдельными элементами знаний.

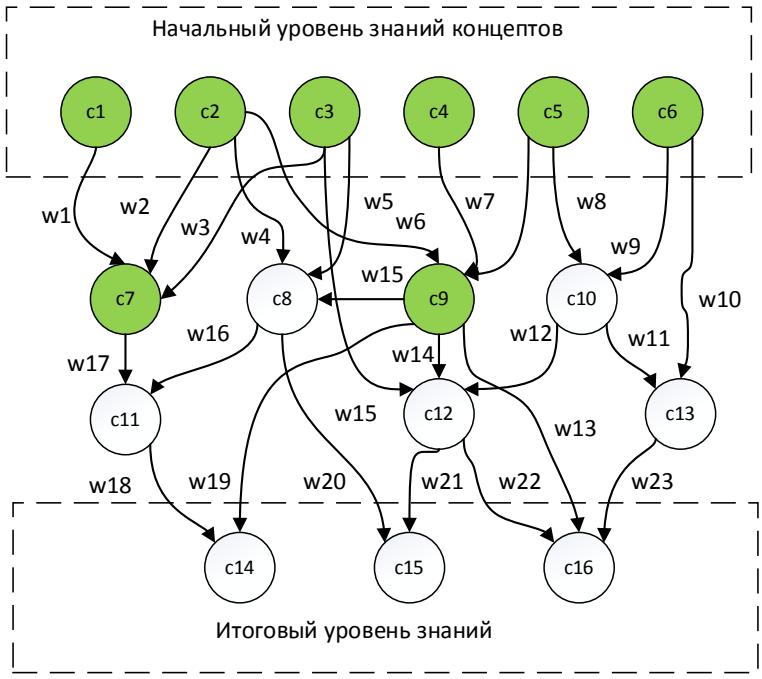


Рис. 2 – Фрагмент семантической сети знаний

Веса w_i показывают необходимый минимальный уровень знаний, которыми должен обладать учащийся на момент начала изучения очередного блока знаний. Например, для начала изучения блока знаний c_8 необходимо чтобы у обучающегося были сформированы навыки по концептам c_5 и c_6 на уровнях w_8 и w_9 соответственно. Функция преобразования определяет итоговый уровень знаний, который должен достичь учащийся после изучения очередного блока. В процессе адаптации на i-ом шаге выбирается тот материал из множества доступных для изучения на текущем уровне знаний, который позволит максимально приблизить обучающегося к цели обучения. Например, в ситуации на рис. 2 доступными для изучения являются материалы c_8 и c_{10}. Выбор будет осуществляться между ними. При этом концепт c_8 более предпочтителен, т.к. от него непосредственно зависит целевой концепт c_{15}. В конце обучения осуществляется контроль достигнутого уровня знаний и навыков. Полученные результаты сравниваются с рассчитанными значениями в модели, производится корректировка коэффициентов целевой функции и подстройка их под конкретного обучающегося. Таким образом, модель системы обучения корректирует свои параметры, адаптируясь под особенности конкретного обучающегося параллельно с процессом обучения.

Адаптация методов контроля и оценки уровня знаний и навыков обучающегося предполагает подбор для обучающегося форм предоставления и уровней сложности контрольных заданий в зависимости от текущего уровня навыков. При выборе методов контроля в АЭОС необходимо учитывать, что они должны обеспечивать проверку как теоретических знаний обучающегося, так и практических навыков. Для проверки теоретических навыков обучающегося можно использовать методы тестирования. При этом процесс адаптации будет заключаться в выборе тестовых заданий различного уровня сложности и различного типа. Задача адаптации может быть сформулирована так: на i-ом шаге тестирования необходимо выбрать подмножество x_i тестовых вопросов из множества вопросов X, относящихся к проверяемому разделу, на основе информации о результатах прохождения тестирования на шаге x_{i-1} (рис. 3).

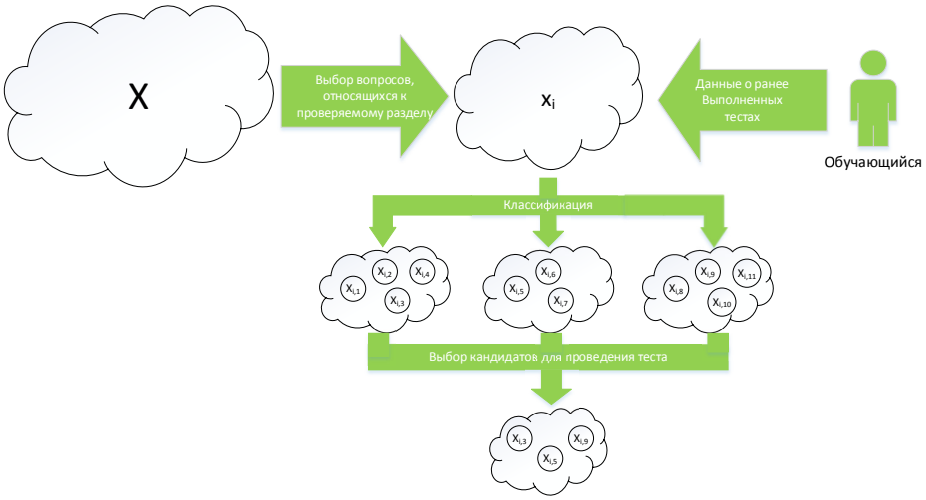


Рис. 3 – Модель адаптации тестовых заданий для обучающегося

При реализации такой модели возможно применение нескольких подходов. Первый подход – применение методов машинного обучения. На основе ответов обучающегося происходит классификация заданий на схожие классы, после этого выполняется классификация оставшихся не выполненных учащимся заданий на выявленные классы. Далее из выбранных классов отбираются задания с наименьшей степенью уверенности в принадлежности этих заданий выделенным классам и предлагаются обучающемуся для выполнения. После выполнения заданий полученная классификация уточняется и происходит переразбивка заданий на классы.

Второй подход предполагает использование методов итеративной интерполяции функции сложности заданий для конкретного обучающегося, он предложен в работе А.П. Карпенко [3]. Идея данного метода заключается в том что на основе ответов обучающихся происходит оценка сложности каждого задания для обучающегося. Затем происходит интерполяция полученной функции сложности на все множество заданий. Учащемуся предлагаются для выполнения задания, в которых интерполяционная функция наиболее «нерегулярна».

Тестовых заданий недостаточно для комплексной оценки сформированных навыков у обучающегося. Необходимо организовать выполнение практических заданий для оценки практических навыков. Однако применительно к АЭОС использование таких задач представляет определенную сложность в связи с трудностью оценивания (например, необходимо оценивать не только конечный результат решения, но и сам ход решения задачи). Для автоматизации и адаптации выполнения практических заданий в АЭОС можно использовать подход, описанный в статье [4]. Решение практической задачи описывается как серия шагов (рис. 4).

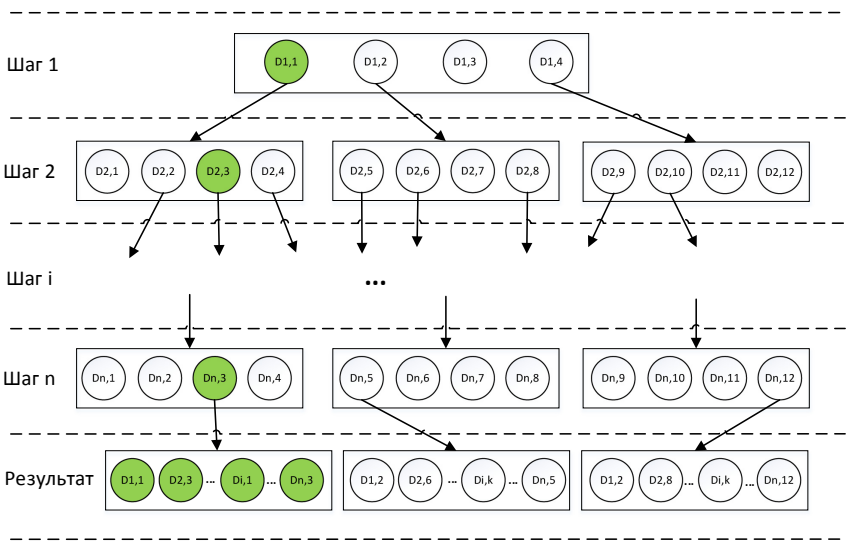


Рис. 4 – Модель решения практической задачи в АЭОС

На каждом этапе обучающемуся предлагается выбрать одно из доступных элементарных действий $D = \{D_{1,1}, D_{1,2}, \ldots, D_{n,m}\}$. Выбранное обучающимся действие переводит процесс решения задачи на следующую стадию. Если действие не верное, то происходит откат к предыдущему шагу. После полного выполнения задачи считается количество верных и неверных действий. Это количество умножается на экспертную оценку качества полученного варианта решения для нахождения итоговой оценки результата выполнения задания. Таким образом, процесс решения задания можно сопоставить с процессом прохождения тестирования. При такой постановке задачи для адаптации практических заданий можно использовать те же методы, которые применяются для адаптации тестовых заданий.

Третий подход предполагает адаптацию формы представления обучающей информации. В рамках данного подхода необходимо на каждом шаге процесса обучения автоматически определять соответствующие профилю обучающегося объем, сложность и способ визуального представления учебных материалов. Для оценки этих параметров можно использовать результаты контроля уровня знаний, полученные после прохождения очередного этапа обучения. На начальном этапе учащемуся предоставляются различные виды обучающих материалов одного уровня сложности и оценивается демонстрируемый уровень знаний, полученный после их изучения. Таким образом, выбирается наиболее результативная форма представления материалов. Далее подобным образом изменяется и оценивается уровень сложности и объем предоставляемого материала. В итоге подбирается оптимальная комбинация параметров, повышающая результативность обучения.

Можно использовать оценку качества представленных материалов самим учащимся после освоения, реализуемую в форме опроса по завершении изучения. На основе ответов обучающегося формируется рейтинг образовательных материалов в зависимости от их типа. Этот рейтинг распространяется на последующие предоставляемые материалы.

Кроме представленных подходов к адаптации выделяют следующие формы реализации адаптации [5]:

1) Параметрическая адаптация – адаптация, осуществляемая путем подстройки параметров модели обучаемого под его текущее состояние.

2) Структурная адаптация – реализуется путем перехода обучающей системы от одной структуры к другой. Структура отличается набором параметров, используемых при обучении. Такой вариант адаптации возможен при использовании разветвленной структуры курсов, при этом на каждом этапе принимается решение, по какой ветви в структуре курса пойдет обучение. Структура курсов – статическая.

3) Адаптация по функциональной структуре – реализуется путем изменения функций управления программой обучения. При данном варианте адаптации меняется не только структура образовательного курса, но и методы взаимодействия обучающегося с системой. В данном случае не существует заранее определенных структур курсов. Образовательная траектория формируется индивидуально на основе оценки параметров модели обучения. Это один из наиболее сложных видов адаптации.

4) Адаптация объекта управления – реализуется путем расширения модели за счет добавления в модель новых параметров или структур из внешней среды.

5) Адаптация целей – реализуется за счет выбора нового множества целей из множества возможных целей, определенных априори в системе.

Выводы

Адаптация образовательного процесса в АЭОС представляет собой сложную комплексную задачу. Она требует реализации мероприятий на разных уровнях системы и должна применяться к различным объектам. Представленные в статье модели адаптации, при их комплексном совместном применении позволят создать максимально комфортную для обучающегося среду, которая позволит ему с максимальной эффективностью достигать поставленных целей. При этом важен постоянный контроль качества адаптации и корректировка параметров системы в течение всего времени взаимодействия обучающегося с АЭОС.

Список литературы

1. *Царев Р.Ю.* Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды [Электронный ресурс] / Р. Ю. Царев, С. В. Тынченко, С. Н. Гриценко // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=25227.

2. *Коськин А.В.* Адаптивное управление образовательным процессом в системах электронного дистанционного обучения / А. В. Коськин, С. В. Новиков, А. Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии. – 2021. – № 5(127). – С. 65-71.

3. *Карпенко А.П.* Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор [Электронный ресурс] / А. П. Карпенко, А. А. Добряков // Наука и образование. – 2011. – URL: http://engineering-science.ru/doc/193116.html.

4. *Коськин А.В.* Модель оценки навыков учащегося и формирования индивидуальной образовательной траектории в системе электронного дистанционного обучения / А. В. Коськин, П. В. Лукьянов, А. Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии. – 2022. – № 3(131). – С. 67-74.

5. *Онокой Л.С.* Адаптивные обучающие системы: современные решения [Электронный ресурс] / Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы XII всероссийской конференции. – Казань, 2014. – URL: https://it-education.ru/2014/section/139/11341/index.html.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ — 2.3.3.

2.3.3.

Н.В. Абдулкина, И.П. Ситдикова канд. техн. наук

Альметьевский государственный нефтяной институт,
кафедра автоматизации и информационных технологий,
Альметьевск, abdulkinanv@mail.ru

АНАЛИЗ БАЛАНСОВОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

В работе исследуется влияние температуры, плотности и вязкости на точность балансовой модели. Исследование заключается в оценке уровня значимости при определении перепада давления различными способами. Результаты экспериментальных исследований подтверждают точность балансовой модели системы поддержания пластового давления на основе уравнений Навье-Стокса по сравнению с существующей моделью системы.

Ключевые слова: *модель, система, t-критерий Стьюдента.*

В работах [1, 2] представлены математические модели системы поддержания пластового давления (далее ППД), в которых основным способом определения баланса является измерение расхода на приеме и выходе с установки. В работах [3, 4] представлены математические модели, основным способом определения баланса в которых является перепад давления. Согласно работе [5] недостатком данных моделей являются ограничения по точности.

Для отражения процесса и предмета моделирования необходимо составить балансовую модель с заданной точностью.

Предполагается, что балансовая модель системы ППД может быть составлена с помощью уравнения Навье-Стокса [6].

Для того чтобы выяснить на сколько модель чувствительна к изменению температуры, плотности и вязкости жидкости была собрана лабораторная установка (рис. 1) и проведен ряд экспериментов.

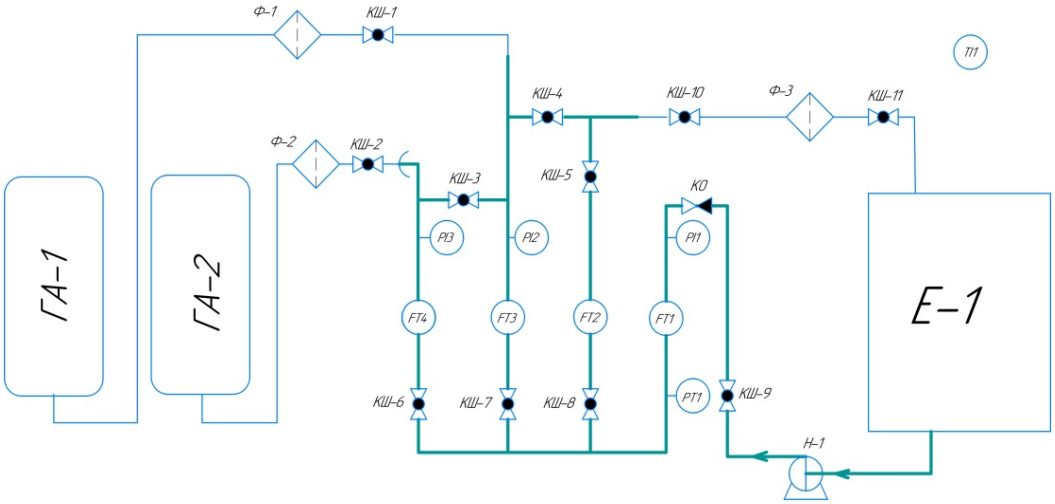


Рис. 1 – Функциональная схема лабораторного стенда:
ГА – Гидроаккумулятор; РІ – Манометр показывающий; FT – Расходомер;
КШ – Кран шаровой; Н – Насос центробежный; РТ – Датчик давления;
Ф – Фильтр; Е – емкость; КО – Клапан обратный

Показания температуры снимались с термометра ТП1, установленного в лаборатории. Показания плотности были получены путем химического анализа пробы воды, взятой с емкости Е-1 (Таблица 1). Для того, чтобы исключить влияние систематических ошибок,

вызванных внешними факторами эксперименты, проводились в различное время суток в течение недели. [7]

Таблица 1 – Химический состав воды лабораторного стенда

Показатель	%	Мг/л	Мг-экв/100	Мл-экв/л	%-экв
Cl	8,07222	88633	227,661	2499,716	49,94
SO4	0,00001	0,1	0	0,002	0
HCO3	0,01776	195	0,291	3,196	0,06
Ca*	1,09508	12024	54,645	599,998	11,99
Mg*	0,22149	2432	18,215	200	4
Na+k	3,72222	40870	155,093	1702,916	34,02
Сумма	13,12879	144154,1	455,904	5005,828	100
Тип воды:		Ионная сила раствора		Коэф.активн. CaSO4	Уд.вес воды
Хлоридно-кальциевый		2,903		0,094	1,098

Суть экспериментов заключалась в определении перепада давления тремя независимыми способами.

В первом случае перепад давления ΔP_1 определялся исходя из показаний манометров P_1 и P_2.

$$\Delta P_1 = P_1 - P_2$$

Во втором случае перепад давления ΔP_2 определялся исходя из расхода Q на основе существующей балансовой модели в системе ППД [6].

$$Q = S \cdot \vartheta = S \cdot \sqrt{2\rho \Delta P_2}$$

где S – площадь внутреннего сечения трубопровода;

$$\Delta P_2 = \frac{Q^2}{2\rho S^2}$$

В третьем случае перепад давления ΔP_3 в контуре определялся исходя из показаний расхода Q, но с учетом температуры T, плотности ρ и вязкости жидкости μ на основе модели Навье-Стокса [6].

$$\Delta P_3 = \frac{Q^2}{2\rho S^2} \cdot K_{RE} = \frac{Q^2}{2\rho S^2} \cdot \left(1 + \frac{1{,}426}{1 + \frac{Re^{0,75}}{64{,}28}}\right)$$

где: K_{RE} – поправочный коэффициент на число Рейнольдса.

Результаты полученных экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Полученные результаты

№ опыта	Измеряемые параметры						Результаты опытов		
	P_1 атм	P_2 атм	Q, $м^3/ч$	T, ^0C	$\mu \cdot 10^{-6}$ Па·С	ρ $кг/м^3$	ΔP_1 атм	ΔP_2 атм	ΔP_3 атм
1	2,152	2,150	1,655	21,000	1021	1119,266	0,002	0,018	0,004
2	2,217	2,209	1,538	20,000	1004	1119,266	0,008	0,010	0,009
3	2,265	2,259	1,593	21,000	1021	1119,266	0,006	0,009	0,008
4	2,153	2,145	1,506	21,000	1021	1119,266	0,008	0,010	0,009
5	2,210	2,203	1,527	20,000	1004	1119,266	0,007	0,017	0,009
6	2,227	2,221	1,629	21,000	1021	1119,266	0,006	0,008	0,008
7	2,218	2,209	1,561	20,000	1004	1119,266	0,009	0,019	0,014
8	2,166	2,159	1,580	21,000	1021	1119,266	0,007	0,017	0,009
9	2,283	2,278	1,519	21,000	1021	1119,266	0,005	0,007	0,010
10	2,272	2,266	1,506	21,000	1021	1119,266	0,006	0,007	0,006
11	2,229	2,225	1,627	20,000	1004	1119,266	0,004	0,005	0,007
12	2,260	2,256	1,543	21,000	1021	1119,266	0,004	0,012	0,004
13	2,200	2,195	1,598	21,000	1021	1119,266	0,004	0,012	0,008
14	2,226	2,223	1,622	21,000	1021	1119,266	0,003	0,008	0,005
15	2,272	2,268	1,466	20,000	1004	1119,266	0,004	0,007	0,007

Для оценки количественных данных, подчиняющихся нормальному закону распределения, использовался t-критерий Стьюдента.

Полученные результаты сравнивались следующим образом:

1. Определялась сумма давлений по каждому эксперименту.

$$Y_k = \sum_{i=1}^{n} \Delta P_i$$

2. Вычислялись среднеарифметическое, а, так же стандартное отклонение соответственно.

$$\overline{Y}_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta P_i}{n}$$

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y_k})^2}{n-k}}$$

где: n – число опытов

k – число экспериментов.

3. Определялся t-критерий Стьюдента для первой-второй, первой-третьей и второй-третьей выборки.

$$t_i = \frac{\left|\overline{Y_i} - \overline{Y_k}\right|}{\sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n} + \frac{\sigma_k^2}{n}}}$$

По таблице критических значений, при степени свободы τ=28, определялся уровень значимости p каждой выборки.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Анализ полученных результатов

Параметр	Номер эксперимента		
	1	2	3
Y_k	0,083	0,146	0,117
$\overline{Y}_k$	0,006	0,010	0,008
σ_k	0,002	0,005	0,003
t_i	$t_{1-2} = 2{,}893$	$t_{1-3} = 2{,}499$	$t_{2-3} = 1{,}278$
Уровень значимости	0,001<p<0,01	0,01<p<0,05	p>0,05

Исходя из того, что первый эксперимент основывается на прямом методе измерения давления, а последующие на косвенных методах, его можно принять за эталон и использовать для сравнения моделей.

По уровню значимости, а, так же стандартному отклонению видно, что результаты опытов, полученные в третьем эксперименте, наиболее близко совпадают с результатами первого эксперимента. Это говорит о том, что балансовая модель на основе уравнений Навье-Стокса является более точной, чем существующая модель системы ППД [6].

Следует так же сказать, что разница между вторым и третьим экспериментом согласно уровню значимости больше 0,05. Данный показатель согласно критерию Стьюдента является оптимальным для технических систем и говорит о том, что выбранные модели взаимозаменяемы.

Список литературы

1. *Archer J.S., Wall C.G.* Secondary Recovery and Pressure Maintenance. Petroleum engineering: principles and practice

2. *Булгаков А.П., Тулендинов Р.А., Свильпов Д.Ю., ЧагинаО.В., Мосин С.Т.* Внедрение реверсивных расходомеров для учета пластовой воды в системе ППД. Результаты опытных работ применения узлового баланса для повышения точности учета закачки воды в пласт и определения энергетических потерь. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности 8/2014.

3. *Franklyn Frank* Water-Injection Pressure Maintenance in Oil Reservoirs. Petroleum Engineering: Handbook.

4. *Al-Ani D., Habibi S.* Optimal operation of water pumping stations WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 178 2014.

5. *Napolitano J., Sechi G.M., Zuddas P.* Scenario Analysis for Optimization of Pumping Schedules in Complex Water Supply Systems Considering a Cost-Risk Balancing Problem. 16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014.

6. *Ситдикова И.П., Абдулкина Н.В.* Моделирование системы поддержания пластового давления на основе уравнений Навье-Стокса. Научно-технический вестник Поволжья. Казань. 2019. №11. С. 162-166.

7. Краткий информационный отчет о научно-исследовательской работе по договору на оказание услуг №289/0002/2115/47 от 01.05.2017г. по теме: «Анализ применения реверсивных расходомеров в системе ППД (метод анализа балансовых групп)».

2.3.3.

А.А. Баевский, А.Р. Кварталов канд. техн. наук

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, baevsky1990@gmail.com

ОЦЕНКА ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СПЕКТРА ЭДС ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Рассматривается возможность оценки износа режущего инструмента путем количественного описания степени изменения формы спектра переменной составляющей ЭДС резания. Приводится математический аппарат разработки функционала и рекомендации по выбору, отвечающего наибольшей устойчивости и помехозащищенности.

Ключевые слова: *Износ инструмента, форма спектра, ЭДС резания, многомерный вектор.*

Экспериментальные данные показали, что с износом инструмента мощность спектра сигнала ЭДС резания возрастает [1,2,4]. Но в отдельных частотных диапазонах она изменяется неравномерно. Интенсивность некоторых частотных полос нижней части спектра, монотонно возрастая по мере изнашивания инструмента, резко растет в конце периода стойкости. А в верхней части спектра интенсивность сигнала сначала возрастает, затем стабилизируется, а при достижении износом критической величины даже уменьшается [3,4]. Можно сделать вывод, что износ инструмента является фактором, вызывающим перераспределение энергии между высокочастотной и низкочастотной областями спектра сигнала ЭДС резания, и использовать их для построения показателя износа инструмента.

Задача разработки показателя состоит в количественном описании степени изменения формы спектра ЭДС резания при износе инструмента. Для характеристики распознаваемого объекта (спектра ЭДС резания, соответствующего работоспособному или изношенному инструменту) используется образ, описываемый на языке выбранных признаков (интенсивности частотных полос, получаемых при анализе спектра переменной составляющей ЭДС резания).

Текущее состояние инструмента описывается многомерным вектором, проекции которого на координатные оси - значения интенсивностей набора заданных частотных полос спектра ЭДС резания (рис.1). Положение вектора R в многомерном пространстве (на рис.1 условно показано двумерное пространство) определяется углами ω_1, … ω_n наклона этого вектора к координатным осям:

$$\omega_1 = \arccos X_1/R;\ \ \omega_2 = \arccos X_2/R;\ \ \omega_n = \arccos X_n/R,$$

где $X_1 \ldots X_n$ - значения интенсивностей спектра сигнала ЭДС резания на заданных частотах; $R = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2}$ – модуль многомерного вектора, при условии, что отдельные признаки независимы и ортогональны в пространстве признаков; n – количество частот.

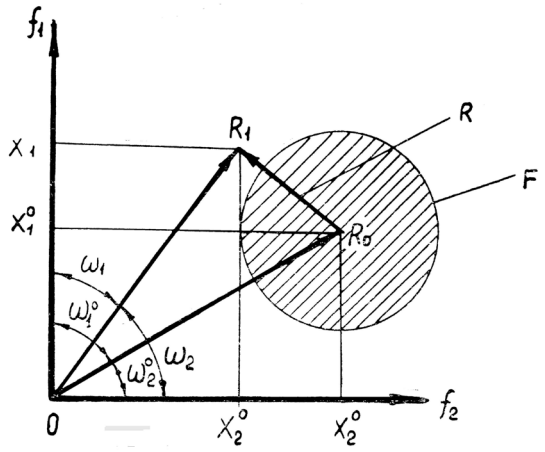


Рис. 1 – Многомерный вектор состояния инструмента.
R_0 — положение вектора в начальный период резания, R_1— положение вектора на затупленном инструменте, **R**—результирующий вектор, F— область, соответствующая работоспособному инструменту

При износе меняются процессы контактного взаимодействия инструмента и заготовки. Это меняет отражающую эти взаимодействия форму спектра ЭДС резания, то есть признаки (интенсивности частотных полос), что вызывает перемещение вектора R в многомерном пространстве. Изменяются и углы между результирующим вектором и его составляющими. Инструмент будет затупленным, если изменение модуля или положение вектора превысит заданную величину (область F на рис.1), определяемую технологическим критерием износа. Основа алгоритма диагностики - метод эталонов, сравнивающий эталонный и исследуемый образ по выбранному критерию. В качестве эталона нужно использовать образ в начальный период резания острым инструментом, состояние которого характеризуется вектором R_0, и запоминается на весь период стойкости инструмента. С этим эталоном нужно сравнивать все исследуемые образы при периодическом измерении информативных признаков, т. е. в каждый момент времени резания определяется вектор R_1, (рис.1), характеризующий изменения, происшедшие в конкретном инструменте относительно первоначального состояния R_0.

В общем случае в качестве меры близости для оценки текущего состояния инструмента может быть использован функционал изменения формы R_r, являющийся евклидовой метрикой и выражающий среднеквадратическую величину отклонения текущего вектора от эталонного:

$$R_r(p) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (p_i - p_i^0)^2} \,, \tag{1}$$

где $R_r(p)$ – расстояние между эталонным и исследуемым образами; p_i^0 –эталонный образ, описываемый признаками $p_i^0 \ldots p_n^0$; p_i – исследуемый образ, описываемый признаками $p_i \ldots p_n$., n - количество признаков, используемых для получения оценки.

Оценка представляет собой образ, который может быть описан информативными признаками p_i (параметрами спектра ЭДС). Критерием принадлежности исследуемой точки признакового пространства эталонному образу является условие:

$$R_r(p) \le r_0 \,, \tag{2}$$

где r_0 - радиус эталона.

Здесь это значит, что если изменения в спектре ЭДС резания, вызванные износом инструмента, таковы, что значение функционала (1) превышает радиус эталона r_0, то износ инструмента больше допустимого значения, и затупленный инструмент нужно заменить.

При решении прикладных вопросов распознавания образов особо важными являются задачи оценки информативности и составления рабочего словаря признаков для описания образов. Использование в качестве информативных признаков только описанных выше

признаков 1-го уровня ограничивает область применения указанного алгоритма распознавания. Ограничения связаны с влиянием на параметры ЭДС резания режима обработки, а также зависимостью измеренных сигналов от параметров электрической цепи, в первую очередь от сопротивления токосъемника.

Зависимость информативных признаков от этих факторов означает, что для конкретных условий резания значение r_0 будет разным. Кроме того, возможная нестабильность таких факторов, как сопротивление токосъемника, отразится в колебаниях общего уровня ЭДС резания. Это вызовет пропорциональное изменение признаков, не связанное с износом инструмента, но изменяющее значение функционала (1). Для исключения этого, а также для исключения операции тарировки проводится преобразование, в результате которого получаются признаки 2-го уровня.

Абсолютная величина результирующего вектора W для формирования признаков 2-го уровня определяется как:

$$W = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + \ldots + w_k^2},$$

где - $w_k = \frac{r_k}{M}$; r_k- значения интенсивности набора частотных полос спектра ЭДС резания; $M = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + \ldots + r_k^2}$ - нормирующий множитель.

Положение вектора W в многомерном пространстве определяется углами наклона этого вектора к координатным осям:

$$\alpha_k = \arccos {}^{w_k}\!/_{W}$$

Проекции вектора $\vec{W}$ на оси координат - нормированные значения w_k, интенсивностей набора частотных полос спектра в текущий момент времени. Для определения меры изменчивости положения вектора W вычисляется вектор функционала $\vec{G}_i$;

$$\vec{G}_i = \vec{W}_{i-1} - \vec{W}_i.$$

Поскольку значения r_k, полученного прямым измерением на основе аппаратного гармонического анализа ЭДС резания - проекции некоторого результирующего вектора W, то пропорциональное возрастание интенсивностей частотных полос не изменяет положение результирующего вектора в пространстве признаков, поэтому колебания общего уровня ЭДС на величины признаков α_k влияния не оказывают. При изменении формы спектра, что и наблюдается при износе инструмента, положение вектора в пространстве меняется. Тогда меняются и углы между результирующим вектором и его составляющими. Значит, величины α_k и являются признаками, входящими в рабочий словарь системы распознавания и являющимися признаками 2-го уровня. Признаки p_i, первого уровня (или первичные) используются для определения признаков второго уровня α_k и W.

В проведенных исследованиях было рассмотрено несколько вариантов оценок состояния износа резцов для выбора вида функционала, отвечающего наибольшей устойчивости и помехозащищенности. Результаты исследований показывают, что ЭДС резания существенно меняется при одном обороте заготовки. При оценке состояния инструмента в произвольном месте в силу зависимости ЭДС от локальных свойств заготовки есть опасность принять вариацию свойств за износ. Для надежности алгоритма контроля в условиях реального разброса свойств нужно учитывать это влияние и определять $\vec{G}_{i\,r}$ как усредненное значение признаков r_k на пути резания заданной длины.

Список литературы

1. *Палей С.М., Васильев С.В.* Контроль состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ. - М.: НИИмаш, 1983. – 52с.

2. *Кретинин О.В., Кварталов А.Р.* Исследование неоднородности свойств обрабатываемого материала /Теория трения, смазки и обрабатываемости металлов / Чуваш, ун-т. Чебоксары, 1983. С. 56-59.

3. *Кретинин О.В., Кварталов А.Р.* Количественные показатели для оценки технологической среды при резании / Трение и смазка в машинах: Тез. докл. Всесоюз. конф. Челябинск, 1983. С. 237-238.

4. *Кретинин О.В., Елепин А.П., Кварталов А.Р.* Выбор параметров для оценки износа инструмента в процессе обработки / Станки и инструмент: - 1981.- №2,- С. 25-26.

2.3.3.

[1]А.Р. Фардеев канд. техн. наук, [1]Ф.Д. Байрамов д-р техн. наук,
[1]Б.Ф. Байрамов канд. физ.-мат. наук, [1]И.П. Талипова канд. техн. наук,
[2]Е.П. Барыльникова канд. техн. наук,

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
[1]кафедра механики и конструирования,
[2]кафедра эксплуатации автомобильного транспорта,
Набережные Челны, albert.fardeev@mail.ru, bbairamov@gmail.com,
bbairamov@gmail.com okm206@mail.ru, 692401@mail.ru

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ

В данной статье разработана автоматизированная система циркуляции смазочно-охлаждающих технологических средств машиностроительного предприятия. Особенностью данной системы является использование ветровой энергии. Рассмотрена возможность работы добавленных средств автоматики при степени очистки жидкости, принятой в основной системе. Исследовано влияние изменения уровня жидкости в чистовом баке на работоспособность насосов и ветронасосных установок. Установлено количество, размеры и мощность ветродвигателей. Вычислена доля электроэнергии, сэкономленной за счет использования энергии ветра.

Ключевые слова: *автоматизированная система, циркуляция, смазочно-охлаждающие технологические средства, машиностроительное предприятие, ветровая энергия.*

Автоматические системы подачи жидкости с комбинированным энергопитанием были разработаны ранее [1].

Это было сделано для того, чтобы с их помощью создать автоматизированную систему циркуляции смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) машиностроительного предприятия с комбинированным энергопитанием.

К существующей системе циркуляции СОТС были добавлены автоматическая система подачи жидкости с механической передачей для обеспечения подачи чистой жидкости из чистового бака к металлообрабатывающим станкам и автоматическая система подачи жидкости с гидроприводом для подачи загрязненной жидкости от грязевого бака к полосовому фильтру.

Схема полученной указанным способом автоматизированной системы циркуляции СОТС с комбинированным энергопитанием изображена на рис.

Для упрощения схемы на ней не изображены вспомогательные устройства (устройство для удаления масла, устройство для аэрации жидкости, устройство для удаления конденсата), резервный насос и вентили, так как перечисленные элементы системы не имеют непосредственного отношения к процессу циркуляции СОТС.

Автоматизированная система циркуляции СОТС состоит из системного насоса 1, фильтрационного насоса 2, ветронасосной установки 3 с механической передачей, чистового бака 4, грязевого бака 5, полосового фильтра 6, переливного клапана 7, выключателей 8 и 10, гидрораспределителя 9, рычага блока управления 11, переключателя 12, гидроаккумулятора 13, толкателя переменной длины 14, ветронасосной установки 15 с гидравлическим приводом и обратных клапанов *а, б, в, г, д.*

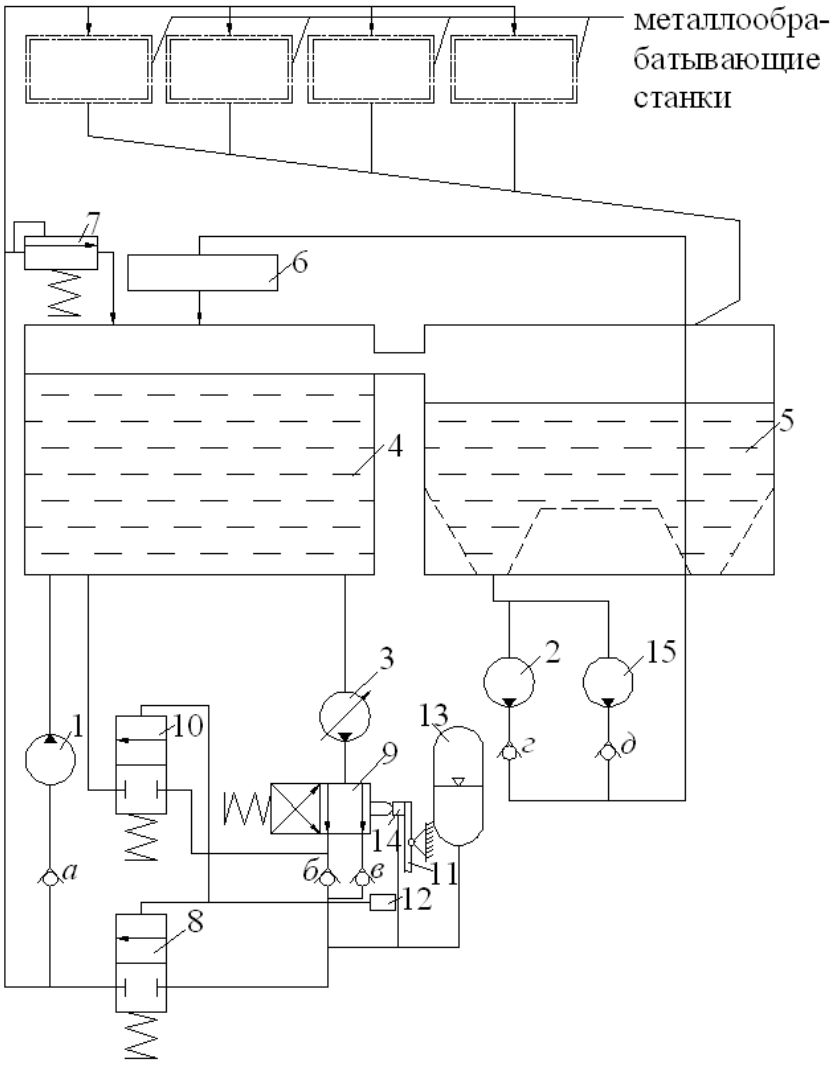


Рис. 1 – Схема автоматизированной системы циркуляции СОТС
с комбинированным энергопитанием:
1 – системный насос; 2 – фильтрационный насос; 3 – ветронасосная установка с механической передачей; 4 – чистовой бак; 5 – грязевой бак; 6 – полосовой фильтр; 7 – переливной клапан; 8, 10 – выключатели; 9 – гидрораспределитель; 11 – рычаг блока управления; 12 – переключатель; 13 – гидроаккумулятор; 14 – толкатель переменной длины; 15 – ветронасосная установка с гидравлическим приводом; а, б, в, г, д – обратные клапаны

Ветронасосная установка с гидроприводом отличается от ветронасосной установки с механической передачей лишь наличием гидропривода вместо вертикального вала.

Работа системы по обеспечению подачи жидкости из чистового бака 4 (см. рис) в грязевой бак 5 через металлообрабатывающие станки с применением ветронасосной установки с механической передачей была рассмотрена ранее [1]. Работа системы по обеспечению подачи жидкости из грязевого бака 5 в чистовой бак 4 через полосовой фильтр 6 с применением ветронасосной установки с гидроприводом также рассмотрена ранее [2].

Подключение ветронасосных установок 3 и 15 вместо системного насоса 1 и фильтрационного насоса 2 соответственно происходит автоматически при увеличении скорости ветра выше определенного уровня, достаточного для работы системы. Это переключение происходит при помощи следующих средств автоматики: выключателей 8 и 10 гидрораспределителя 9, блока управления с рычагом 11, переключателя 12, толкателя переменной длины 14, обратных клапанов *а, б, в, г, д.*

Данная автоматизированная система циркуляции СОТС разработана на базе системы, которая применяется на машиностроительных предприятиях для обеспечения циркуляции

СОТС. Эта система обеспечивает смазочно-охлаждающими технологическими средствами сразу несколько десятков металлообрабатывающих станков. Полосовой фильтр, применяемый в ней, обеспечивает тонкость фильтрации жидкости от 12-и до 40-а мкм. Этого достаточно для работы насоса 3, гидрораспределителя 9, выключателей 8 и 10, переключателя 12, толкателя переменной длины 14, обратных клапанов *а, б, в, г, д* в режиме ограниченного срока службы [3]. Если есть необходимость увеличить срок службы перечисленных элементов, то можно использовать для подачи жидкости из чистового бака в грязевой бак ветронасосную установку с гидроприводом. При работе рассмотренной автоматизированной системы циркуляции СОТС некоторое количество жидкости поступает в гидроаккумулятор 13, а затем вытекает из него. При этом происходит изменение уровня в грязевом баке 5. Это допустимо, так как по технической документации системы разница между максимальным и минимальным уровнями жидкости в грязевом баке составляет 1м. Объём бака 4 составляет 19 $м^3$. Объём бака 5 составляет 20 $м^3$.

Мощность электромотора насоса 1, изображённого на рис. составляет 22 квт, а мощность электромотора насоса 2 – 24,2 квт. Для замены этих насосов ветронасосными установками необходимо соответствие мощности электромоторов мощности ветродвигателей. Мощность одного модуля ветродвигателя, размеры лопасти которого составляют 3м в высоту и 2м в ширину, равна 2,5 квт при скорости ветра 10 м/с. Мощность одного ветродвигателя с двумя модулями, расположенными друг над другом составит 5 квт. Следовательно, для замены насоса 1 (см. рис) необходимо 5 ветродвигателей с двумя модулями в каждом. Для замены насоса 2 понадобится также 5 ветродвигателей. Высота ветродвигателей в обоих случаях составит 6 м.

Если использовать ветродвигатель с автоматически регулируемыми лопастями, то коэффициент использования энергии ветра увеличится в 2,5 раза и можно использовать для замены насоса 1 или 2 по два ветродвигателя.

Для каждого региона существуют данные о скорости ветра через каждые 3 часа, а также данные о среднесуточной скорости ветра. Они опубликованы на основании отчётов метеостанций. Анализ этих данных показывает, что в дневное время скорость ветра в более чем два раза выше среднесуточного значения. В оставшееся время суток на основной части России скорость ветра настолько мала, что её невозможно использовать. Время, когда скорость ветра высока, составляет от 30 до 40% от полных суток в зависимости от времени года и региона. Следовательно, можно расчитывать, что 30-40% времени автоматизированная система циркуляции и регенерации СОТС с применением ветронасосных установок будет работать за счёт энергии ветра и экономия электроэнергии составит 30-40%.

Список литературы

1. *Фардеев А.Р.* Автоматизация подключения ветронасосных установок к системе циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости / А.Р. Фардеев // Научно-технический вестник Поволжья – 2019. – №12. – С. 139-141.

2. *Фардеев А.Р.* Технологические процессы с комбинированным энергопитанием: механика, управление, автоматизация. Монография / Фардеев А.Р., Байрамов Ф. Д., Байрамов Б. Ф., Галимов Н.С // Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. – 342 с.

3. *Башта Т.М.* Гидравлика, гидромашины и гидропривод / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов // М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.

2.3.5.

И.Н. Богатырь

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, jakovlev_d_al@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В публикации представлены различные дополнительные ресурсы, с помощью которых можно упростить или ускорить создание нейронной сети. Описаны механизмы работы пакетов, способы взаимодействия как с пользователем, так и с кодом, а также выделены конкретные области, в которых данные библиотеки пригодятся больше всего.

Ключевые слова: *нейронные сети, машинное обучение, библиотеки для нейронных сетей.*

Введение

Во время создания нейросетей, кроме стандартных подходов, можно использовать дополнительные библиотеки, могущие помочь как с самим

Нейросеть – это множество нейронов, которое может обучаться, всегда действует последовательно и запоминает данные. Каждый нейрон может получать информацию, обрабатывать запрос, а потом выдавать результат. Примерно так и работают нейронные связи в мозге человека, из-за чего их и называют искусственным интеллектом.

TensorFlow

TensorFlow — это комплексная платформа для машинного обучения, упрощающая создание и развертывание моделей машинного обучения, поддерживающая такие языки как Python, C++, java, c#, R и другие.

Работа в TensorFlow состоит в создании структуры, которая дает порядок вычислений, это не обычный императивный подход, здесь он используется лишь для описания дополнительных функций. Этой структурой является граф вычислений, который состоит из переменных и операций, а также placeholder, это всплывающие подсказки для пользователя. В нем и будут вычисляется тензоры — это многомерные массивы.

Данные структуры обрабатываются в сессиях, это как функция, которая выполняет операции в графах, но скрывает необходимые или дополнительные ресурсы. Есть два вида, обычная и интерактивная, а разница в том, что интерактивная подходит для выполнения в консоли.

Scikit-learn

Данная библиотека используется для работы с данными и машинным обучением. Библиотека Scikit-learn может использоваться для нелинейного алгоритма обучения с учителем, таким как многослойный персептрон (MLP).

Работа с библиотекой Scikit-learn для создания нейронной сети можно описать в несколько действий. В начале создаем объект класса, который определяет алгоритм обучения и работы нейронной сети, и задаем ему количество слоев и нейронов, а также количество эпох, что есть некое количество циклов, которое пройдет нейронная сеть по данным для своего же обучения. После в него закладываются данные для обучения и проверки, и нейронная сеть начинает свое обучение.

Преимущества данной библиотеки состоят в том, что в библиотеке есть возможность наблюдения за состоянием модели в режиме реального времени и анализ данных, на которых будет производиться обучение нейронной сети, для обнаружения и удаления ошибок ввода, а также классификация и кластеризация данных по определенным признакам без учителя.

Данная библиотека больше подходит для визуального представления нейронных сетей, чем создание каких-либо сложных нейронных сетей, а также подготовки данных к обучению нейронной сети. Работает с языками Python, C, C++.

PyTorch

Библиотека PyTorch может быть использована языками Python, C++ и Java. Она может быть использована для построения сложных нейронных сетей благодаря своей оптимизации, но также в данной библиотеке есть возможность использовать программные модули уже заготовленных нейронных сетей.

Работа с библиотекой PyTorch начинается с создания модуля или использование уже имеющегося модуля. Создание своего модуля происходит посредством написания всего алгоритма настройки класса для работы и обучения нейронной сети. Далее создается объект написанного класса модуля, с последующим обучением нейронной сети, если модуль нейронной сети не был заранее обучен. После уже сформированная и обученная нейронная сеть может быть использована.

При всем многообразии инструментария для создания нейронных сетей. У данной библиотеки недостаёт различных интерфейсов для мониторинга и визуализации работы модулей нейронной сети.

Theano

Данная библиотека используется для вычисления сложных математических операций, особенно матричных, над выражениями. Это просто вспомогательная библиотека, для счета, которую можно интегрировать с другими библиотеками.

Работа с библиотекой Theano происходит посредством создания псевдопеременных, с помощью которых задается математическое выражение. После это выражение оптимизируется и упрощается, посредством превращения выражений в более простые и быстро действенные. И можно превратить упрощенное выражение в функцию, которую можно вызывать по надобности.

Поскольку в переменных хранятся объекты, а не действительные числа, то после складываний переменных с объектами получаем переменную с выражением данных объектов. Использование псевдонимов переменных в памяти, а также объединение подграфов похожих по структуре, помогает избежать преждевременных ненужных вычислений.

Библиотека Theano может быть использована для исследований и разработок в сфере нейронных сетей. Так как данная библиотека полезна для оптимизации вычислительных и математических процессов, а также может быть использована для работы с матрицами.

Pandas

Представляет собой библиотеку анализа данных. Данный модуль предназначен для построения сводных таблиц и группировки данных. Также если подключить модуль matplotlib, то можно будет на основе таблиц строить различные графики. Matplotlib является библиотекой для построение как двумерных так и трехмерных графиков в языке программирования python.

В библиотеке Pandas данные хранятся в двух структурах Series и DataFrame. Series - одномерных пронумерованный массив значений. DataFrame – многомерный пронумерованный массив значений, где каждый столбец — это структура Series. Такие данные могут иметь различные расширения, такие как CSV, Exel, JSON.

Данная библиотека отлично подойдет в области нейросетей для отработки как начальный данных или служащих для обучения, так и для выходных данных. В ней легко проводить различные сортировки и срезы с данными.

Gensim

Это библиотека служащая для обработки естественного языка, с извлечением семантических тем из текста. Главное отличие от других, это то, что она может обрабатывать огромные массивы текста, преобразуя и работая с векторами слов типа FasrText, Word2Vec и другие, благодаря чему не загружает в память весь файл. В пакете используются различные алгоритмы, но в основном алгоритмы скрытого распределения Дирихле (LDA) и скрытого семантического индексирования (LSI).

Seaborn

Seaborn – это библиотека на языке программирования python служащая для визуализации данных, в виде различных графиков и диаграмм. Это помогает пользователю в разы быстрее читать данные. Данная библиотека было создана на основе matplotlib и тесно работает с библиотекой Pandas, которая была описана выше. Seaborn берет данные не по штучно, а сразу целыми фреймами или массивами, а потом выполняет внутренние функции с выдает готовый график на экран.

Данный модуль помогает быстро найти ошибки или погрешность в данных. Это данные помогут пользователю понять, правильно ли настроенная нейросеть и надо ли ее переобучать.

Numpy

NumPy – открытая библиотека языка python, которая создана для работы с массивами и матрицами, а также операциями над ними.

NumPy базируется на языке высокого уровня fortran, следствии чего скорость выполнения операций очень велика. По сути, она предоставляет вычислительные алгоритмы, в виде функций, которые выполняются уже ею. Это является большим плюсом при работе с большими объёмами данных. Также у NumPy есть набор пакетов для решения специализированных задач.

Вывод

Данные библиотеки, предназначены для решения разных задач, но с помощью каждой из них, можно облегчить написание собственной нейросети и её обучение.

Список литературы

1. Pygame documentation – документация – URL:https://devdocs.io/pygame/ (Дата обращения 07.10.2022)
2. TensorFlow – URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/TensorFlow
3. tensorflow – URL:https://github.com/tensorflow/tensorflow
4. Scikit-learn – URL: https://blog.skillfactory.ru/glossary/scikit-learn/
5. Топ 8 библиотек Python для машинного обучения и искусственного интеллекта – URL: https:// pythonist.ru/top-8-bibliotek-python-dlya-mashinnogo-obucheniya-i-iskusstvennogo-intellekta/
6. PyThorch – URL: https://pytorch.org/hub/nvidia_deeplearningexamples_waveglow/

2.3.5.

И.Н. Богатырь, Д. А. Яковлев

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, prosperous.rum@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ

В публикации представлены способы математического моделирования кровеносной системы, разной глубины. Приведено исследование одной из математических моделей гемодинамики как на отдельном сосуде, так и на кровеносной системе в виде графа в целом. Выведены численные методы уравнений гемодинамики на кровеносной системе.

Ключевые слова: *моделирование кровеносной системы, гемодинамика, уравнения скорости крови, математическое моделирование, сердце, кровеносная система.*

Введение

Математическое моделирование пульсирующего движения жидкости в системе эластичных тянущихся трубок, это задача, которая имеет обширную область научного, а также практического применения, следовательно туда входит и моделирование течения крови в кровеносной системе. Главная проблема подобной модели в том, что получить достоверные числовые значения физиологических параметров, может быть очень трудно, да и работу подобную следует выполнять отдельно, не смотря на общую картину целиком. Рассмотрение системы циркуляции крови в целом, требуется для ряда проблем связанных с медициной и физиологией, таких как своевременная регуляция артериального давления, гипертензия, дополнительное кровоснабжение органов и многие другие.

Вывод модели системы кровообращения

Даная модель может описывать пульсирующее течение крови в артерии, а так же, как жидкость воздействует на эластичные подвижные стенки. Артерией будет считаться эластичная трубка в виде прямого кругового цилиндра показанный на рисунке 1.

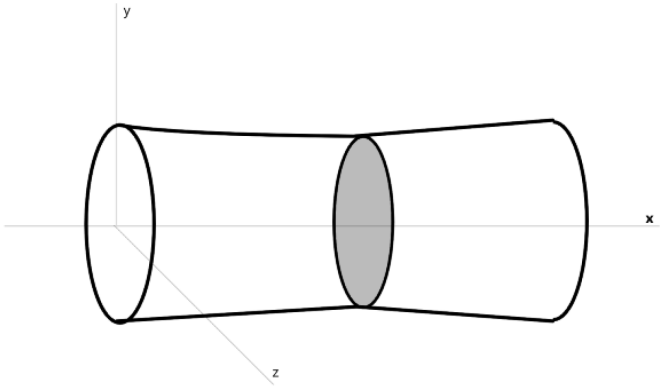


Рис. 1 – Артерия как эластичная трубка

Основные уравнения выводятся с условием следующих предположений:

1. Каждое осевое сечение будет круговым, при всем движении стенок сосуда, а радиус вычисляется в момент времени.
2. Стенка сосуда смещается только вдоль радиального направления.
3. Ось цилиндра фиксирована во времени, то есть сосуд растягивается и сжимается именно по оси, так будет исключена возможность учета эффектов смещения оси артерии, к примеру из-за движения сердца или в коронарных артериях.

4. Давление постоянно на каждом осевом сечении.

5. Пренебрежение массовыми силами, довольно сложно учесть изменение сил, возникающего при вставании человека из горизонтального положения в вертикальное.

6. Скорости ортогональны оси, то есть предполагается что компоненты скорости пренебрежимо малы по сравнению с осевой.

Так как по сути своей, эластичная трубка — это упругий резервуар, то и ее объем V будет зависеть от давления p всегда, по соотношению исходящему из обычной формулы:

$$V = V_0 + kp \quad (1)$$

Где k – коэффициент пропорциональности между давлением и объемом, или просто упругость резервуара. V_0 – объем крови при p = 0. Уравнение (1) после дифференциации:

$$\frac{dV}{dt} = k\frac{dp}{dt} \quad (2)$$

Объемная скорость кровотока, поступающей в артерию из сердца крови, равна Q, дальше она оттекает в периферическую систему, всяческие капилляры и артериолы, через жесткую трубку на выходе из эластичной трубки, являющейся упругим резервуаром, с объемной скоростью Q_0. Тут постоянно гидравлическое сопротивление периферической системы

Представлено уравнение объемной скорости кровотока:

$$Q = \frac{dV}{dt} + Q_0 \quad (3)$$

То есть, скорость кровотока из сердца (3), это скорость возрастания объема упругого резервуара плюс скорость оттока из него же. Q_0 можно расписать с помощью закона Паузейля:

$$Q_0 = \frac{p - p_в}{l_0} \quad (4)$$

Где p – давление в упругом резервуаре, $p_в$ – венозное давление (оно может быть принято 0), l_0 – длина резервуара:

$$Q_0 = \frac{p}{l_0}$$

А значит было получено:

$$Q = k\frac{dp}{dt} + \frac{p}{X_0} \quad (5)$$

Или же:

$$Q\,dt = kdp + \frac{p}{X_0} \quad (6)$$

Так как сердце периодически сокращается, то уравнение следует проинтегрировать, пределы по времени, будут соответствовать постоянной периоду пульса $T_П$, а также временные пределы соответствуют давлению диастолы $p_д$, то есть состояние расслабления желудочков в сердце:

$$\int_0^{T_П} Q\,dt = k\int_{p_д}^{p_д} dp + \frac{1}{l_0}\int_0^{T_П} pdt \quad (7)$$

Интеграл с равными пределами равен 0, следовательно окончательное уравнение исходит из (7):

$$\int_0^{T_П} Q\,dt = \frac{1}{l_0}\int_0^{T_П} pdt \quad (8)$$

Интеграл в левой части уравнения (8) – это ударный объем, то есть сколько жидкости выталкивается из сердца по артериям за одно сокращение.

Данное уравнение (8) уже рабочий вариант, но тут не хватает зависимости от особых правил ритмичности сердца, описанных на рисунке 2.

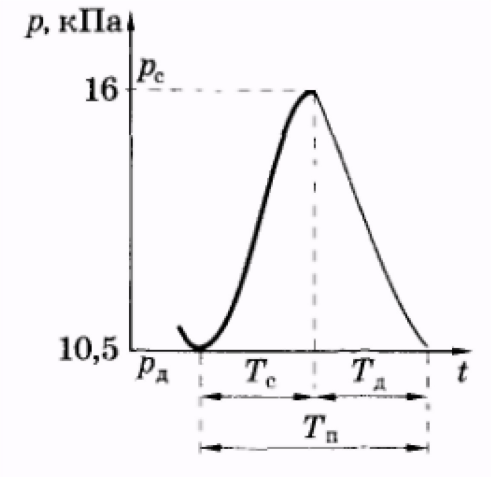


Рис. 2 – Временная зависимость давления в сонной артерии

Каждый стук сердца разделяется на систолу, момент нарастающего напряжения и диастолы, момент продолжительного расслабления. Это означает что давление будет наивысшей, в конечной точке систолы p_c и в начальной точке диастолы $p_д$. Во время систолы будет происходить расширение эластичной трубки, после вовремя диастолы — отток крови к периферической системе, Q = 0. Так что подставляем такой период к (5) или (6):

$$kdp = -\frac{p}{l_0}dt \tag{9}$$

Или:

$$\frac{d_p}{p} = -\frac{dt}{kl_0} \tag{10}$$

Проинтегрировав одну из них, можно получить зависимость давления в резервуаре после систолы от времени:

$$p = p_c e^{-\frac{t}{kl_0}} \tag{11}$$

На основании (4), при нулевом венозном давлении, можно получить зависимость объемной скорости оттока крови в переферию от времени:

$$Q = Q_c e^{-\frac{t}{kl_0}} \tag{12}$$

Где Q_c объемная скорость кровотока из упругого резервуара в конце систолы вычисляется так:

$$Q_c = \frac{p_c}{X_0} \tag{13}$$

Это конечные зависимости, предложенные О. Франком, несмотря на лёгкость в уравнениях и простоту самих формул, эта модель позволяет установить связь между ударным объемом крови, гидравлическим сопротивлением от периферической части и изменением давления в артериях.

Хотя это и весьма грубая модель и она довольно не точно показывает реальное явление, она чрезвычайно проста и верно показывает процесс в конце диастолы, но не учитывает начало диастолы.

Одномерная модель кровеносной системы, может быть реализована в качестве графа, в котором у каждой вершины и ребра должны быть свои определенный набор свойств.

В модели гемодинамики вершины могут быть сердцем (оно может быть одно), точкой разветвления сосудов (свойства: номер сосуда, а также номера двух дочерних), контрольная точка, то есть та в которой будет проходить наблюдение за изменением давления.

Ребрами являются сосуды, со свойствами длины, радиуса и коэффициент упругости.

Список литературы

1. Математические модели квази-одномерной гемодинамики – URL:https://vm.cs.msu.ru/sites/default/files/hemdyn/hemdyn_posobie.pdf (Дата обращения 01.01.2023)

2. Построение, численное моделирование и анализ одномерной модели гемодинамики – URL:https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=588128#text

3. *Lamponi D.* One dimensional and multiscale models for blood flow circulation. // Lausanne, EPFL, 2004.

4. *Абакумов М.В., Гаврилюк К.В., Есикова Н.Б., Кошелев В.Б., Лукшин А.В., Мухин С.И., Соснин Н.В., Тишкин В.Ф., Фаворский А.П.* Математическая модель гемодинамики сердечно-сосудистой системы. // Дифференциальные уравнения. 1997, 33 (7), с.892-898.

2.3.5.

К.И. Козлов

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра цифровых технологий и дизайна,
Абакан, kozlov-kirill2002@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Исследуется, способы взаимодействия и управления системой обеспечения пожарной безопасности. Изучаются подходы к организации системы, при помощи каких устройств и каким образом происходит наблюдение и управление системой пожарной безопасности. Разбирается, какими параметрами обладает система, каким образом делается вывод о возможной угрозе безопасности. Выясняется возможность интеграции нейронной сети для управления системой безопасности.

Ключевые слова: *управление системой безопасности, пожарная безопасность, система противопожарной защиты, система пожарной безопасности, система противопожарной защиты*.

Пожарная безопасность заключается в совокупность методов, средств, мероприятий, при взаимодействии которых возможность возникновения пожара минимальна.

Одним из принципов технического регулирования считается системный подход. Он является универсальным методом управления системы обеспечения безопасности. Системный походдолжен использоваться в совокупности с другими подходами, так как применение только одного подхода в стандартном в виде не будет приносить ожидаемого результата. Благодаря этой точки зрения в данной области исследования уже не используют только системный подход, а рассматривают системный подход как систему подходов. Таким образом, предоставляется возможность комплексно анализировать состояние системы. Например, в систему подходов могут входить такие подсистемы как:

- системный подход;
- программно-целевой подход;
- ситуационный подход;
- процессный подход;
- параметрический подход;
- поведенческий подход;
- рефлексивный подход;

Контроль и корректировку СППЗ (система противопожарная защита) необходимо проводить при помощи ППУ (пожарный прибор управления) или ППКУП (прибор приемно-контрольный и управления пожарный).

Прибор приемно-контрольныйпожарный (ППКП) – это аппаратное техническое обеспечение, контролирующее сигналы от ИП (извещатель пожарный), при приеме тревожного импульса прибор сигнализирует о пожаре световыми и звуковыми сигналами, передает информацию приборам индикации и формирует сигнал для ППУ.

Устройства для управления системой обеспечения пожарной безопасности:

- прибор пожарный управления (ППУ) – аппаратное средство, предназначенное для формирования, обработки и передачи командных сигналов системам АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (система оповещения и управления эвакуацией), системам противодымной защиты.
- Прибор приемно-контрольный и управления пожарный (ППКУП) – совокупность ППКП и ППУ, техническое оборудование оснащенное возможностями для управления и контроля всех систем обеспечения пожарной безопасности.

Разберем на примере, предположим, объект защищен всеми перечисленными выше системами. Пожарный извещатель засек пожар и отправил тревожный сигнал ППКП. ППКП с помощью специального алгоритма убеждается о наличии пожара. ППКП передает информацию на табло индикации и ППУ.

Существуют три типа алгоритма достоверности сигнала о возникновении пожара: А, В, С. Для каждой ЗКПС (зона контроля пожарной сигнализации) построенной в одной системе разрешается использовать алгоритмы разных видов. Алгоритм А приходит в действии при срабатывании одного ИП без перезапроса. Алгоритм В выполняется при срабатывании одного ИП и при повторном срабатывании того же ИП. Алгоритм С осуществляет срабатывание системы при поступлении сигнала от одного ИП и при дальнейшем сигнале от другого ИП в этой же ЗКПС.

Соответственно для передачи сигналов между приборами необходим общий интерфейс. На данный момент почти все производители приборов управления системой пожарной безопасности используют интерфейс RS-485. ППУ в свою очередь посылает сигнал на систему АУПТ, СОУЭ и систему противодымной защиты.

Приходящий сигнал от ППКП к ППУ для АУПТ обрабатывает и посылает на исполнительные устройства, которые находятся в зоне зафиксированного очага пожара, для тушения пожара. Под исполнительными устройствами понимаются установки тушения пожара: модульные, дренчерные, спринклерные.

ППУ для СОУЭ запускает систему оповещения и эвакуации. Световые табло включаются и указывают на пути эвакуации, за счет светящихся надписей и указательных стрелок. Звуковые оповещатели или речевые оповещатели предупреждают о наличии в здании пожара и сигнализируют о необходимости эвакуации. Также ППУ должен отправить сигнал на СКУД (система контроля и управления доступом), если такая система имеется на объекте, все преграждающие устройства должны быть открыты.

ППУ для системы противодымной защиты. Назначение этой системы – это преграждение поступающего кислорода для предотвращения увеличения очага пожара, под средством закрытия всех вентиляционных систем, также запуска системы дымоудаления.

ППКУП – это комбинация ППКП и ППУ в одном устройстве, То есть ППКУП выполняет все те же функции, как и ППУ и ППКП, но уменьшает количество оборудования при создании системы, уменьшает затраты на приобретение, на используемые материалы для системы, на монтажные работы.

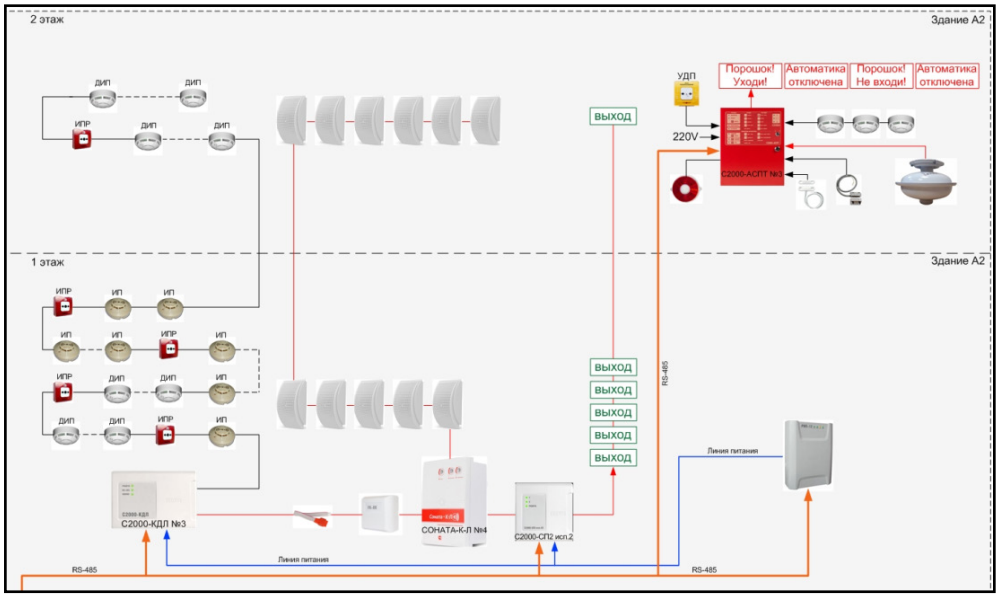


Рис.1 – Пример СППЗ с использованием ППКУП

Для минимизации пожарных рисков рассмотрим ИСБ (интегрированная система безопасности) с ИНС (искусственными нейронными сетями). При формировании задач интегрирования ИНС для управления СПС, СОУЭ, АУПТ, необходимо выбратьматематический метод обучения НС (нейронная сеть). МНК (метод наименьших квадратов), построенный на базе минимизации отклонений определенных функций от избираемой поступающей информации. При этом способе НС будет корректировать свои веса, самообучаться, пока не будет достигнут максимальный эффект. ИНС должна визуально анализировать свои поставленные задачи, необходимо понимать величину значения пожарных рисков, определение параметров. Задачи управления ИНС могут быть разные, ей необходимо различать тип пожара (тление, горение и т.д.), каким способом тушить, какими способами эвакуировать людей. Также эффективность ИСБ возможна, достижима не только в здании, но и полевых условиях, например в лесу, или в заповеднике, можно поставить камеры с системой PTZ и при помощи ИНС наблюдать, сообщать на предмет наличия возгорания незамедлительно.

МНК работает от противного. Алгоритм построен так, что обучение происходит с большим количеством произведенных математических операций повторно, так как он работает от обратного распространения ошибки. То есть программе необходимо отыскать значения переменных связанных с нейроном, чтобы предугаданное значение было наиболее достоверно. Функция нахождения ошибки выглядит следующим образом:

$$E(\{w_{i,j}\}) = \frac{1}{2} \sum_{k \in Output} (t_k - o_k)^2$$

Для достижения высокой оценки наблюдаемости необходимо построить правильно организованную управляемую систему обеспечения пожарной безопасности с соблюдениями всех стандартов и норм, в нашем случае для достижения поставленной задачи нужно идентифицировать объект полностью, также оптимизировать насколько это возможно.

Актуальность тема обусловлена тем, что в современной реалии без обеспечения пожарной безопасности в зданиях, особенно для тех, которые только готовят для сдачи в эксплуатацию, не обойтись. Правильно построенная и управляемая система обеспечения пожарной безопасности минимизирует пожарный риск. Использование подходов построения системы, которые описаны выше, способствуют для обеспечения организации. Автоматизации при помощи интеграции ИНС достижима и способна решить много проблем.

Список литературы

1. Системы охранно-пожарной сигнализации [Электронный ресурс] –URL: http://www.i-tex.ru/services/detail.php?id=9.
2. СП 484.1311500.2020 [Электронный ресурс] –URL:https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-31072020-n-582/sp-484.1311500.2020/.
3. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_78699/.
4. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ [Электронный ресурс] – URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/.
5. Приборы управления пожарные [Электронный ресурс] –URL: https://fireman.club/pozharnaja-avtomatika/pribory-upravlenija/.
6. Системы противопожарной защиты [Электронный ресурс]. URL: https:// propb.ru/articles/blog-ooo-spb-komplekt/sistemy-protivopozharnoy-zashchity-pozharnaya-signalizatsiya-i-avtomatika/.

2.3.5.

А.Н. Петров

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, alex-petrov.2013@yandex.ru

АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ

В данной публикации были рассмотрены способы прогнозирования развития болезней, а также реализации разных алгоритмов для машинного обучения с этой же целью. Были проведены исследования помогающие выделить основные и особенно важные критерии, для обучения нейронной сети, что может положительно сказаться на лучшем исходе прогнозирования болезни.

Ключевые слова: *Машинное обучение, нейронные сети, прогнозирование болезней, мониторинг заболеваний, выявление болезней.*

Введение

В настоящее время в медицинскую сферу активно внедряются методы машинного обучения. В первую очередь это связано с сбором и анализом большого объёма данных, связанных с здоровьем пациентов, которое происходит в реальном времени, а также прогнозирование, обострение хронических заболеваний или госпитализации в выбранный отрезок времени.

В докладе Всемирной организации здравоохранения, была предложена глобальная система мониторинга и оценки факторов риска, профилактики и лечения неинфекционных заболеваний. В группу неинфекционных заболеваний входят: сахарный диабет, хронические болезни легких, сердечно-сосудистые заболевания и онкологическими патологиями. В больше половины случаев эти заболевания являются причиной смерти человека. Одной из главной стратегией Всемирной организации здравоохранения, является снизить смертность от данных болезни на четверть.

Построения алгоритма нейронной сети

Для решения задач, связанных с распространением болезней или их протекания, используются методы машинного обучения. Благодаря им можно определить риск конкретной болезни и заблаговременно начать ее лечение, в данном случае ишемической болезни сердца. В качестве метода машинного обучения была взята искусственная нейронная сеть. Искусственная нейронная сеть представляет собой направленный взвешенный граф, вершины которого будут являться нейронами.

Для активации нейронов будет использоваться функция «выпрямитель», результатом данной функции будет просто пороговый переход к нулю. Данный нейрон называется ReLU:

$$f(x) = \max(0, x) \quad (1)$$

Количество резолютивных классов, на которых будет обучаться модель, будет два: «болен» и «здоров». Стоит заметить, что возможен анализ и с большим количеством резолютивных классов.

Слой нейрона с сигмоидальной функцией активации, в случае двух классов, будет иметь выходной диапазон от 0 до 1, в добавок она является дифференциальной, что позволяет применить к ней метод обратного распространения ошибки. Сигмоидальная функция - это ограниченная дифференцируемая вещественная функция, определенная для всех вещественных входных значений и имеющая неотрицательную производную в каждой точке и ровно одну точку перегиба:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2)$$

В случае, если классов больше двух, то количество выходных нейронов будет равняться количеству классов. Функцией активации в свою очередь будет являться нормированная экспоненциальная функция:

$$\sigma: R\hat{}k \to \{z \in R^k | \, z_i > 0, \sum_{i=1}^{K} z_i = 1\} \quad (3)$$

$$\sigma(z_j) = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^{k} e^{z_k}} | \, j \in [1, k] \quad (4)$$

Эта функция является обобщением логистической функции, которую сжимает K-мерный вектор z из произвольных вещественных чисел в K-мерный вектор σ(z) из вещественных чисел в диапазоне от 0 до 1, сумма которых равна 1.

Для каждого обучающего примера модель будет строить вероятность распределения, а для их сравнения нужен правильный метод. В качестве метода будет использоваться логарифмическая функция потерь или бинарная кросс-энтропия:

$$\mathrm{C}\,(t, o) = -\sum_x t(x) \; - \; log(o(x)) \quad (5)$$

где: x – обучающий пример;

t – желаемый результат;

o – полученный результат.

Если фактический вход и желаемый результат близки, то вклад в функцию стоимости буде низким. Используя это функцию, наклон кривой будет круче, что позволяет избежать замедления обучения.

В качестве стоимости нейронной сети в многопластовом случае используется категорийная кросс-энтропия, то при двух классовом используется бинарная кросс-энтропия. Кросс-энтропия измеряет расхождение между двумя вероятностными распределениями. Если кросс-энтропия велика, это означает, что разница между двумя распределениями велика, а если кросс-энтропия мала, то распределения похожи друг на друга. Выглядит она так:

$$\mathrm{C}(t, o) = -(t \; ln(o) \; + (1 \; - \; t) \; ln(1 - o)) \quad (6)$$

Следующий шаг минимизация значения. Для этого используется метод Adam, который представляет собой градиентный спуск. Для его работы нужны гиперпараметры, которые нуждаются в настройки.

Модель готова и создана полно-связная нейронная сеть, но она еще не обучена. На данный момент она будет обучаться без известных взаимоотношений между признаками. Для этого нужен анализ признаков взаимоотношений и доработка модели:

1) При помощи статистических методов проведем отбор важных признаков;
2) При помощи нейронной сети проведем отбор важных признаков;
3) При помощи нейронной сети сделай связный анализ.

При загрузке данных, надо сразу исключать данные не влияющие на конечный результат. Для этого можно использовать два метода: U-критерий Манна-Уитни и критерий хи-квадрат Пирсона.

U-критерий Манна – это статистический критерий, который используется для оценки различий между двумя независимыми выборками по уровню какого-либо признака, измеренного количественно.

Хи-квадрат Пирсона — это метод параметрической статистики, позволяющий определить наличие или отсутствие линейной связи между двумя количественными показателями, а также оценить ее тесноту и статистическую значимость.

После выборки при помощи статистического анализа, проводится оптимизация данных с использованием нейронной сети. Для характеристики вклада в носимые признаки, ведем понятие чувствительность признака Sen(X,x_i). Оно вычисляется по следующей формуле:

$$Sen(X, x_i) = \frac{1}{N} \sum_{\forall_k} |NNoutpyt_k(X_{(x_i+\delta)}) - NNoutput_k(X)| \quad (7)$$

Где: $NNoutpyt_k(X_{(x_i+\delta)})$ – выход сети для шумных данных;

$NNoutput_k(X)$ – выход сети для исходных данных;

δ - шум, добавляемый к признаку,$|\delta| \leq 0{,}001$

К определённому признаку входных данных, добавляется шум, нейронная сеть вычисляет чувствительность. Далее происходит вычисления чувствительности всех признаков, а также происходит сортировка от большего к меньшему. Исключается признаки с наименьшей чувствительностью. Далее происходит переобучение на оставшихся признаках, если нет ухудшения производительности, то повторения происходят до тех пор, пака не будет составлен минимальный список требований. На рисунке 1 представлена схема отбора значимых признаков.

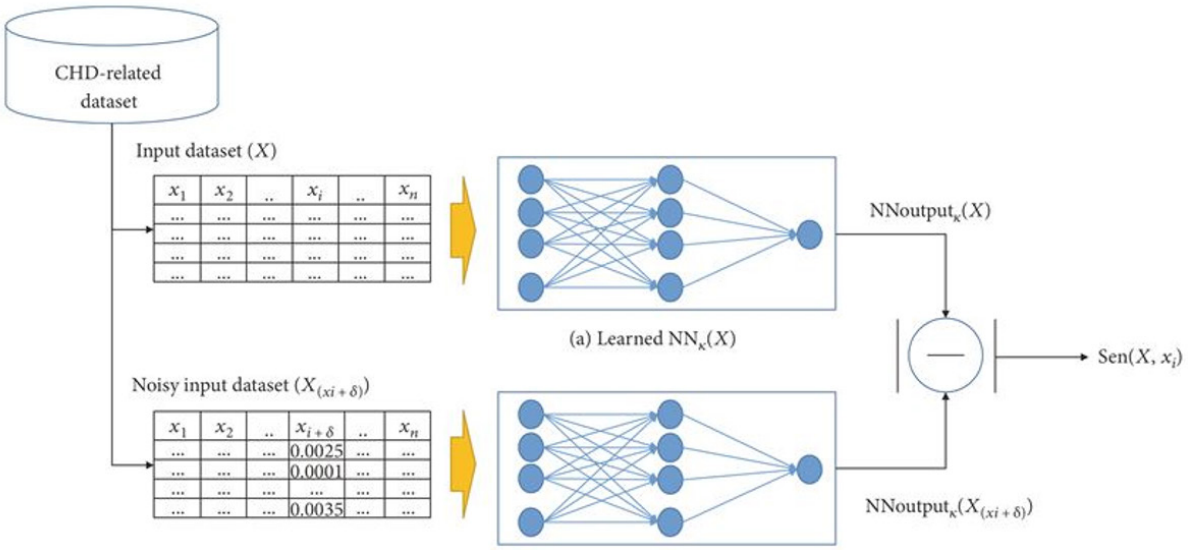


Рис. 1 – Отбор значимых признаков

Хотя это и довольна простая модель нейронной сети, она может показывать не точный результат, но она способна построить варианты развития болезни. Что поможет заранее начать лечения пациента, что в свою очередь может спасти ему жизнь.

Список литературы

1. КиберЛенинка: Машинное обучение на лабораторных данных для прогнозирования заболеваний [Электронный ресурс] — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-na-laboratornyh-dannyh-dlya-prognozirovaniya-zabolevaniy/viewer (Дата обращения 03.01.2023)
2. КиберЛенинка: Модель прогнозирования пандемии COVID-19 на основе машинного обучения в отдельных регионах Российской Федерации [Электронный ресурс] — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/model-prognozirovaniya-pandemii-covid-19-na-osnove-mashinnogo-obucheniya-v-otdelnyh-regionah-rossiyskoy-federatsii/viewer (Дата обращения 03.01.2023)
3. MachineLearningMastery.ru: Машинное обучение - будущее прогнозирования рака [Электронный ресурс] — URL: https://machinelearningmastery.ru/machine-learning-is-the-future-of-cancer-prediction-e4d28e7e6dfa/ (Дата обращения 03.01.2023)
4. WEBIOMED: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ [Электронный ресурс] — URL: https://webiomed.ru/media/publications_files/perspektivy-ispolzovaniia-metodov-mashinnogo-obucheniia-dlia-predskaz_fulv37y.pdf (Дата обращения 03.01.2023)
5. INNOV.RU: Разработка системы прогнозирования риска развития ишемической болезни сердца на основе нейронной сети с использованием корреляционного анализа признаков [Электронный ресурс] — URL https://www.innov.ru/science/tech/razrabotka-sistemy-prognozirovaniya/ (Дата обращения 05.01.2023)

2.3.5.

А.Н. Петров, Д.А. Яковлев

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, alex-petrov.2013@yandex.ru

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУУПРАВЛЯЕМОГО ОБУЧЕНИЯ

В работе представлены результаты исследования моделей машинного обучения, основанных на применении аппарата симметрий и дифференциальной геометрии. Рассматриваются отдельные аспекты процедуры обучения, в частности, предлагаются алгоритмы для полууправляемого обучения на линейных группах Ли. Даны описания для использования такого подхода совместно с методом опорных векторов, а также алгоритмами на графах.

Ключевые слова: *симметрия, машинное обучение, обучение с учителем, дифференциальная геометрия, группы Ли.*

Введение

Полууправляемое обучение, основанное на групповом представлении и дифференциальной геометрии, в частности, с привлечением групп Ли, — это новые методы машинного обучения, которые в последнее время получает всё больше внимания за счёт возможностей, которые предлагают алгоритмы такого типа с точки зрения оптимизации и ускорения процесса обучения. Более того, применение методов дифференциальной геометрии позволяют существенно увеличить точность получаемых в результате аналитических инструментов за счёт рассмотрения объектов с точки зрения симметрий. Использование большого количества неразмеченных примеров не только приводит к созданию лучшего классификатора, но также снижает потребность в вычислительных и материальных ресурсах, тем самым повышая производительность машинного обучения [1–6].

К полууправляемым методам обучения относятся EM-алгоритм с гибридной моделью, алгоритм самообучения, алгоритм совместного обучения, алгоритм трансдуктивных опорных векторов (области с высокой плотностью данных избегаются в качестве границы решения) и алгоритм на основе графа. Среди этих алгоритмов подходящий метод выбирается следующим образом. Если данные могут сформировать хорошую кластеризацию, мы выбираем алгоритм с гибридной моделью. Если признаки можно разложить на два подмножества, то выбираем алгоритм совместного обучения. Если в одном классе есть две точки со схожими характеристиками, мы используем метод на основе графа. Если сложный классификатор с учителем уже существует, мы используем алгоритм самообучения [1–6].

Алгоритм генеративной модели

Генеративные модели обычно используются для полууправляемого обучения [1–3]. Предполагается, что модель удовлетворяет вероятностному условию $p(x, y) = p(y)p(x|y)$, где $p(x|y)$ — распознаваемое смешанное распределение, такое как смешанная модель Гаусса.

Этот алгоритм использует генеративную модель в качестве классификатора, рассматривая вероятность того, что большое количество немаркированных данных принадлежит каждой категории, как набор отсутствующих параметров. Затем для оценки производителей и параметров модели используется оценка максимального правдоподобия (MLE), максимальная апостериорная оценка (MAP) или алгоритм Байеса, чтобы можно было определить смешанные компоненты. В идеальных случаях смешанное распределение можно полностью определить, используя только отмеченный пример компонента.

Для полууправляемого классификации генеративная модель может описывать определенные категории, к которым принадлежат точки данных, а не определять категорию путем оценки совместного распределения вероятностей точек данных.

Обычно генерируемые модели включают распределение Гаусса, смешанную модель Гаусса, EM-алгоритм (обычно используемый при классификации изображений), полиномиальное распределение, наивную байесовскую модель (например, EM-алгоритм, широко используемый в классификации текста) и скрытые марковские модели (например, Баума-Уэлча, алгоритм, обычно используемый в распознавании речи) [1-6].

Ключевые проблемы генеративных алгоритмов:

- Идентификация;
- Скорость корректировки модели;
- Локальная максимизация;
- Разметка данных и кластеризация.

Преимущество генеративной модели в том, что она способствует четкому и глубокому изучению вероятности. Когда модель верна, производительность алгоритма будет очень хорошей, однако правильность модели трудно доказать, и вопрос о том, как определить фактическую модель соответствия, остается открытой проблемой. Если модель не соответствует, немаркированные данные ухудшат производительность алгоритма.

Представление групп Ли в полууправляемом обучении

Для любой системы обучения мы можем использовать группу Ли G для ее представления. Поскольку группа Ли сама по себе является непустым множеством и системой, ее процесс обучения можно рассматривать как многообразие (высокой размерности), отображаемое в наблюдаемое пространство (маломерное) посредством микроотображения.

Системный дифференциал может уменьшить размер базы данных в системе или разложить правила обучения, чтобы достичь цели изменения производительности системы и достижения целей обучения.

Тогда в процессе многообразного дифференцирования обучающей системы групповой дифференциал Ли может быть преобразован в алгебраический дифференциал Ли с помощью алгебры Ли. Затем вычисляется дифференциал алгебры Ли (эквивалент решения в линейном пространстве), численное решение дифференциала алгебры Ли возвращается к группе Ли.

Огромные объемы данных всегда делятся на группы, удовлетворяющие своей групповой структуре, и группы, не удовлетворяющие своей групповой структуре (промежуточные данные могут быть преобразованы с помощью когомологий). Цель обучения состоит в том, чтобы найти эффективные данные, которые соответствуют конкретным целям обучения, из массива данных этой системы обучения для анализа и использования. Однако размеченных данных, которые, как известно, в настоящее время соответствуют своей групповой структуре и отвечают конкретным целям обучения, может быть недостаточно, и подавляющее большинство данных представляют собой неразмеченные данные, которые не знают о целях обучения. Следовательно, группу Ли можно использовать в полууправляемой модели обучения для сбора данных [1-6].

Модель обучения, основанная на структуре алгебры Ли

Типичная алгебра Ли может быть построена в соответствии с выборками данных. Соответствующая типичная группа Ли может быть получена из алгебры Ли. После получения конкретной группы Ли в сочетании с размеченными данными L, удовлетворяющими групповой структуре, можно получить инфинитезимальные генераторы в соответствии с определением генератора [1-6].

Другие немаркированные данные в U могут быть определены в соответствии с определенным правилом работы группы Ли. Если немаркированные данные могут быть представлены генератором, то пометьте их категорией. Кроме того, существенна связь изоморфизма между алгеброй Ли g и подгруппой с одним параметром с точки зрения дифференцирования.

Предполагая, что отмеченный элемент и единичный элемент известны в группе Ли G, можно найти подгруппу с одним параметром, удовлетворяющую определенному условию, и другие неотмеченные элементы в подгруппе с одним параметром могут быть отмечены [1-6].

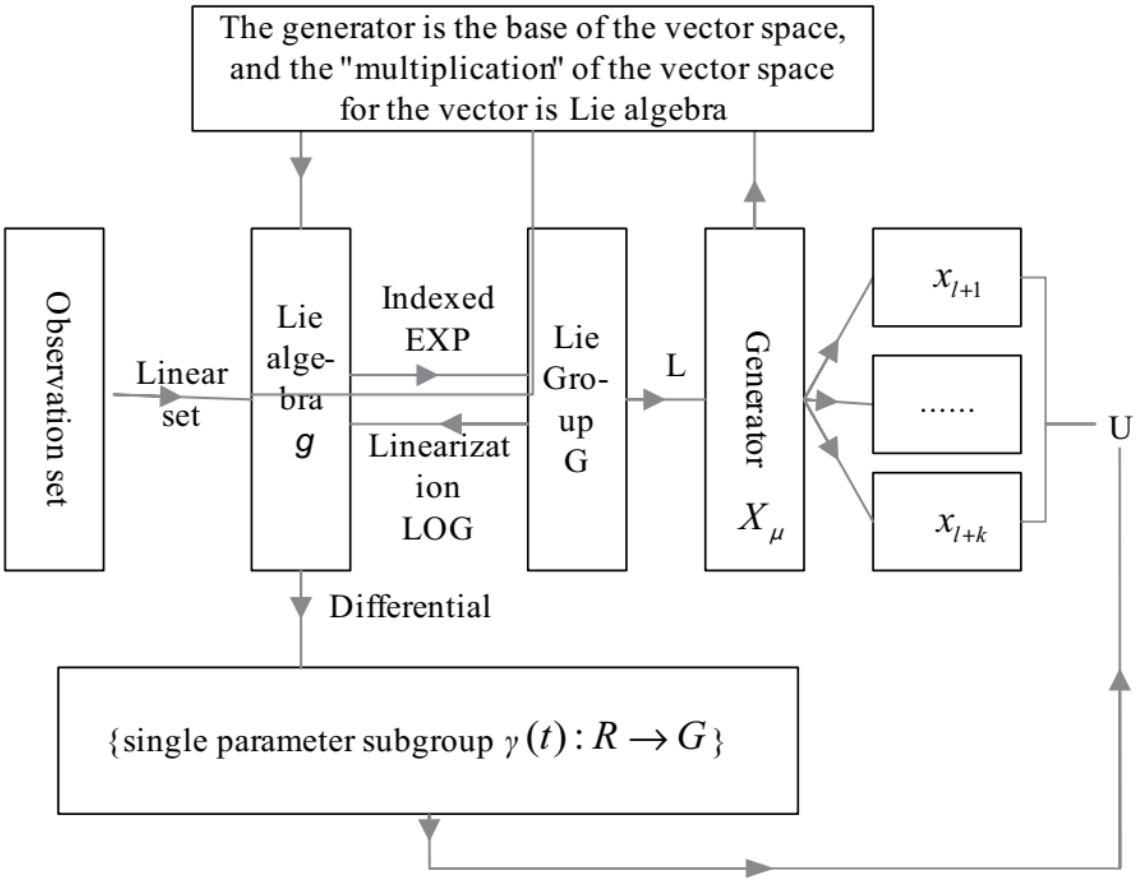


Рис. 1 – Модель полууправляемого обучения, основанная на группах Ли

Выводы

Полууправляемое обучение в основном объединяет небольшое количество размеченных обучающих данных, анализирует структуру и распределение данных из большого количества неразмеченных данных и в полной мере использует информацию для повышения производительности алгоритма классификации. Для этих целей группа Ли представляет собой естественную комбинацию алгебраических и геометрических структур. Это полезный инструмент для изучения взаимосвязи между помеченными и немаркированными данными в полуконтролируемом обучении.

Список литературы

1. *Антонио Джулли, Суджит Пал.* Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow/ пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 294 с.: ил.
2. *Шакла Нишант.* Машинное обучение и TensorFlow. - СПБ.:Питер, 2019. – 336 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
3. *Хайкин, Саймон.* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. : ил. – Парал. тит. англ.
4. *Галушкин, А.И.* Нейронные сети: основы теории. / А.И. Галушкин. - М.: РиС, 2015. - 496 с.
5. *Хайкин, С.* Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. - М.: Диалектика, 2019. - 1104 с.
6. *Li Fanzhang, Zhang Li, Znang Zhao.* Lie Group Machine learning./ Li Fanzhang, De Gruyter, 2019

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.

2.3.5.

[1]А.А. Голубничий, [1]В.С. Осипов, [2]Е.А. Виноградов, [3]Р.Э. Асланов

[1]Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, artem@golubnichij.ru,
[2]Общество с ограниченной ответственностью «Атлас новых профессий»,
Москва,
[3]Институт цифрового образования,
ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет,
Москва, aslanov.boxing@mail.ru

КОНЦЕПЦИЯ СЕРВИСА ЦИФРОВЫХ (VR) МИКРО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОБ «ВИРТУАЛЬНЫЙ МИР ПРОФЕССИЙ: ИНЖЕНЕР-НЕФТЯНИК»

В статье описывается концепция сервиса цифровых микро-профессиональных проб на примере профессии инженера-нефтяника, обосновывается возможность использования VR-технологий для ряда профессий при проведении микро-профессиональных проб. Дается описание цели и принципов приложения, приводится сценарий приложения с описанием отдельных этапов. Обосновывается выбор и проводится описание трех ключевых локаций: 1) обучение работы с системой, 2) исторический этап, 3) современный этап. Описываются навыки получаемые на каждой из рассмотренных локаций микро-профессиональных проб. Приведены результаты функциональных тестов, демонстрирующие принципиальную возможность использования приложения на целевой аудитории

Ключевые слова: *прикладное программное обеспечение, профессиональные пробы, цифровые иммерсивные технологии, профориентация, нефтяная отрасль, виртуальные образовательные среды.*

Введение

Формирование школьником видения мира профессий имеет очень расплывчатый образ. Содержание абсолютного большинства профессий оценивается по некоторым фрагментарным фактам о том или ином виде деятельности. Таким образом, выбор траектории дальнейшего обучения в университете или СПО после окончания школы в большей степени зависит от второстепенных, по сравнению с интересом к конкретному виду деятельности, характеристик (близость обучения, «давление родителей» и т.д.) и несет в себе значительный элемент случайности. Это в свою очередь приводит к тому, что «до 40% выпускников вузов ни дня не работали по профессии» (по данным Росстата за 2020 год [1]).

Одним из инструментов, помогающих школьнику лучше понять предстоящий вид профессиональной деятельности, являются профессиональные пробы [2-4].

Гипотеза авторов данной работы состоит в том, что предлагая школьнику игровую модель профессии, сконцентрированную не на конкретных жестких навыках (hard skills), которые довольно легко приобрести уже на этапе полноценного обучения профессии, а на глубинном понимании сути профессии, условий труда и процессов, в которые вовлечен конкретный специалист, мы можем сформировать у него осознанный ответ на вопрос «Хочу ли я посвятить данному делу значимую часть своей жизни?».

В данной статье мы предлагаем описание игрового VR-симулятора профессии инженера – нефтяника и приводим результаты первых, функциональных, тестов на целевой аудитории – школьниках 8-10 классов, которые подтверждают принципиальную возможность использования иммерсивных VR технологий в обучении.

Исторический контекст и предпосылки работы

Профессиональные пробы представляют собой моделирование конкретного вида профессиональной деятельности или существенной части процесса работы. Успешный опыт профессиональных проб реализуется в Японии. За три года обучения (7-9 класс) ученики не менее 48 раз вовлекаются в профессиональные пробы из разных областей профессий: наука, банковская сфера, сельскохозяйственный сектор и др. [5]. Это позволяет им сделать более осознанный выбор профессии в сравнении с их сверстниками из других стран.

В России активное развитие направления по разъяснению и популяризации профессиональной деятельности связано с движением WorldSkills Russia, Кружковым Движением, НТИ и рядом других организаций. Педагогическое сообщество сходится во мнении, что появление подобных инициатив помогает школьникам с выбором профессии, хотя и является пока довольно несистемным.

Существует множество профессий, где организовать практическую профпробу крайне сложно по финансовым, техническим, организационных, логистическим и иным причинам, особенно, когда это касается требований техники безопасности в отношении несовершеннолетних. К таким профессиям можно отнести и профессию инженера-нефтяника. Сложность организации профессиональной пробы по нефтедобыче связана с тем, что скважины расположены, преимущественно, на значительном удалении от мест постоянного проживания, а значит, и образовательных организаций. Действующий «Список производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда…» содержит целый раздел IX «Нефтяная и газовая промышленность», в частности, например, п.26 «Буровой мастер, мастер (инженер) по сложным работам, мастер по опробованию скважин, старший мастер по опробованию скважин, помощник бурового мастера» [6], что также не способствует присутствию на объекте школьников, не говоря уже о том, чтобы дать им что-то сделать своими руками. При этом профессия инженера нефтегазового дела предполагает знание высокотехнологического оборудования, понимание автоматизированных технологических процессов, работу с большими массивами данных, не говоря уже о способности принимать решений, в том числе, в экстренных ситуациях и при малом количестве информации.

Невозможность использования чего-либо в реальности предполагает создание модели, и идея проведения профессиональных проб в VR-среде относится именно к этому. VR-решения для отработки навыков и практических умений активно используются во многих компаниях, в том числе в Росатом, РЖД и многих других. Инструментарий для работы в VR приложениях за последние 10 лет начал появляться в российских школах в рамках таких образовательных проектов как «Кванториум», «Точка роста», «IT куб», «Школа креативных индустрий» и др. Это позволяет нам рассчитывать, что сервис цифровых микро-профессиональных проб, реализованный посредством технологий виртуальной реальности, получит широкое распространение в школах разных регионов России и других стран, поможет, в среднесрочной перспективе, решить проблему подготовки инженерных кадров благодаря притоку в отраслевые учебные заведения высокомотивированных, осознанно принявших решение о выборе направления подготовки абитуриентов, что, в свою очередь, позволит системно решать кадровый вопрос в высокотехнологичных отраслях, и сфера нефтедобычи – лишь первый «пробный камень».

Принципиальная схема и задача симулятора

Разрабатываемое приложение в общем смысле должно иметь следующую структуру: Механизмами, использующимися для выполнения работы являются непосредственно пользователи, к которым относятся учащиеся нефтяного сектора и лица, интересующиеся нефтяной промышленностью, а также база данных сбора информации о пользователях

(ФИО, почтовый адрес, номер школы и время проведенное в сессии) и аналитики времени прохождения, в процессе деятельности, которые выполняют определенные действия направленные на получение конечного результата, такими как: действия по добыче нефти в нефтяной башне 19 века, управляя всем процессом вручную, действия по добыче нефти в современном мире, путем командования персоналом и прохождение обучения на миниатюрной модели нефтедобывающей станции, управление и осуществление контроля выполнения работ по ознакомлению пользователей с историей и процессом работы нефтедобывающей промышленности осуществляется за счёт медиа-материалов и информации об истории развития нефтедобывающей промышленности, а также специальной системой в виде виртуального помощника и чек-листа, отражающего процесс выполнения заданий, что на выходе позволяет пользователю приобрести знания по истории развития нефтедобывающей промышленности и по процессу добычи нефти в 19 веке и современности. Все эти данные указаны в контекстной диаграмме IDEF0 представленной на рисунке 1.



Рис. 1 – Контекстная диаграмма симулятора виртуальной реальности

Сценарий и идея приложения

В приложении реализованы:

1) этап адаптации, в которой игрок знакомится с инструментами и принципами управления в VR-пространстве;

2) этап «истории», где игроку предлагается пробурить скважину при помощи механизированных инструментов XIX века;

3) этап современности, где он производит гидравлический разрыв пласта – одну из наиболее высокотехнологичных операций по интенсификации добычи нефти XX-XXI века (рис. 2.).

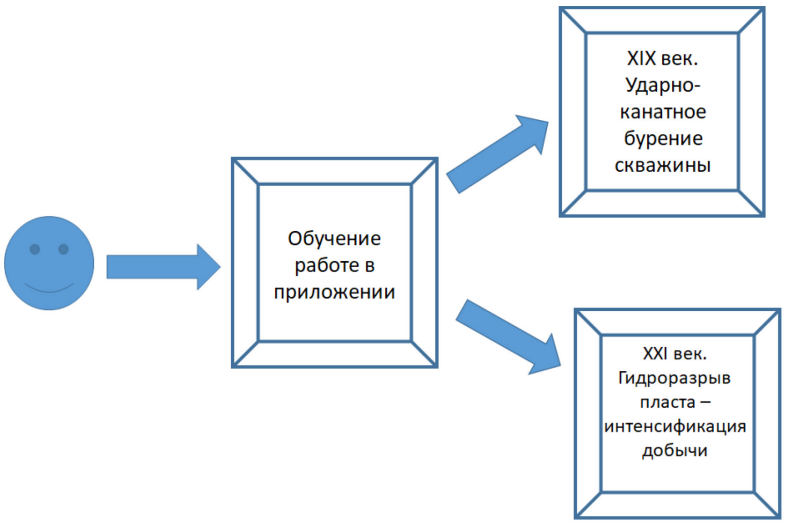


Рис. 2 – Схематическое описание сценария приложения

Время прохождения каждого этапа в значительной степени зависят от пользовательского опыта. Так, базовое время прохождения каждого из основных этапов для опытного пользователя составляет порядка 7-9 минут. Для пользователя, не знакомого с VR-технологиями, время прохождения увеличивается и доходит до 7-10 минут на прохождение обучающей локации и 20-25 минут на каждый из основных этапов.

В рамках первого этапа игрок попадает в реалии нефтедобывающей отрасли XIX века, где, используя базовые инструменты того времени, преимущественно, ручного и механического труда, бурит скважину ударно-канатным способом. Этот способ предполагает многократные удары о землю остроконечного стального долота, подвешенного на проволочном канате, и базируется на дроблении грунта, откуда и происходит название. После разрушения частицы породы извлекаются из котлована [7].

Цель этапа – познакомить школьника с принципиальной идеей нефтедобычи, как она выглядела в те времена, когда пласты были легкодоступны и работа не требовала применения сложных технологических решений. При помощи ручного и частично механизированного труда было несложно пробурить скважину и получить фонтан нефти или ее «бассейн» на небольшой глубине в несвязанном состоянии («можно черпать ведром»).

Второй этап знакомит школьника с реалиями нефтедобывающей отрасли нашего времени, XXI века. Игрок может «примерить на себя» работу инженера, который в своей регулярной деятельности использует сложные межотраслевые научные инженерные разработки для оптимизации и интенсификации процесса нефтедобычи. Здесь мы смещаем фокус деятельности специалиста с непосредственной деятельности по нефтедобыче на организацию и управление данным процессом, что и предполагается в результате автоматизации.

Вначале игрок «моделирует» процесс гидроразрыва пласта на модельном стенде, демонстрирующем физические принципы процесса – раскрытие трещины высоким давлением и распирание ее при помощи проппанта. Успешно завершив моделирование, он может, проведя серию лабораторных экспериментов, узнать размер частиц проппанта, необходимого для работы на данном месторождении, и уже после этого отдать последовательность команд операторам установок «флота гидроразрыва», чтобы провести разрыв уже «настоящего» пласта.

Акцент сделан на том, что, в отличие от прежних времен, работа современного инженера-нефтяника – это работа высококвалифицированного специалиста, которому необходимо понимание физических процессов, навыки исследовательской работы, компетенции из сферы IT.

Уровень игрофикации – гипотеза и итоговая реализация

Первоначально мы закладывали в проект высокую вариативность действий игрока, предполагающую возможность совершения ошибок по всей цепочке технологических

операций, ведущих к проигрышу. Помимо очевидного повышения играбельности и вовлеченности, мы ориентировались на то, что такой подход позволит повысить образовательные результаты тренажера по сравнению с «игровыми рельсами», когда приложение ведет игрока по единственному возможному пути, не давая ему отклониться от правильного сценария. Так, игра могла закончиться проигрышем, если бы игрок нарушил правила пожарной безопасности и допустил пожар внутри деревянной нефтяной вышки XIX века, погнул бы буровой инструмент, неверно его расположив, выбрал бы неверный размер проппанта и много иное. Проведенные функциональные тесты (см.ниже) показали, что в случае, когда школьник совершенно не знаком с VR-технологиями, сложность управления становится для него настолько высокой, что ему не хватает сил и внимательности на принятие нестандартных решений.

Вследствие этого мы отказались от вариативности и ввели в симулятор ряд решений, помогающих игроку идти по правильному пути и лишающих его возможности совершить ошибку. Тем не менее, даже сейчас VR-симулятор не предполагает четкого алгоритма действий, который мы можем видеть на тренажерах, где стоит задача заучить четкую последовательность действий. Стремясь научить игрока принципам, а не алгоритмам, мы оставляем за ним определенную свободу исследования пространства и вариативность выполнения операций в той мере, в которой она не противоречит логике моделируемых технологических процессов.

Функциональные тесты. Дизайн и результаты

Функциональные тесты (то есть, тесты, направленные на понимание принципиальной возможности использования приложения целевой аудиторией – школьниками 8-10 классов) на базе МБОУ СОШ №7 г. Абакан проводил один из соавторов данной работы, Вячеслав Осипов. За промежуток времени с августа по ноябрь 2022 года было проведено порядка 40 тестов в которых приняли участие 22 обучающихся. Тестирование проводилось по следующей схеме: Первоначально игроку предлагалось самостоятельно разобраться с приложением. В случае затруднений, ему предлагалось описать, что он видит и рассказать свои мысли. Посредством наводящих вопросов игрок доходил до верных действий и продвигался по виртуальному пространству вплоть до следующего затруднения. В случае критических сложностей экспериментатор надевал шлем на себя и самостоятельно проходил сложный участок, параллельно рассказывая игроку, что он сделал. По завершении симуляции игроку задавался ряд открытых вопросов, чтобы понять его восприятие процесса, как он сам может описать возникшие трудности и что он, по его мнению, видел и делал.

После каждой серии тестов в техническое задание на разработку вносились изменения и приложение дорабатывалось для повышения usability. По результатам тестов версия приложения была поднята с V1.3 до V1.6, которая является итоговой по состоянию на 11.12.2022 года и будет представлена педагогическому сообществу г. Сургут для встраивания в образовательное пространство территории.

Тесты показали следующие проблемы, которые были, по возможности, решены:

– школьники, не знакомые с VR-оборудованием с большим трудом справляются с управлением контроллерами Oculus Quest 2, которое первоначально не кажется им интуитивным. В качестве решения мы сделали максимально подробные подсказки, которые появляются на нулевом этапе игры.

– школьникам непонятно, что нужно делать. В отличие от привычных им квестов на экране компьютера, погружаясь в виртуальную реальность, они не готовы «исследовать» её, пытаясь найти решение. Мы связываем это с высокой когнитивной нагрузкой, обусловленной применением принципиально нового инструмента (VR-оборудование) и, соответственно, нехваткой когнитивных усилий на любопытство и желание экспериментировать внутри приложения. В результате мы отказались от вариативности игры и склонились к сценарию «рельсов», предполагающих, что приложение не позволяет игроку свернуть с пути, ведущего к успеху.

– физически школьникам сложно находиться внутри VR-среды более 30 минут. На физиологическом уровне это проявляется в головокружении, слабости и легкой тошноте. В период функциональных тестов такая реакция наблюдалась у 18% участников. Пик негативных ощущений, при наступлении которого было необходимо прервать работу участника в симуляторе, достигался к 18 - 22 минуте. Поскольку сложность процессов, которые мы моделируем, не предполагает сокращения сценария, на настоящий момент мы склоняемся к тому, что при использовании приложения в образовательном процессе необходимо будет применять два подхода - то есть, первоначально игрок проходит первый этап, отдыхает, и только потом (возможно, в другой день) – второй.

Выводы

По итогу проведенной разработки и тестирования можно ответственно заявить следующее:

– Рассмотренная модель сервиса цифровых микро-профессиональных проб «Виртуальный мир профессий: инженер-нефтяник» представленная в виде VR-сервиса действительно демонстрирует реалии профессии в XIX и XXI веке, что подтверждается привлеченными в ходе разработки специалистами ПАО “Сургутнефтегаз”

– Модель может применяться целевой аудиторией – школьниками 8-10 классов, но, скорее всего, по двухэтапной схеме, чтобы не превышать физически комфортное время в 30 минут.

– В случае, когда школьник совершенно не знаком с VR оборудованием, крайне желательно присутствие знакомого с приложением педагога, который поможет ему освоиться с управлением в первые минуты.

Список литературы

1. Карьеры разошлись с дипломами в разные стороны – Картина дня – Коммерсантъ [Электронный ресурс] https://www.kommersant.ru/doc/4492476 (дата обращения 08.12.2022).
2. Билет в будущее [Электронный ресурс] https://bvbinfo.ru (дата обращения 08.12.2022).
3. Концепция «Школа Минпросвещения России». [Электронный ресурс]: URL: http://dpo-smolensk.ru/august/2022/dokument/Prilozhieniie_1_ kontsieptsiia_Shkoly.pdf (дата обращения: 08.12.2022).
4. *Марчевскская Т.Н., Петрова Н.А., Ходакова О.А.* Модель виртуального пространства учебной дисциплины. – Смоленск: ГАУ ДПО СОИРО, 2019. – 32 с.
5. *Феоктистова Т.В.* Профориентация как средство обеспечения основ трудовой социализации школьников (5-7 классов) : специальность 13.00.01 "Общая педагогика, история педагогики и образования" : диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Феоктистова Татьяна Викторовна. – Казань, 2005. – 185 с.
6. Постановление Госкомтруда СССР, Президиума ВЦСПС от 25.10.1974 N 298/П-22 (ред. от 29.05.1991) "Об утверждении Списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день" [Электронный ресурс]: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72595/ (дата обращения: 08.12.2022).
7. Ударно-канатное (канатное) бурение - Что такое Ударно-канатное (канатное) бурение? - Техническая Библиотека Neftegaz.RU [Электронный ресурс]: URL: https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/147783-udarno-kanatnoe-kanatnoe-burenie/ (дата обращения: 08.12.2022).

2.3.5.

Т.А. Деменкова канд. техн. наук, К.И. Хохлюшкин

МИРЭА - Российский технологический университет (РТУ МИРЭА),
Москва, demenkova@mirea.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЦИФРОВОГО РЕЗЕРВИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ОБМЕНА

В статье рассматривается актуальная проблема повышения надежности цифровых вычислительных устройств. Представлена методика разработки оптимальной высоконадежной структуры цифрового вычислительного комплекса с использованием встроенного тестового контроля, позволяющей повысить надежность всех элементов, входящих в его состав. Дана сравнительная оценка наиболее популярных направлений повышения надежности структурным способом для устройств, применяемых в системах управления различного назначения. Показана возможность использования методики при разработке цифровых устройств на отечественной элементной базе.

Ключевые слова: *цифровой вычислительный комплекс, устройство обмена, надёжность, иерархическая структура, тестовый контроль.*

В связи с созданием сложных цифровых систем управления летательными аппаратами, проблема их надёжности и долговечности является одной из важнейших, стоящих перед разработчиками.

Основным из критериев, определяющих надёжность изделия, является выбор её структуры. Существует несколько структурных способов повышения надёжности – поэлементное и поузловое резервирование, резервирование на уровне канала системы, на уровне прибора, резервирование замещением и т. д. Широкое распространение получили два направления:

1. Создание гибких, перестраиваемых структур с резервированием на уровне прибора с применением соответствующих логических управляющих устройств и коммутационных устройств, обеспечивающих перестройку системы с целью выбора функционирующей структуры:

2. Создание жестких структур с поэлементным и поузловым резервированием без перестройки.

Так как задачи, стоящие перед современными цифровыми системами управления разные, а также разные и их сроки службы, время между проверками и возможность ремонта, то актуальна задача выработки рекомендаций, дающих возможность определить оптимальную по надёжности структуру разрабатываемых цифровых устройств [1-4].

Рассмотрим структуру трехканального изделия, которое содержит в себе следующие узлы:

- Вычислительное устройство (ВЧУ) – как правило представляет из себя процессор и канал ввода-вывода;
- Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- Устройство обмена (УО) – устройство, предназначенное для организации ввода-вывода и преобразования цифровой и аналоговой информации;
- Блок питания (БП);
- Прибор организации структуры (ПОСТ) – прибор, обеспечивающий перестройку системы при обнаружении неисправностей в каналах.

Данная структура сохраняет работоспособность до одного исправного канала каждого из устройств. Для обеспечения указанной логики работы все приборы, входящие в систему, подвергаются тестовому контролю и при выявлении неисправности, система осуществляет перестройку.

При абсолютно надёжных коммутационных устройствах и выявлении любой неисправности с помощью тестового контроля в каждом приборе, входящем в систему, вероятность безотказной работы $P_A = (1-q^3_{ВЧУ})\ (1-q^3_{ОЗУ})\ (1-q^3_{ПЗУ})\ (1-q^3_{ВЧУ})\ (1-q^3_{УО})\ (1-q^3_{БП})\ (1-q^3_{ПОСТ})$, где q – вероятности отказа соответствующих устройств, а $P_i = 1-q_i$ – вероятность безотказной работы (надёжность) системы.

В настоящий момент проведение полной проверки вычислительного устройства, ОЗУ и ПЗУ легко реализуема, однако полная проверка остальных устройств может составить большие технические трудности.

Рассмотрим трехканальную систему, охваченную частичной проверкой.

Надёжность трехканального устройства с идеально надёжными мажоритарными элементами $P_1 = P^3+3P^2q$, где P – надёжность (вероятность отказа) канала, $P = e^{-n\lambda t}$; n – число элементов в канале; λ – интенсивность отказов элементов; t – время работы.

Сравним надёжность данной системы (P_1) с надёжностью трехканальной системы, охваченной частичным тестовым контролем (P_2) при идеальных надёжных мажоритарных элементах и логическим коммутатором, обеспечивающим работоспособность до одного исправного канала:

$P_2 = P^3 + 3(AP)^3\ (\frac{1}{A})^2\ (1-\frac{1}{A}) + 3(AP)^2(1-AP)\ \frac{1}{A} + 3AP(1-AP)^2\frac{1}{A}$,

где AP – надёжность проверяемой части канала;

$\frac{1}{A}$ – надёжность непроверяемой части канала. Здесь $1 \le A \le \frac{1}{P}$,

$AP = P^K$;

$A = P^{K-1}$, где $0 \le K \le 1$ – доля элементов, охваченных тестовым контролем.

На рисунке 1 приведен график функции $q_1/q_2 = f(K)$ для n = 150, t = 4000, $\lambda = 10^{-7}$ 1/ч. $q_1 = 1 – P_1$; $q_2 = 1 – P_2$ – вероятности отказа первого и второго вариантов схемы.

Приращение надёжности ΔP от введения частичной проверки будет:

$\Delta P = 3P(1-P)(1-AP) > 0$, при $K > 0$.



Рис. 1 – График выигрыша в надежности от введения частичного тестового контроля

Таким образом ведение частичного тестового контроля приводит к увеличению надёжности, однако анализ графика показал, что реальный выигрыш в надёжности от введения проверки и перестройки комплекса, обеспечивающий работоспособность до одного исправного канала, по сравнению с надёжностью трехканальной структуры, работающей по принципу «2 из 3-х» получается при полном (или близком к нему) охвате устройства проверкой.

УО относится к классу иерархических устройств, отличительным признаком которых является наличие группового и разрядного оборудования. Групповым оборудованием является та часть устройства, в которой неисправность любого элемента приводит к выводу

из строя целого канала устройства. Разрядное оборудования, эта часть устройства, обслуживающая один абонент. Неисправность разрядного оборудования выводит из строя только тот узел, которому оно принадлежит.

Вероятность безотказной работы трехканального иерархического устройства с идеальными мажоритарными органами, содержащего n одинаковых разрядных узлов, будет:

$P_3 = P_{гр}^3 (P_p^3 + 3P_p^2 q_p)^n + 3P_{гр}^2 q_{гр} P_p^{2n}$,

где $P_{гр}$ ($q_{гр}$); P_p (q_p) – соответственно надежность (вероятность отказа) группового и разрядного оборудования.

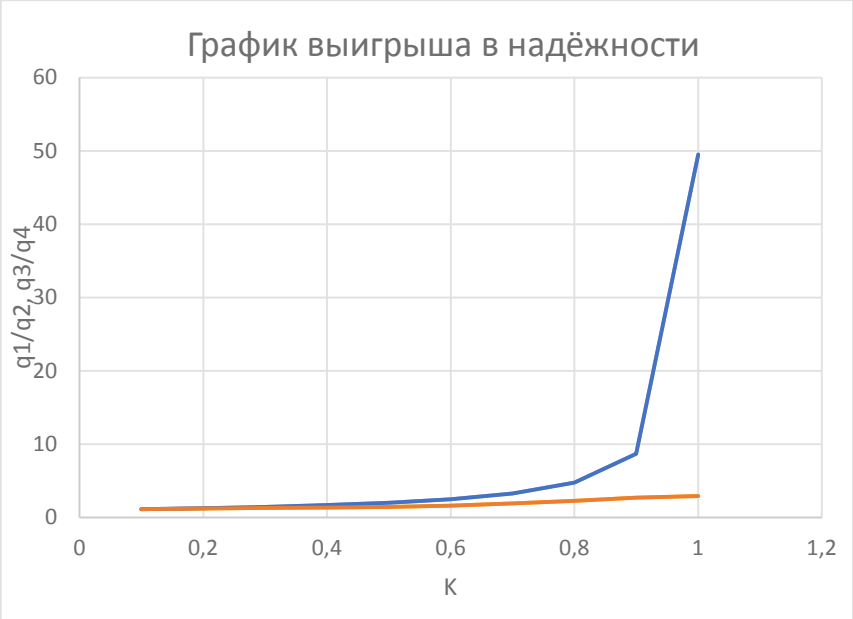


Рис. 2 – График выигрыша в надёжности для системы
с введением частичного тестового контроля группового оборудования

Несмотря на то, что полная проверка УО в составе цифрового вычислительного комплекса представляет большие технические трудности, довольно просто организовать полную проверку группового оборудования. Вероятность безотказной работы такого устройства:

$P_4 = P_{гр}^3 (P_p^3 + 3P_p^2 q_p)^n + 3(AP_{гр})^3 (\frac{1}{A})^2 (1- \frac{1}{A}) P_p^{2n} + 3(AP_{гр})^2 (1-AP_{гр}) \frac{1}{A} P_p^n + 3(AP_{гр}) (1-AP_{гр})^2 \frac{1}{A} P_p^n$,

где $AP_{гр}$ – надёжность группового оборудования, охваченного проверкой;

$\frac{1}{A}$ – надёжность группового оборудования, не охваченного проверкой;

$A = P_{гр}^{K-1}$, где К – доля группового оборудования, охваченного проверкой.

Приращение надёжности ΔP_2 от введения проверки будет:

$\Delta P_2 = P_4 – P_3 = 3P_p^n P_{гр} (1 – P_p^n P_{гр})(1 – AP_{гр}) > 0$; при $K > 0$.

На рисунке 2 приведена кривая $q_3/q_4 = f(K)$

для $n_{гр} = 150$, $n_p = 32$, $n = 18$, $t = 4000$, $\lambda = 10^{-7}$ 1/ч.

$q_3 = 1 – P_3$; $q_4 = 1 – P_4$ – вероятности отказа.

Анализируя график видно, что введение самопроверки группового оборудования не даёт ощутимого приращения надёжности.

Исходя из того, что самопроверка группового оборудования УО нецелесообразна, а полная проверка УО, ПОСТ и БП невозможна и выход из строя одного канала БП выводит из строя весь канал системы, данный структурный способ повышения надёжности является неэффективным для цифровых систем управления летательными аппаратами. Соответственно для сложных цифровых систем управления рекомендуется создавать жесткую структуру с поэлементным и поузловым резервированием, а перестройку системы применять только в том случае, когда имеется возможность осуществления полной или близкой к ней проверки системы в целом.

Список литературы

1. *Бочаров Н.А., Елисеев Р.В., Парамонов Н.Б., Янко Д.В.* Катастрофоустойчивость бортовых вычислительных систем на базе микропроцессоров “Эльбрус”// Наноиндустрия, 2019. - С. 107-112.
2. *David Coit, Enrico Zio.* The evolution of system reliability optimization. Reliability Engineering and System Safety, 2019, 192, pp.106259. ff10.1016/j.ress.2018.09.008ff. ffhal-02428529
3. *Ахмедов Б.А.* Динамическая идентификация надежности корпоративных вычислительных кластерных систем// Academic research in educational sciences, 2021. - С. 495–499.
4. *Egorov I.V.* Simulation model of dependability of redundant computer systems with recurrent information recovery. Dependability 2018;3: 10–17. DOI: 10.21683/1729–2646–2018-18-3-10-17

2.3.5.

В.Н. Дюпин

Саровский физико-технический институт,
филиал «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
факультет информационных технологий и электроники,
кафедра вычислительной и информационной техники,
Саров, rehcraeser@mail.ru

СЛОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

В работе представлено описание алгоритма построения слоя динамической детализации объектов виртуальной реальности. Приводится пример обработки исходных данных. Рассматриваются варианты расширения множества характеристик объектов путем построения слоя динамической детализации объектов виртуальной реальности.

Ключевые слова: *виртуальная реальность, виртуальное адаптационное пространство, компьютерное зрение, декомпозиция, моделирование.*

Введение

Системы виртуальной реальности активно используются в современном информационном обществе. Внедрение технологий виртуальной реальности в различные сектора производства позволяет создавать интерактивные тренажеры для обучения персонала крупных компаний.

Цифровые модели производственных процессов представляют собой упрощенные математические модели физических процессов, погруженные в компьютерную среду для взаимодействия субъекта виртуальной реальности с процессами моделируемой среды.

Существует несколько классов систем взаимодействия субъекта виртуальной реальности с цифровой моделью объекта исследования:

– системы виртуальной реальности – комплекс программных и аппаратных средств для создания цифровой модели окружающей действительности и воспроизведения этой модели на каналы восприятия субъекта виртуальной реальности в реальном времени;

– системы дополненной реальности – узкий класс систем виртуальной реальности, который позволяет на базе методики проецирования компьютерной модели на канал восприятия человека создать иллюзию погружения в виртуальный мир (в частности, проецирование трехмерной компьютерной модели на визуальный канал восприятия человека);

– системы виртуального адаптационного пространства – гибридный класс систем виртуальной и дополненной реальности, которые позволяют сбалансировать комплексное воздействие на каналы восприятия субъекта виртуальной реальности с целью восстановления поврежденных каналов восприятия.

Известно, что доминирующую роль в восприятии человека занимает канал восприятия визуальной информации. На втором месте находится канал аудиального восприятия мира. Остальные ощущения формируют кинестетический канал восприятия.

В статье рассматривается метод формирования динамического восприятия объектов виртуального адаптационного пространства за счет предварительной обработки исходных визуальных данных.

Объектом исследования работы является виртуальная реальность. Предметом исследования является виртуальное адаптационное пространство.

Цель исследования заключается в выработке методологии погружения сложных многокомпонентных объектов в виртуальную реальность и динамическом проецировании характерных черт этих объектов на каналы восприятия субъекта виртуальной реальности.

Материалы и методы

В [1] представлен метод погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство. Метод погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство базируется на декомпозиции исходных данных, которая включает этапы сегментации визуальной информации и этап классификации данных. Метод погружения объектов в виртуальное пространство осуществляет предварительную трансформацию цветовых пространств исходных визуальных данных [2], а затем осуществляет фильтрацию данных по оттенкам серого цвета объектов исходных данных. Недостаток метода заключается в классификации объектов имеющих перекрытие ключевых контуров объектов другими объектами.

В [3] представлен метод обобщения свойств сегментов исходных данных, полученных методом погружения объектов в виртуальное пространство. Известны методы обработки визуальных данных с использованием искусственных нейронных сетей [4]. Хотя методы обработки данных с использованием искусственных нейронных сетей наиболее близки по своей природе к работе естественной нейронной сети человека и могут давать высокие результаты по обнаружению и распознаванию образов, но эти методы крайне чувствительны к классу распознавания образов, получаемых из исходной обучающей выборки.

На рисунке 1 представлен фрагмент исходных данных погружаемых в виртуальное адаптационное пространство.



Рис. 1 – Исходные данные

На начальном этапе выполняется преобразование цветовых пространств исходного изображения. На следующей итерации выполняется операция выделения объекта наблюдения путем поиска объекта с максимальной площадью, расположенного на

минимальном расстоянии от центра изображения. На третьей итерации осуществляется определение контура объекта наблюдения. На четвертой итерации выполняется дробление оттенков цвета у компонентов объекта наблюдения и повторяются предыдущие итерации для получения информации о деталях объекта наблюдения.

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма динамической детализации объектов. Объекты окружающего мира отражают свет и формируют цветовые маркеры, которые считываются видео сенсорами системы виртуального адаптационного пространства. Процессор виртуального адаптационного пространства преобразует изображение в соответствии с алгоритмом преобразования данных и осуществляет переход в цветовое пространство градации серого цвета. Получив информацию о классе серого цвета процессор виртуального адаптационного пространства извлекает информацию о контурах объектов. Контур объекта погружается в виртуальное адаптационное пространство. С течением времени виртуальное адаптационное пространство запрашивает данные о деталях объекта наблюдения.

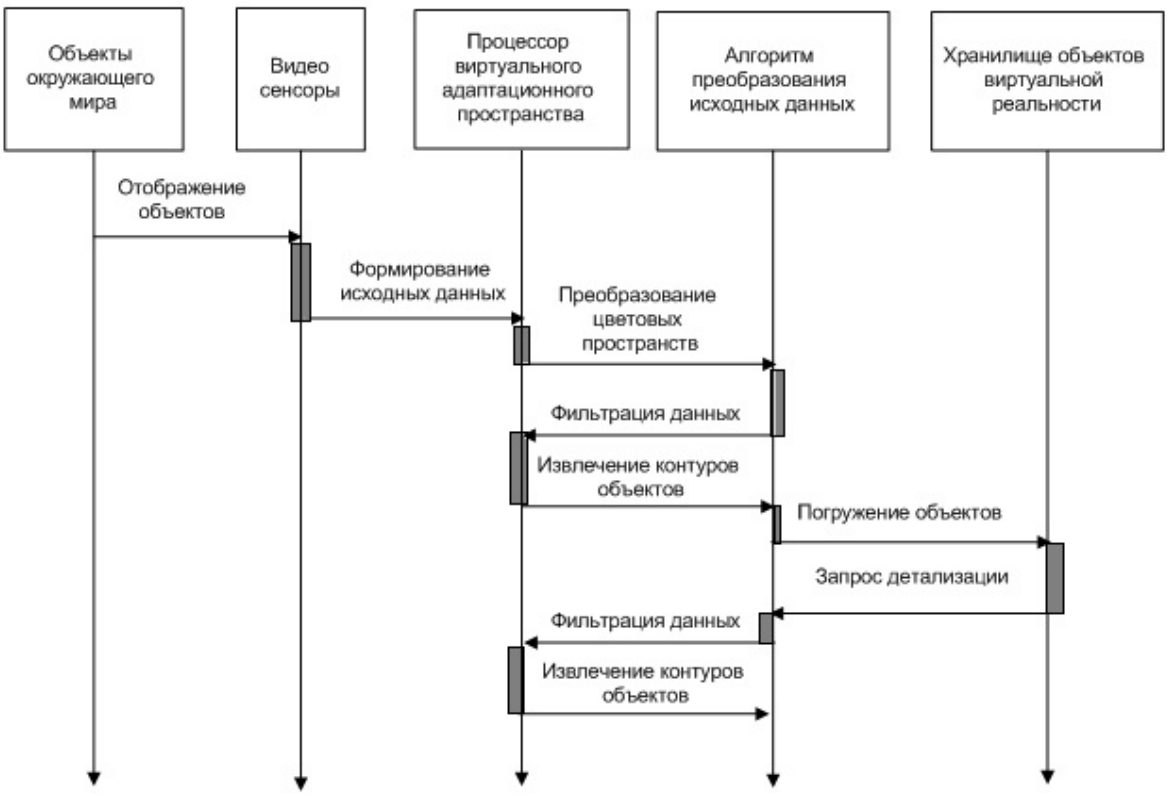
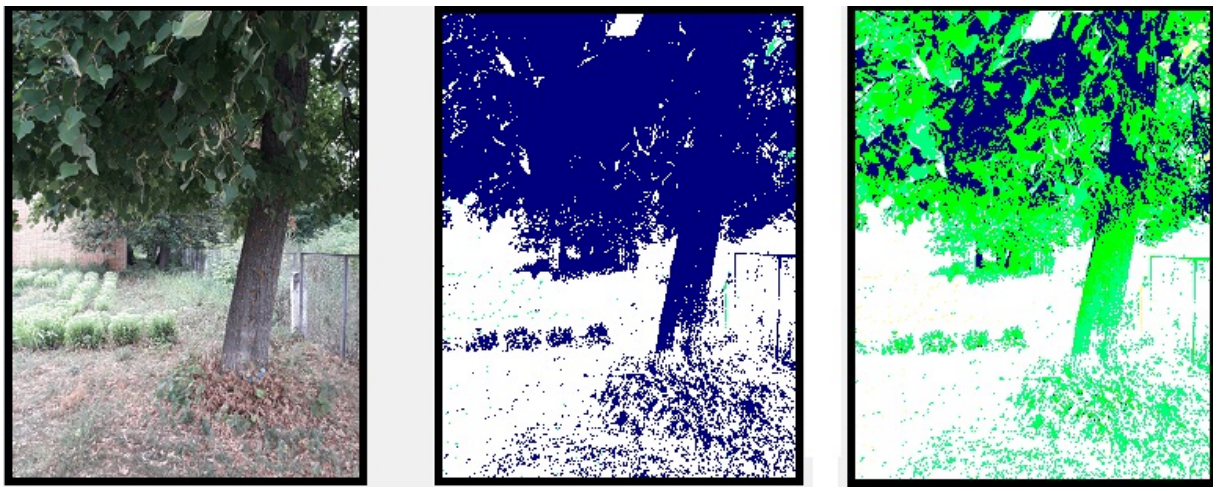


Рис. 2 – Алгоритм динамической детализации объектов

Результаты

На рисунке 3 представлен результат обработки исходных данных. Слева расположено исходное изображение. По центру рисунка 3 расположен объект виртуального адаптационного пространства. Справа – расположен результат построения слоя динамической детализации над объектом виртуального адаптационного пространства.



а) б) в)

Рис. 3 – Результат построения слоя динамической детализации:
а – исходные данные, б – первый слой, в – второй слой детализации

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что слой динамической детализации объектов позволяет извлечь и погрузить больше характерных черт объектов окружающего мира в виртуальное адаптационное пространство. Изменение уровня детализации не приводит к изменению контура исходного объекта виртуального адаптационного пространства, что позволяет сформировать инвариантные классы характеристик объектов для алгоритмов их отображения и сопоставления границ.

Список литературы

1. *Дюпин В.Н.* Метод классификации объектов виртуального адаптационного пространства. – Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 51-56.
2. *Королев Д.* Цветовые модели и пространства. Компьютерная графика. [Электронный ресурс] URL: https://stepik.org/lesson/19092/step/2?unit=4524/ (дата обращения: 03.01.2023).
3. *Дюпин В.Н.* Многокомпонентный ассоциативный слой виртуального адаптационного пространства. – Научно-технический вестник Поволжья – 2022. – № 11. – С.167-170.
4. *Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А.* НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ // Научное обозрение. Технические науки. – 2019. – № 2. – С. 17-23.

2.3.5.

С.П. Евсеева, С.П. Кайгородов канд. физ.-мат. наук

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им М.К. Аммосова,
Институт математики и информатики,
Кафедра математической экономики и прикладной информатики,
arylychokur@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

В данной работе рассматриваются вопросы проектирования технического задания для разработки программного обеспечения автоматизированного сбора первичных данных при проведении социологических исследований в Республике Саха (Якутия).

Ключевые слова: *программное обеспечение, социологическое исследование, сбор данных, первичные данные.*

Цель исследования заключается в разработке предложений к техническому заданию по созданию программного обеспечения автоматизированного сбора первичных данных в проводимых социологических исследованиях на территории Республики Саха (Якутия).

Объект – автоматизация методики и техники сбора первичных данных в социологических исследованиях в Республике Саха (Якутия) для получения качественных эмпирических данных.

Предмет - программное обеспечение автоматизированного сбора первичных данных в социологических исследованиях на территории Республики Саха (Якутия).

Подготовка к обработке социологической информации, полученной в ходе исследования, начинается еще на этапе разработки инструментария социологического исследования. Но важным этапом, при котором формируется основной материал для обработки, обобщения и дальнейшего анализа, является этап сбора первичных данных. [1] В рамках данного этапа для качественных полевых работ появляется потребность в автоматизации сбора первичных данных, которая значительно позволит ускорить свод и передачу полученных данных от интервьюера к исследовательской группе.

На сегодняшний день, большинство исследовательских центров при проведении анкетных опросов в Республики Саха (Якутия) используют печатные анкеты как основной инструмент при проведении опросов среди населения. Учитывая низкую стабильность связи и интернета в некоторых труднодоступных районах, особенно в арктических, такой инструментарий удобен, нагляден и быстро восстанавливаем в случае утери или её порчи при транспортировке между населенными пунктами.

Как показывает практика, на полевом этапе работ также существует множество факторов, которые могут повлиять на сроки, репрезентативность, качество заполняемости и реальности интервью, а значит и на результаты всего исследования. [2] Не забывая те же самые перелеты интервьюеров. Так как бывают ситуации, когда из-за погодных условий в арктической зоне, происходят задержки рейсов на неопределенный срок. Тем самым, возникают множество рисков и факторов, которые необходимо учитывать исследовательской команде. Кроме того, после получения всех эмпирических данных, первым этапом является начало работы по оцифровке всего собранного печатного материала. Вторым этапом проводится большая работа по обработке массива данных. Данная технология обработки включает следующие этапы: верификацию, кодирование, контроль. В процессе, в ходе которого также могут случиться технические ошибки при посадке данных, контроле, кодировании, верификации, формировании базы и дальнейшей её выгрузке для анализа.

Почему же не использовать уже существующие программы и серверы для опросов? Поднимая вопрос об электронных анкетах и программах, как правило, некоторые представленные продукты направлены на анализ уже кодированных и проконтролированных данных. Исключая при этом сбор, свод и логический контроль заполненности анкет. Это статистические программы такие как: SPSS, STATISTICA, STADIA, SAS, STATGRAPHICS. [3] Но, к сожалению, эти пакеты не автоматизируют накопление массива на полевых этапах работ в отсутствии интернет-соединения. Также можно отметить высокую стоимость на получение подписки к данным продуктам. Далее переходя на сервисы онлайн-опросов в основном популярны современные онлайн-системы опроса для создания электронных анкет, которые могут быть размещены или переданы через любые социальные сети. После формирования анкеты создается ссылка на форму, которую необходимо заполнить респонденту. Но в условиях нашей республики, где интернет-соединения в некоторых населенных пунктах не стабильно и может даже отсутствовать. Данный способ автоматически исключается как инструмент сбора первичных данных. Существуют следующие онлайн- системы для создания опросов: survio, survey nuts, web ask, яндекс.формы, google формы и так далее.

Кроме того, стоит отметить вопросы информационной безопасности и требования компаний (заказчиков), которые заинтересованы в хранении данных на отечественных программах. Крупные исследовательские центры проводят разные виды исследования, которые требуют профессионализма. Так как правообладателем полученных данных являются заказчики исследования, только они имеют юридическое право распоряжаться ими. Учитывая все эти требования, стоит отметить, что как таковой отечественной программы, которая в условиях отсутствия интернета собирает, формирует базу, сохраняет её и передает при подключении к сети интернет отсутствует.

Вышеперечисленные моменты значительно влияют на оперативность и качество работы. Показывая на необходимость дополнительного контроля качества работы интервьюера, автоматизацию сбора ответов респондентов в период полевых работ на моменты отсутствия интернета и её сохранения, без участия третьих лиц. Программное обеспечение, которое будет функционировать независимо от наличия сотовой связи и интернета значительно бы ускорила и улучшила качество сбора данных интервьюера, в то же время сократила сроки исследования в целом.

В результате появляется необходимость в программном обеспечении, которое представляет собой одиночный отечественный продукт, имеющий функционал автоматизированного сбора первичных данных, контролирующий качество и логику заполненных анкет. При этом, обеспечивающая информационную безопасность и функционирующая независимо от наличия сотовой связи и интернета.

Описание программного обеспечения

Таблица – Термины и сокращения

ПОдСПДвСИ	Программное обеспечение для сбора первичных данных в социологических исследованиях, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций
БД	База данных
Форма	Инструментарий исследования – анкета, при помощи которой, будет проводится сбор первичных данных в социологических опросах.
ПД	Данные, которые ранее не существовали и которые собираются впервые с помощью социологических опросов.

Программное обеспечение, обеспечивающее автоматизацию процессов сбора первичных данных, обработки и представления информации, используемой в ходе проведения социологических исследований:

– сбор сведений об объектах социологических исследований, осуществляемый с использованием форм (электронных бланков опросов);

– сбор данных об объектах социологических исследований, осуществляемый с использованием Web-страниц и мобильных приложений;

– процессы подготовки форм (электронных бланков опросов) для Web-страниц и мобильных приложений, с последующей их верификацией и кодированием, в результате которых формируются ПД социологических исследований;

– процессы подготовки форм к обработке, с последующим их формированием в единую базу, верификацией и кодированием, в результате которого формируются ПД социологических исследований;

– человеко-машинная обработка заполненных форм, проводимая на разных этапах разными исполнителями, в т.ч. интервьюерами, в том числе постобработка, верификация, коррекция, формально-логический контроль и прочее;

– формирование нормализованных баз ПД социологических исследований, предназначенных для использования стандартизованными/унифицированными программно-техническими средствами;

– обработка записей в базе данных ПД для формирования сводной итоговой информации;

– коррекция и аналитическая обработка сводной итоговой информации в целях подготовки к публикации.

В рамках Работ, в разработке ПОдСПДвСИ, должны быть выполнены следующие задачи:

– обеспечить штатный режим функционирования ПОдСПДвСИ, в т.ч. следующих ее подсистем:

- подсистемы постобработки собранных данных социологических исследований;
- подсистемы формирование электронной анкеты для социологических исследований;
- подсистемы сбора и обработки социологической информации с использованием мобильных приложений;
- подсистемы сбора и обработки социологической информации с использованием Web-страниц (интервьюер);
- подсистемы промежуточного хранения собранной социологической информации при использовании Web-страниц (интервьюер) и мобильных приложений;
- подсистемы визуализации и анализа информации с использованием Web-страниц (администратор);
- подсистемы хранения данных.

– обеспечить дополнительные работы:

- разработку описаний дополнительных социологических исследований в подсистеме обработки и сбора первичной информации;
- разработку баз данных в подсистеме постобработки собранных данных социологических исследований;
- разработку дополнительных форм для Web-страниц;

Принцип работы программного обеспечения

Схема подключения

К системе необходимо подключиться из ПК по Web-странице (администратор). Модуль «администратор» ограничен в доступе и работает по определенному логину и паролю. Система «интервьюер» функционирует на планшетах, смартфонах после предварительного скачивания или установки на устройство, также есть возможность работы по ссылке к Web-странице (интервьюер). Модуль «интервьюер» также работает только по предварительно выданным логином и паролем. Каждый логин индивидуален и закрепляется за определенным интервьюером в период исследования.

Модули

Программное обеспечение состоит из двух модулей «Администратор» и «Интервьюер». Основной функцией системы «интервьюер» является сбор, формирование и хранение данных зафиксированные интервьюерами. ПД будут заноситься вручную по ранее заданной форме администратором и автоматически загружаться, формируя единую базу. При наличии

стабильного интернета, автоматически передавать материалы в общую базу, а в её отсутствии продолжает её формировать и хранить во внутренней памяти. После, при подключении интервьюером к сети интернет или wi-fi, данные будут переданы в базу данных «администратора» и транслировать ход работы. А именно, сколько человек опросил интервьюер в целом, с какими демографическим характеристиками и так далее. Критерии выборки формируются на этапе организационных работ исследовательской группы и описываются в зависимости от проводимого исследования, каждое исследование — это разная выборка. Данный процесс позволяет организаторам исследования мониторить данные и формировать отчеты уже на этапе «полевых» работ. На рисунке 1 изображен процесс работы интервьюера на Web-странице и мобильном приложении.

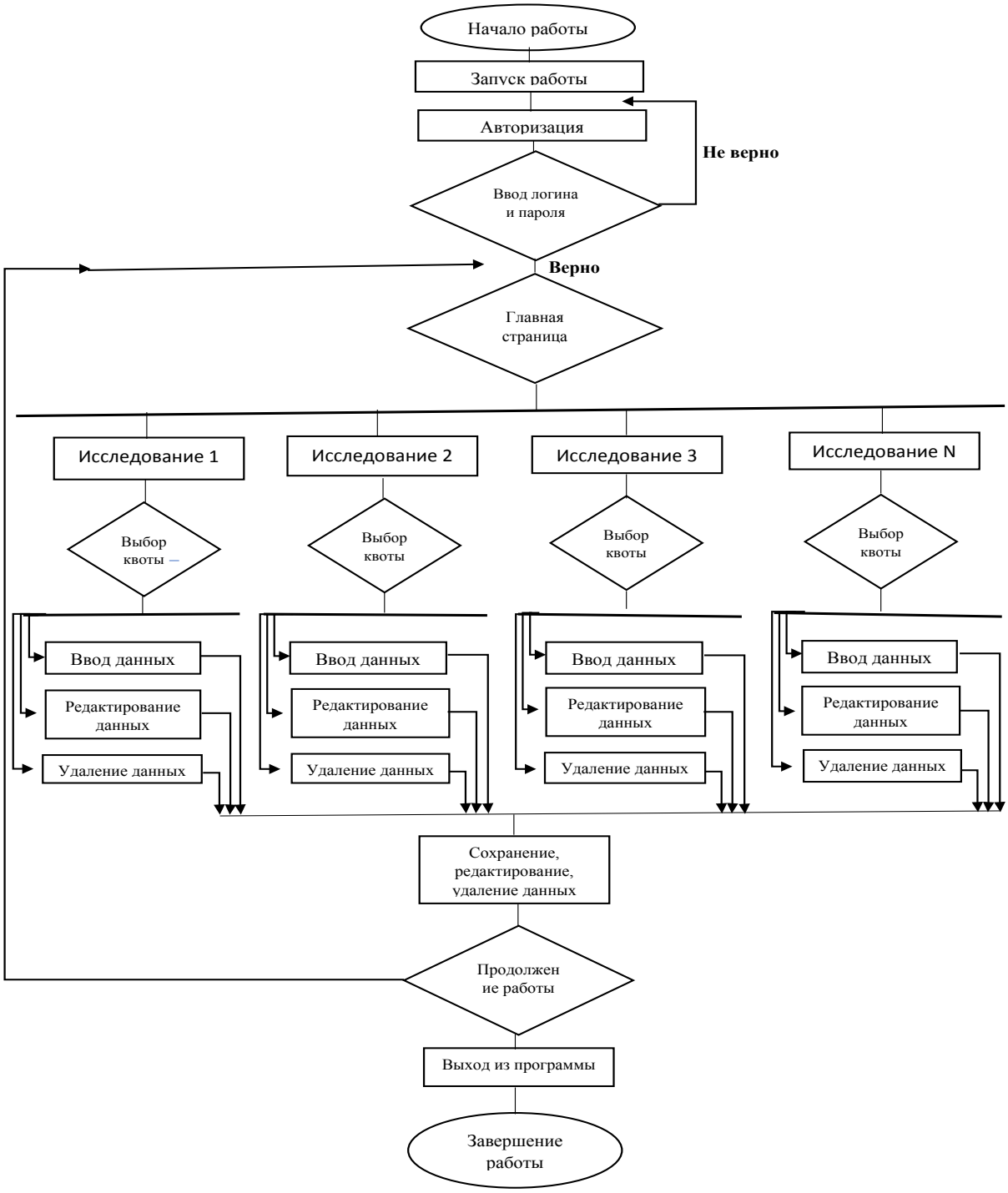


Рис. 1 – Графическая модель автоматизированного сбора первичный данных

Программа «администратор» отвечает за подключение устройств, настройку форм, настройку прав авторизации и доступа к определенным формам исследований, синхронизацию данных между БД в единую, мониторинг данных устройств интервьюеров. Также за отражением перечня показателей с точными наименованиями, макета таблиц, диаграмм, графиков, картосхем. Просмотр данных таблицы благодаря инструменту «PivotGrid» возможен в виде суммирования большого объема информации и отображения ее в форме кросс-таблицы. Также просмотр данных таблицы при помощи инструмента «TreeList» – предоставляет все функции, необходимые для транслирования информации, такой как дерево, сетка или их сочетание - в связанном или несвязанном режиме с полной поддержкой редактирования данных. Тем самым, позволяя мониторить первичные данные, полученные в период исследования, контролировать, анализировать их и выгружать в удобном для исследователя формате еще в процессе опроса.

Таким образом, в результате проделанной работы мы видим основные критерии, которые необходимо учесть в техническом задании для разработки программного обеспечения автоматизированного сбора первичных данных при проведении социологических исследований в Республике Саха (Якутия). Применение такого продукта позволит автоматизировать сбор первичных данных, а значит ускорит свод и передачу полученных данных от интервьюера к исследовательской группе. Тем самым уменьшая риски и факторы, с которыми можно будет столкнуться при проведении опросов на территории республики, а именно с учетом арктических территорий, где интернет-соединение бывает не стабильным.

Список литературы

1. *Каташинский В.С.* Методы сбора социологической информации: учеб. пособие/ М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2017. - С. 35-37

2. *Лавриненко В.Н.* Социология, – М.: ЮНИТИ, 2002. – С. 24-26

3. https://studme.org/41834/sotsiologiya/programmnye_produkty_poleznye_sotsiologicheskih_issledovaniyah#583 (дата обращения 10.11.2022)

2.3.5.

Т.А. Ершов, А.А. Голубничий

Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова,
Инженерно-технологический институт,
Кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, timofeyershovv@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

В статье описываются возможности применения графового анализа в сфере обработки данных. Описывается логика приложения по анализу текстовой информации на естественном языке. Приводится пример реализации такой логики программы для визуализации в виде графа взаимоотношений между персонажами книги "Дюна" Фрэнка Герберта.

Ключевые слова: *графовая аналитика, сетевой анализ, графы, анализ данных, статистические данные, Python, SpaCy, pandas, NumPy, pyvis, networkx.*

Введение

Графовая аналитика – это категория инструментов, используемых для применения некоторых алгоритмов, которые могут помочь аналитику понять взаимосвязь между записями базы данных графов.

Графы – это модель данных, в которой представлены соединения – ребра между объектами – узлами. Из этих связей возможно понять какие отношения существуют между узлами, что делает их столь же необходимыми в аналитике, как и сами узлы. Узлы обозначают точки в данных графика, к примеру это могут быть группы людей, учетные записи, организации, местоположения и др. Ребра же в свою очередь могут иметь направление, однонаправленное или двунаправленное, а также вес, отображающий силу соединения узлов. Благодаря алгоритмам и запросам, применяемым к ребрам/узлам графа, можно выявить релевантные взаимосвязи между ними [1].

Особенности и области применения графовой аналитики

Другие типы анализа данных, такие как EDA [2] опираются на обработку статистических данных и программирования для выявления идей, которые в дальнейшем определят вектор принятия решений, тогда как графовая аналитика использует алгоритмы и запросы для анализа отношений между узлами.

Графовая аналитика использует базы данных графов, которые являются важной частью расширенной аналитики, а также более гибкими, чем традиционные реляционные базы данных. Формат графа использует точки данных, присутствующие в базе данных как узлы, а отношения описываются как ребра. Ребра в графе отображают взаимосвязь между двумя связанными узлами. Также граф можно улучшить добавив маркировку ребер и узлов, чтобы более наглядно продемонстрировать природу отношений, и добавление весов к ребрам.

Графовая аналитика может использоваться в самых различных областях для принятия ключевых решений: выявление мошеннических действий; предотвращение кибер-угроз; работа с блокчейном и различными криптовалютами; принятие решений в области здравоохранения; портрет клиента 360 градусов; рекомендательные системы; визуализация цепочек поставок грузов и т.д. [3].

Визуализация данных методом графовой аналитики на языке программирования Python

В качестве примера визуализации разработана программа, которая изображает в виде графа взаимоотношения между персонажами книги Фрэнка Герберта – “Дюна”. Первым этапом в визуализации данных выступает обработка электронной версии книги на английском языке [4], с помощью библиотеки для создания методов обработки текстов на естественном языке “spaCy”, библиотеки “pandas” для работы с файлами и датафреймами и библиотеки “NumPy” для работы с многомерными массивами.

Файл с текстом разделяется на предложения, данные сохраняются в датафрейм в столбец под названием “Sentences”. Методами распознования именованных сущностей – NER (Named-entity Recognition), извлекаются соответствующие значения и помещаются в столбец “Entities”. После промежуточной обработки происходит поиск имен персонажей путем сравнения сущностей с именами, хранящимися в заранее подготовленном csv файле, и сохраняя в датафрейм в столбец “CharacterEntities”. Дальнейшим этапом выступает очистка пустых значений и всего того, что не отнросится к именам. На рисунке 1 показан промежуточный вариант обработки данных, описанный выше.

	Sentences	Entities	CharacterEntities
5	(Arrakis, ,, the, planet, known, as, Dune, ,, ...	[Dune, the week, Arrakis, Paul]	[Paul]
7	(The, old, woman, was, let, in, by, the, side,...	[Paul]	[Paul]
9	(The, old, woman, was, a, witch, shadow, –, ha...	[Jessica]	[Jessica]
12	(Paul, 's, mother, answered, in, her, soft, co...	[Paul]	[Paul]
20	(", \n\n, Within, the, shadows, of, his, bed, ...	[Paul]	[Paul]
...	...	...	...
16429	(", \n\n, Paul, stared, down, into, her, eyes,...	[Paul, Leto]	[Paul, Leto]
16435	(", \n\n, ", So, you, say, now, ,, ", Chani, s...	[Chani]	[Chani]
16437	(Jessica, whispered, .)	[Jessica]	[Jessica]
16441	(A, bitter, laugh, escaped, Jessica, .)	[Jessica]	[Jessica]
16443	(While, we, ,, Chani, ,, we, who, carry, the, ...	[Chani]	[Chani]

[4016 rows x 3 columns]

Рис. 1 – Результат выборки имен персонажей из книги

Получив промежуточный вариант в виде датафрейма, следующей задачей выступает его обработка. Для этого осуществляется циклический проход по датафрейму с проверкой вхождения имен в каждых следующих пяти предложениях и сохранения в отдельный список значений. После удаляются пустые вхождения; повторяющиеся вхождения, например: [“Paul”, “Paul”] так как у одного и того же персонажа не может быть взаимоотношений; одиночные вхождения, например: [“Jessica”], так как не может быть взаимоотношении у одного персонажа. Теперь на выходе остается лишь список с нужными взаимоотношениями по типу: [“Jessica”, “Paul”, “Thufir”]. Следующим шагом вхождения где есть 3 или более имен разбиваются на “Source” – источник и “Target” – цель. Конструкция примет следующий вид: Jessica –> Paul, Paul –> Thufir.

После всех манипуляций подсчитывается количество одинаковых взаимоотношений между персонажами и создается финальный csv файл с источником, целью и количеством взаимоотношений. Полученный набор данных выступает основой для построения графа. Для визуализации использовались библиотеки “pyvis” в комбинации с “networkx” и “community” – для создания и отображения графа и генерации отдельных групп сущностей.

На первом этапе подгружаются данные, которые были описаны ранее. Визуализированный граф представлен на рисунке 2.

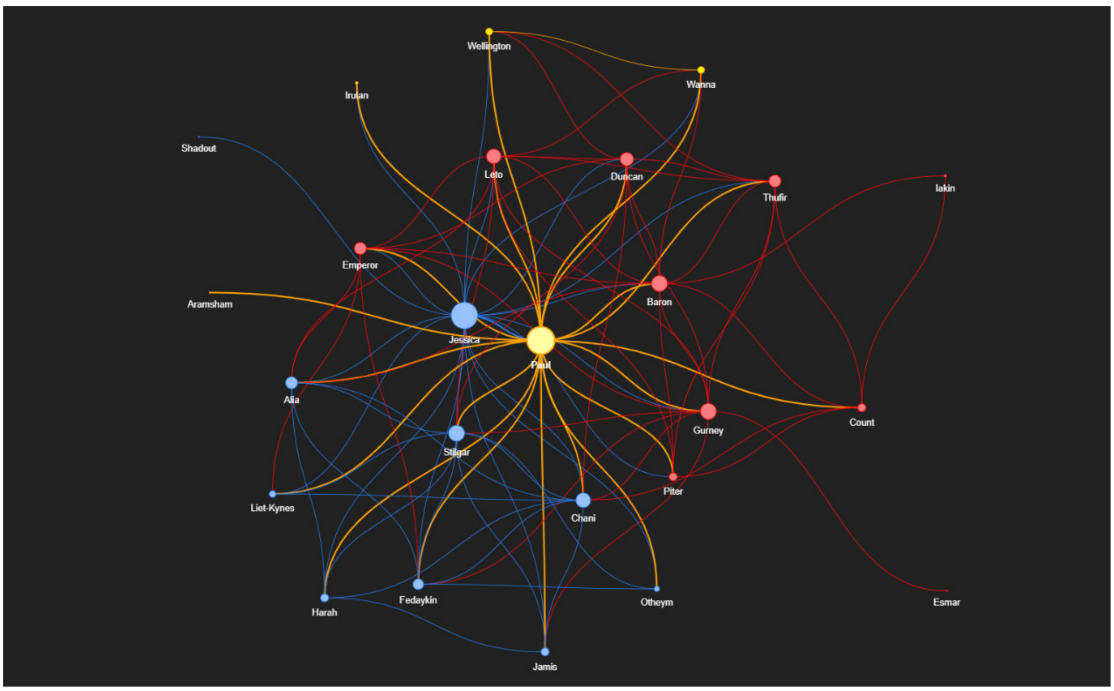


Рис.2 – Граф, показывающий взаимоотношения персонажей “Дюны”

Для расчета размера узлов суммируется каждое вхождение соединения в узел, данный параметр определяет размер узла. Для распределения узлов по группам используется алгоритм выявления сообществ в больших сетях под названием “Лувенский метод”. Он реализуется с помощью библиотеки “Community”. Сгруппированные узлы помечаются цветами. С помощью визуализации графа можно проанализировать данный и сделать следующие выводы:

– Персонажи с большим количеством взаимоотношений: Paul, Jessica, Baron – их можно отнести к ключевым персонажам, и благодаря их действиям происходят глобальные изменения на протяжении книги;

– Персонажи с наименьшим количеством взаимоотношений: Aramsham, Shadout, Esmar – второстепенные персонажи, которые встречаются пару раз за сюжет и особо ни на что не влияют;

– Благодаря разделению на сообщества можно определить какие персонажи взаимодействовали друг с другом вне своих групп на протяжении всей книги. Такими, например являются: Paul и Thufir.

Рассмотренный пример является лишь одним из возможных вариантов использования графовой аналитики в сфере обработки текстов на естественных языках для извлечения информации и взаимоотношений в художественном произведении в целях изучить сложное единство, художественную реальность, организованную по определенным законам, отражающим художественное мышление автора книги.

Заключение

Графовая аналитика вполне может стать крайне необходимым инструментом для анализа данных в эпоху, когда сами данные занимают терабайты и находятся в легком доступе. Благодаря множеству вариаций использования графовой аналитики данные можно анализировать более эффективного с помощью различных алгоритмов, которые помогают обнаруживать закономерности и легко решать возникающие проблемы.

Графовая аналитика может предложить новые способы взаимодействия с данными, например: визуализация связей между узлами; анализ объектов в контексте их окружения; выявление природы объектов благодаря весовым категориям между узлами.

Для работы с графовыми сетями уже существует множество различных инструментов , например: графовые системы управления базами данных; множество средств визуализации; программные библиотеки для языков программирования.

Данный подход к аналитике не ограничивается узким набором бизнес-областей. При должных знаниях для графов можно найти самые неожиданные области применения.

Список литературы

1. Towards Data Science. [Электронный ресурс] URL: https://towardsdatascience.com/graph-analytics-introduction-and-concepts-of-centrality-8f5543b55de3 (Дата обращения: 09.01.2023).
2. *Голубничий А.А*. Разработка системы автоматизации разведочного анализа данных / А. А. Голубничий, А. Д. Яблонцева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 8. – С. 52-55.
2. Хабр. Графовый анализ – обзор и области применения. [Электронный ресурс] URL: https://clck.ru/33Gnho (Дата обращения: 11.01.2023).
3. *Herbert Frank* – Dune. [Электронный ресурс] URL: https://royallib.com/book/Herbert_Frank/Dune.html (Дата обращения: 12.01.2023).

2.3.5.

И.Ю. Карандеева

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Абакан, irinakarandeeva@bk.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ВОЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В СОЧЕТАНИИ СО ШЛЕМОМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ

Рассмотрены возможности снижения аварийности на дорогах страны путем применения симуляторов вождения автомобиля. В работе приведен сравнительный анализ известных симуляторов вождения автомобиля. Проводится сравнительный анализ известных шлемов виртуальной реальности и выявляется наиболее подходящая модель для использования во время обучения вождению на компьютере. Представлены результаты применения выбранного симулятора и шлема виртуальной реальности в одной из автошкол и выявлено повышение качества вождения курсантов.

Ключевые слова: *симуляторы вождения автомобиля, компьютерное моделирование, снижение аварийности на дорогах, шлем виртуальной реальности.*

Введение. Аварии на дорогах нашей страны – это одна из наиболее серьезных проблем нынешнего времени, в них гибнет огромное количество людей. Одной из причин большого количества аварий выступает малый опыт вождения транспортным средством в городских и загородных условиях начинающих водителей. Связано это с тем, что во время обучения вождению в автошколе имеется ряд ограничений – скорость движения (не более 40 км/ч, а в реальности скорость в среднем в городе – 40-60 км/ч, а за гордом около 90 км/ч), отсутствие практических занятий на автомагистрали, в жилой зоне, чаще всего малое количество занятий в темное время суток и на загородной трассе и многие другие. Все эти ограничения существенно снижают качество обучения начинающего водителя и, самое главное, не позволяют им набраться нужных навыков по действиям в форс-мажорных дорожно-транспортных ситуациях. Всё это приводит к тому, что курсантам после окончания обучения приходится на свой страх и риск доосваивать все тонкости вождения транспортным средством в течение пару лет, при этом многие их них так и не смогут освоить их, в силу отсутствия должной практики [1].

С целью снижения аварийности на дорогах и повышения в целом навыков вождения начинающих водителей важно создать необходимые условия для повышения качества обучения вождению. При этом для решения данного рода задачи можно прибегнуть к применению различного рода технических средств, которые бы позволили довести до автоматизма навыки вождения и закрепить порядок действий в случае форс-мажорной ситуации на дороге (аварийная ситуация, выбегание пешеходов на дорогу, резкое перестроение встречного транспорта и прочие). За 2022 год на дорогах страны погибло более 14 тыс. человек, было зафиксировано более 130 тыс. аварий из них около 20 тыс. аварий из-за нарушений правил проезда перекрестков, около 10 тыс. аварий связаны с выездом на полосу встречного движения. Малое количество практических часов вождения в автошколах не позволяет закрепить в полной мере навыки вождения.

Симуляторы вождения автомобиля. Наиболее оптимальным способом для оттачивания и автоматизации навыков вождения можно назвать использование компьютерного моделирования (симуляторов), имитирующего всё, что происходит во время дорожного движения. Связано это с тем, что это существенно сокращает риски возникновения аварийных ситуаций, так как в симуляторе можно неограниченное количество раз попасть в аварии без последствий.

Одним из возможных путей решения данной задачи может быть применение специального программного обеспечения, в частности, так называемых симуляторов вождения автомобиля, которые позволяют довести навыки вождения начинающих водителей до автоматизма и отработать различные дорожные ситуации без каких-либо рисков.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ известных симуляторов вождения автомобиля.

Таблица 1 – Сравнение симуляторов вождения автомобиля

Наименование симулятора	Масштабность	Реалистичность	Удобство	Легкость в обучении
Автобан	+-	-	+-	+
City Car Driving	++	++	+	++
Live for speed	+-	-	+-	-
My summer car	-	-	+	+
Real Car Parking 2	--	+-	-	+-
Snowrunner	-	+-	-	-

Как видно из таблицы 1, наиболее подходящим для оттачивания навыков вождения можно назвать симулятор – City Car Driving, изданный российской компанией Forward Development, и который позволяет существенно повысить навыки вождения и тем самым снизить риски аварийных ситуаций на дороге. Безусловно, более рациональным было бы реализовать аналогичный симулятор на базе Unity [2] или Unreal, однако данная работа чрезмерно трудозатратная, целью же является выявление преимуществ применения данных симуляторов при обучении курсантов.

Симулятор City Car Driving в полной мере позволяет повысить навыки вождения во всевозможных ситуациях, так как позволяет отработать без какого-либо риска все возможные дорожно-транспортные ситуации. Однако использования одного лишь симулятора недостаточно для оттачивания и автоматизации навыков вождения, также для повышения навыков вождения важно использовать специальную компьютерную периферию, в частности, игровые рули. Наиболее походящие игровые рули (включающие в себя помимо руля, также педали и коробку передач) - Logitech G25 и Logitech G27. Более новые версии данных рулей менее надежны и быстрее выходят из строя согласно отзывам пользователей данных рулей.

Однако даже такой перечень не в полной мере позволит отработать навыки вождения в силу того, что весь процесс вождения будет проходить на экране монитора, что существенно снижает ощущение реального движения и понижает качество процесса обучения вождению.

Шлемы виртуальной реальности. Чтобы этого избежать необходимо довести до максимальной реалистичности вождение на компьютере, это можно осуществить с помощью применения в ходе обучения так называемой виртуальной реальности [3]. Для того чтобы погрузиться в виртуальную реальность необходимо использовать шлемы или очки виртуальной реальности [4].

Рассмотрим на основе отзывов наиболее популярные модели шлемов виртуальной реальности и выявим наиболее подходящий для использования в ходе обучения вождению.

Таблица 2 – Сравнительный анализ шлемов виртуальной реальности

Наименование шлема виртуально реальности	Качество картинки	Функционал	Стоимость	Удобство
HTC Vive Pro 2	++	+	-	+
Valve Index	+-	+-	+-	+-
HP Reverb G2	+-	-	-	-
Playstation VR	+	+-	-	-
Oculus Rift S	++	+	+	+
Oculus Quest 2	+	+	+	+
HTC Vive Cosmos	++	+	-	+
Samsung HMD Odyssey	+	+	+-	+-

Как видно из представленного сравнения шлемов виртуальной реальности в таблице 2, наиболее подходящими для использования в обучении вождению можно назвать шлем – Oculus Rift S.

Апробация. В качестве апробации в одной из автошкол города Абакана был проведен эксперимент. В ходе эксперимента курсантов, только что поступивших на обучение, поделили на три равные группы по 15 человек – первая группа обучалась вождению без использования симуляторов, вторая группа использовала симулятор вождения City Car Driving, но не использовала шлем виртуальной реальности, третья же обучалась в симуляторе со шлемом виртуальной реальности. В результате после 3 недель обучения, в ходе первых заездов на автодроме и в городе было выявлено, что в первой группе лишь 10% смогли справиться с первой попыткой поездки на автодроме, но допустили много ошибок при поездке по городу. Во второй группе более 70% смогли справиться с поездкой на автодроме и более 50% не допустили ошибок при поездке по городу. В третьей же группе курсантов более 80% смогли справиться с заданиями на автодроме и более 60% без ошибок проехали город. Данные результаты говорят о целесообразности применения виртуальной реальности при обучении вождению.

Заключение. В результате в статье была выявлена потребность в повышении качества вождения транспортных средств путем использования различного рода симуляторов вождения автомобиля во внедрении в процесс обучения вождению на компьютерных симуляторах виртуальной реальности, с учетом использования шлемов виртуальной реальности. Их использование позволит довести до максимального реализма процесс обучения и тем самым повысить качество обучения и как следствие снизить уровень аварийности на дорогах. В качестве оптимального симулятора вождения автомобиля выявлен симулятор – City Car Driving. В качестве оптимального игрового руля выявлен руль - Logitech G27. В качестве же оптимального шлема виртуальной реальности выявлен шлем - Oculus Rift S. В ходе апробации результатов была выявлена целесообразность обучения вождению курсантов не только с помощью симуляторов вождения автомобиля, но также и с помощью шлемов виртуальной реальности.

Список литературы

1. *Митник В.М.* Проблемы аварийности на дорогах и пути ее снижения // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Право. 2013. №1. С. 110-116.

2. *Линовес Дж.* Виртуальная реальность в Unity / Дж. Линовес ; пер. с англ. Рагимов Р. Н. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 316 с.

3. *Тычков А.Ю., Волкова К.Ю., Киселева Д.В.* Обзор систем виртуальной реальности // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2020. №2 (54). С. 3-13.

4. *Иванова А.В.* Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // СРРМ. 2018. №3 (108). С. 88-107.

2.3.5.

А.В. Киримова, И.С. Замулин

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, kirimovana@gmail.com

ОПИСАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЦИФР

Машинное обучение применяется при решениях различных задач. В статье описаны принципы работы нейронных сетей и показано, как работает нейронная сеть для распознавания цифр. Представлены средства для разработки данной модели.

Ключевые слова: *сверточные нейронные сети, MNIST, машинное обучение, изображение цифр, Python, Keras.*

Введение

Нейронные сети решают задачи, требующие распознавания образов, классификации и оптимизации. Это включает в себя распознавание рукописного ввода, лиц, речи, перевод текста, обнаружение мошенничества с кредитными картами, медицинскую диагностику и решения для огромных объемов данных. Его можно использовать для поиска связей между шаблонами, для преобразования одного типа данных в другой и для создания ассоциаций или обобщений между различными объектами.

Идея нейронной сети в том, что система определяет идентифицирующие характеристики данных в заранее подготовленных наборах данных. Нейронные сети основаны на вычислительных моделях пороговой логики, которая представляет собой совокупность алгоритмов и математических формул.

Теоретические положения

Нейронные сети (НС) — это математическая модель, устроенная как биологические нейронные сети нервных клеток мозга, которая учится выполнять задачи, предъявляя различные наборы данных и примеры без каких-либо правил для конкретных задач. Составляющие общей нейронной сети включают нейроны; крупные соединения, как синапсы; вес; предполагаемую частоту распространения и общее образование. Связи состоят из соединений (связей между нейронами), весов и смещений. Распространение вычисляет входные данные и выводит выходные данные, а также суммирует нейроны-факторы с весом [1].

Полносвязная нейронная сеть состоит из ряда связанных слоев, которые соединяют каждый нейрон в одном слое с каждым нейроном в другом слое. НС такой структуры «независимы от структуры», то есть без необходимости проводить какие-либо специальные предположения на основе входных данных, что является их ключевым преимуществом.

Однако полносвязные сети очень широко применимыми, потому что не зависят от структуры, как правило, такие НС имеют более низкую производительность, в отличие от сетей специального назначения, которые направлены на проблемные пространства.

Обучение нейронной сети в основном относится к корректировке настройки, как правило изменяется вес и пороговые значения. Самым распространенным подходом в обучении НС является обучение с учителем, которое заключается в индивидуальном подходе к каждой сети, подготовление фильтров, корректировка весовых коэффициентов, всё для того чтобы выходные данные совпадали с тренировочными.

Принципы работы нейронной сети по распознаванию цифр

В качестве данных можно использовать Modified National Institute of Standards and Technology (MNIST), в котором содержатся 60 000 картинок в обучающей выборке и в тестовой – 10 000 [2]. MNIST – база данных с образцами рукописных цифр, поделенных на десять классов, соответствующие диапазону цифр от 0 до 9. Данные хранятся в виде черно-белых изображений размера 28*28. Черно-белая картинка в компьютере представляется в виде двумерной матрицы чисел, которые обозначают цвет, где 0 – черный цвет, 255 – белый. При общем подсчете в одном изображении содержится 784 числа пикселя.

Фильтр – это способы реагирования на присутствие на изображении некоторых паттернов. Паттерном в данном случаем могут являться вертикальные, горизонтальные или изогнутые линии. Для примера работы свертки матрицы с помощью фильтра взята матрица 28*28 и фильтр 3х3. Фильтр проходит по изображению, первой итерацией займет верхний левый угол картинки и поэлементно будет умножать элементы фильтра на элементы изображения (цвет пикселя), на которых сейчас находится фильтр. Затем суммируются полученные произведения и сохранит их в результирующую матрицу. Второй итерацией фильтр перемещается на один пиксель вправо и берет обрабатывает следующий участок изображения и так далее. После окончания ряда, фильтр переместится вниз на один пиксель и начнет с нового ряда. Таким образом получившаяся карта активации стала размером 26*26.

Обучается нейронная сеть, включая ядра, веса полносвязных слоев, с помощью метода обратного распространения ошибки, который основывается на методе градиентного спуска. Алгоритм рассчитывает градиент функции потерь по отношению к весам сети. Вычислять градиент относительно каждого веса эффективно и позволяет применять градиентные методы в обучении многослойных сетей и обновления весов в качестве минимизации потерь.

Для данной задачи подходят сверточные нейросети, которые применимы, когда на вход подается большое количество нейронов. Свертка – это обычная линейная функция с переумножением двух матриц. Например, есть изначальное изображение, которое проходит через несколько слоев сверток, после чего получаются множество карт активации, которые разворачиваются в векторы, которые нужно конкатенировать. И в итоге один вектор подается на вход уже полносвязной сети, которая классифицирует изначальное изображение, то есть отнесет его к одному из 10 классов цифр.

Средства для работы с машинным обучением

Для реализации данного алгоритма на языке программирования Python, если специализированные библиотеки по машинному обучению, такие как keras или tensorflow [3].

Через keras можно подключиться к набору данных MNIST с помощью библиотеки keras.datasets. Загрузка обучающих и тестовых наборов MNIST, с помощью функции load_data(). Любые данные при подаче в систему нужно обработать, а данном случае перевести подаваемое изображение в двумерную матрицу размерностью 28*28 [4].

И после уже можно создавать структуру модели для сверточной нейронной сети, которая состоит из входного и выходного слоев и скрытых слоев, в котором трёх сверточных слоев.

Создаем переменную model, которой присваивается функцию Sequential(), которая группирует линейный набор слоев в файл Model. Затем к переменной модели добавить слои – model.add(), в данный метод надо вызвать экзмепляр класса Dense() для создания слоя нейрона полносвязной нейронной сети, создается два базовых слоя входной и выходной. На входе матрица размерностью 28*28, параметр units - количество нейронов, следовательно, 28 и параметр activation – поэлементная функция активации устанавливается ставится в строковый идентификатор: relu - функция активации выпрямленного линейного блока, для входного слоя; softmax - преобразует вектор значений в распределение вероятностей для выходного слоя.

Для остальных скрытых сверточных слоев следует использовать Conv2D – слой двумерной свертки, который создает ядро свертки, которое сворачивается с входными данными слоя для создания тензора выходных данных. В качестве первого скрытого слоя в

model прописываются следующие параметры: input_shape – входы и количество нейронов (28, 28, 1); kernel_size – целое число, указывающее длину окна одномерной свертки (32); strides – целое число, указывающее длину шага свертки (устанавливаем как в примере размер фильтра размерностью 3*3); activation должна быть равна relu. Для двух последующих создаются такие же слои с такими же параметрами, но без input_shape, они не требуются так как выходные данные слоя подаются в следующий слой свертки.

Слой MaxPooling2D – максимальная операция объединения двухмерных пространственных данных. pool_size – параметр, отвечающий за максимальное значение в окне ввода, в данном случае 2*2.

Последний скрытый слой при создании использует только экземпляр класса Flatten() без параметров, он нужен для выравнивает ввод.

Далее скомпилируем model, с помощью специального метода compile(), в котором прописывается параметры: loss – критерий качества потери (categorical_crossentropy – вычисляет кроссэнтропийную потерю между метками и прогнозами); optimizer – параметр отвечает за подключение класса, который поддерживает распределенное обучение, принимает имя оптимизатора или экземпляр оптимизатора (RMSprop - оптимизатор, который реализует алгоритм RMSprop, который сохраняет скользящее среднее квадрата градиентов и делит градиент на корень этого среднего, пытается бороться с чрезмерным накоплением квадратов градиентов); metrics – список показателей, оцениваемые моделью во время обучения и тестирования.

После составления описанных выше блоков в код Python, следующим шагом следует подключить тестовые данные к модели обучения по распознаванию цифр на тренировочных данных.

Заключение

Для реализации подобных моделей нейронных сетей на языке программирования Python, следует изучить математическую модель нейронной сети, структуры, основные формулы и теоремы, изучить методы машинного обучения для правильного выбора подходящей методики для НС, учитывая данные и выбранную структуру модели. Библиотека Keras является для обучения моделей машинного обучения глубокого обучения основой и предоставляет упрощенные API-интерфейсы. Если внимательно читать документацию можно с легкостью написать простою нейросеть.

Список литературы

1. *Рашка С., Мирджалили В.* Python и машинное обучение // Диалектика-Вильямс. – 2021;
2. *ЛеКун Я.* THE MNIST DATABASE // [Электронный ресурс] URL: http://yann.lecun.com/exdb/mnist/ (Дата обращения: 15.12.2022);
3. *Киримова А.В.* Библиотеки для машинного обучения языка программирования Python / А. В. Киримова // Modern Science. – 2021. – № 7. – С. 293-296. – EDN LQVICT;
4. Keras API reference // [Электронный ресурс] URL: https://keras.io/api/ (Дата обращения: 16.01.2023).

2.3.5.

[1,2]Е.Г. Макейкин, [1]В.С. Холушкин канд. физ.-мат. наук, [2]А.В. Хохлов, [2]Г.С. Лазарев

[1]Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
кафедра вычислительной и информационной техники,
Саров egmakeykin@vniief.ru,
[2]Федеральное государственное унитарное предприятие
«Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

МИГРАЦИЯ БД СПРАВОЧНИКОВ НСИ 2014SP6 В ПОЛИНОМ:MDM 22

В данной работе представлены основные аспекты процесса миграции баз данных (БД) нормативно-справочной информации (НСИ), состоящие из разрозненных справочников в единое решение – ПОЛИНОМ:MDM 22. В рамках развития всей сквозной 3D-технологии на предприятии особое внимание уделялось именно применению комплекса ПО ПОЛИНОМ:MDM, выбор которого был обусловлен преимуществом в едином интерфейсе и логики работы для всех справочных данных, в упрощении работы по поиску данных, а также администрировании всех компонент из единой оснастки. В процессе перехода на новое ПО необходимо было сохранить весь пул наработанных данных в базах данных справочников НСИ 2014 SP6, состоящих из БД справочника Стандартные изделия (СИ), справочника Материалы и Сотраменты (МиС) и справочника Технолога (СТ).

Ключевые слова: *база данных, сквозная 3D-технология, справочник, миграция данных, резервное копирование.*

1. Подготовка к миграции

С целью избегания непредвиденных ошибок, которые могли бы возникнуть с именами входа в системе управления базами данных (СУБД), весь процесс миграции баз данных из справочников НСИ выполняли в том же домене, в котором они исходно разворачивались.

Для справочника Стандартные изделия подготовительные действия состояли в:

а) сохранении внешних пакетов данных изделий (пакеты изделий, разработанные инженерами за ведение справочников, в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов);

б) сохранении настроек применяемости.

Для справочника МиС была сделана резервная копия базы данных средствами СУБД, а также сохранен файл «Administrator.dat», который предназначался для хранения списка пользователей справочника.

Для справочника Технолога, также как и справочника Материалы и Сортаменты была сделана резервная копия базы данных с помощью СУБД.

Далее деинсталлирована версия НСИ 2014SP6, кроме компонента –справочник Стандартные изделия.

В той же сети был инсталлирован ПОЛИНОМ:MDM 22 [1], с последующим созданием хранилища с пустой базой данных.

Далее, поэтапно были выполнены импорт (миграция) данных из БД справочников НСИ версии 2014SP6.

1. Миграция данных из Справочника Материалы и Сортаменты

Миграция данных выполнялась посредством ПО «ПОЛИНОМ:MDM Импорт данных». Для переноса данных из справочника МиС 2014 в ПОЛИНОМ:MDM 22 были сделаны следующие основные действия:

1. В списке источников данных для миграции выбран раздел МиС 2014.
2. В окне «Настройте соединение с базой данных» справочника: выбрана СУБД, используемый сервер, учетные данные для авторизации на сервере и БД, из которой выполнен импорт (рис. 1).

После успешной авторизации был запущен процесс миграции данных, по окончанию которого в клиентском приложении – «ПОЛИНОМ:MDM Клиент» появился справочник МиС с наполнением из устаревшей версии.

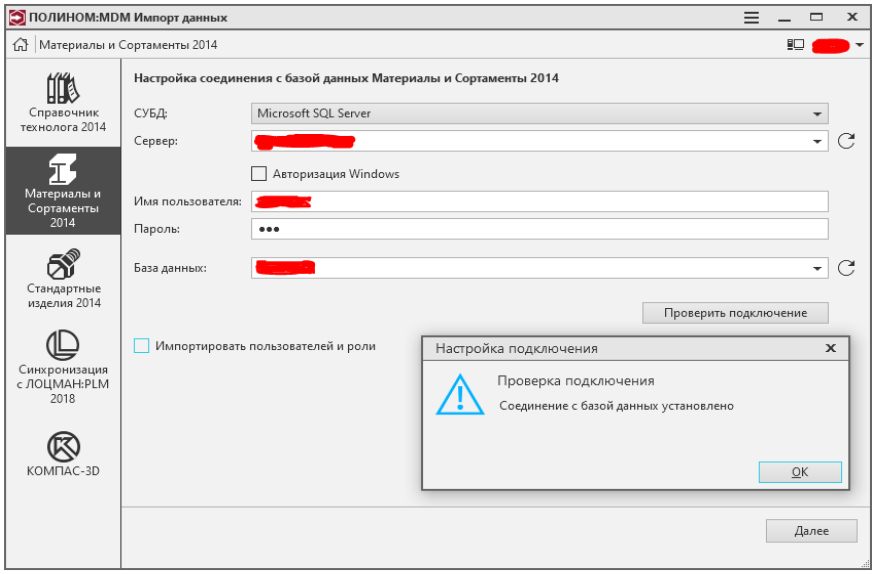


Рис. 1 – Интерфейс ПО «ПОЛИНОМ:MDM Импорт данных»

3. Миграция данных из Справочника технолога

Миграция БД СТ имеет некоторые сходства с миграцией БД справочника МиС. Первым этапом для переноса данных из Справочника технолога были выполнены аналогичные действия, описанные в разделе 2, а также включили опцию «Импортировать пользователей и роли и после нажатия на кнопку «Далее» в окне появился список справочников, входящих в справочник Технолога. Пример с отображением тестовой структуры представлен на рис. 2.

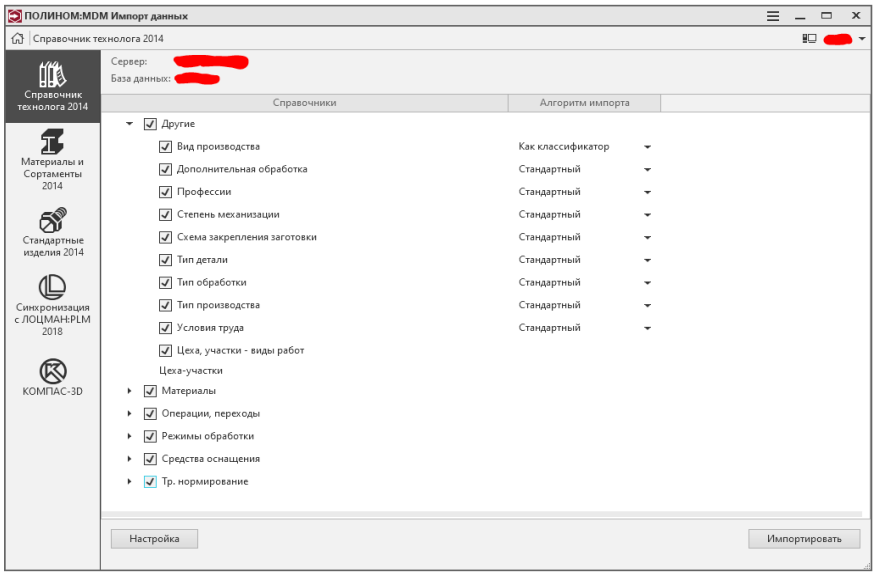


Рис. 2 – Пример отображения структуры импортируемых данных

По умолчанию для каждого справочника был назначен рекомендуемый алгоритм миграции данных, определяющийся по специфики назначения справочников. Далее, не изменяя настроек выполнили импорт необходимых справочников и после окончания импорта данных также стали доступны в «ПОЛИНОМ:MDM Клиент».

4. Миграция данных из Справочника Стандартные изделия

Основным этапом при миграции справочника СИ являлся перенос хранилища. Перед началом работ, создали резервную копию хранилища справочника Стандартных Изделий. Далее запустили приложение «ПОЛИНОМ:MDM Импорт данных» и выбрали ранее созданное хранилище в пункте 0 и подключились к нему. Выбрали в качестве источника данных для миграции Стандартные изделия 2014 (см. рис. 3).

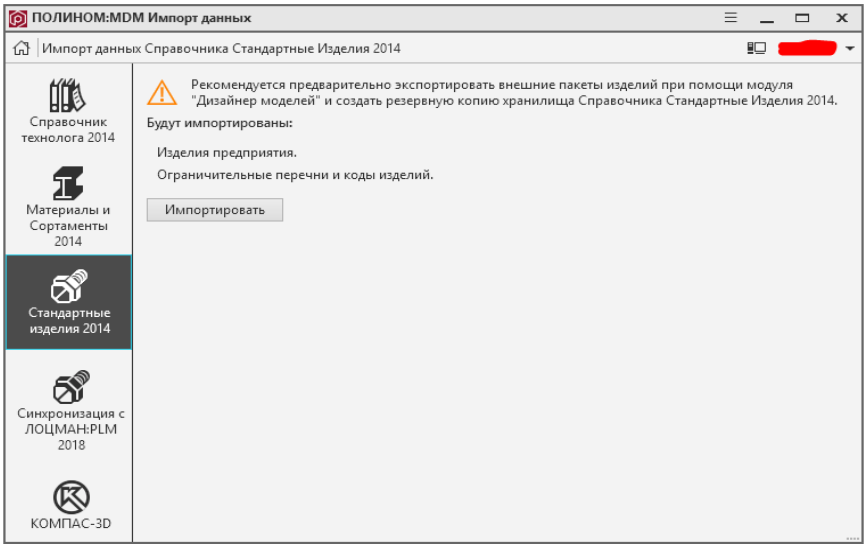


Рис. 3 – Подготовка к импорту изделий

В связи с тем, что на этапе подготовительных действий были экспортированы пакеты данных собственных разработок, необходимо было выполнить импорт их в Библиотеку компонентов средствами приложения «ПОЛИНОМ:MDM Дизайнер моделей» с последующей индексацией. По окончанию указанных работ, необходимо было выполнить добавление объектов из Библиотеки компонентов в «ПОЛИНОМ:MDM Клиент» для дальнейшего использования конкретных стандартных и прочих изделий при проектировании конструкторской и технологической документации в интегрированных с ПОЛИНОМ:MDM 22 системах автоматизированного проектирования. Для этого, в ПО «ПОЛИНОМ:MDM Клиент» перешли в раздел выбора компонентов. На рис. 2 представлен пример добавления изделий.

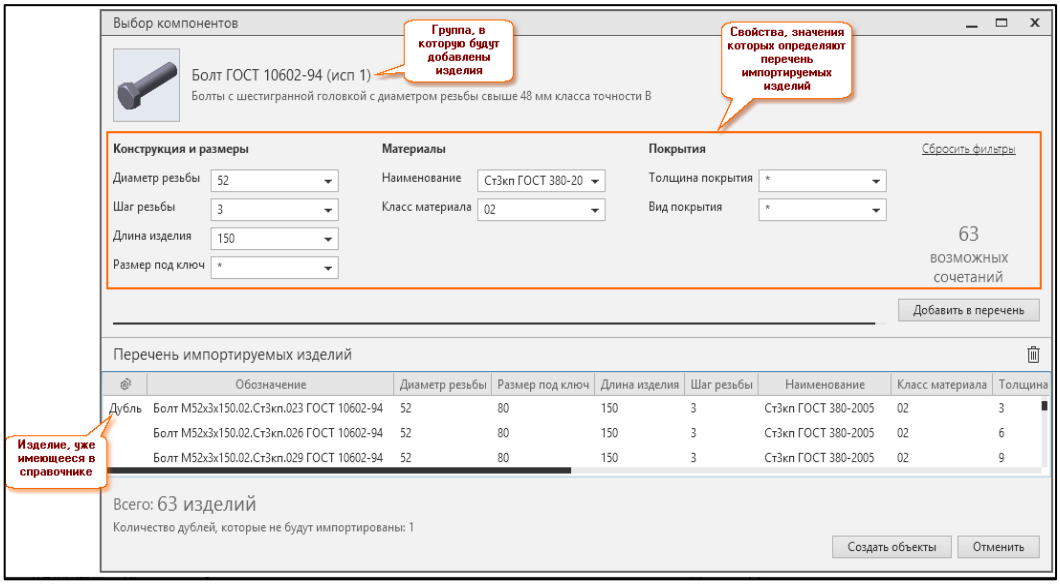


Рис. 4 – Окно «Выбор компонентов»

Из раскрывающихся списков необходимо было выбрать значения свойств, которыми должны обладать добавляемые изделия.

Для добавления объектов из сформированного перечня импортируемых изделий в указанную группу справочника нажали кнопку «Создать объекты».

В результате проведенных действий, удалось не только осуществить обновление программного обеспечения на современное ПО, но также при этом сохранить огромный пул наработанных данных. Данные механизмы миграции можно при необходимости с уверенностью применять в организациях, где применяются указанные разрозненные справочники различных сервис паков.

Список литературы

1. Лицензия компании «АСКОН Поволжье» в виде электронного ключа HASP №1571196682 на программное обеспечение ПОЛИНОМ:MDM 22.
2. Комплекс решений АСКОН 22. Установка и первичная настройка. ООО «АСКОН-Бизнес-решения», 2022, 128 с.
3. ПОЛИНОМ:MDM. Основные принципы разработки справочников. ООО «АСКОН-Бизнес-решения», 2019, 120 с.

2.3.5.

А.В. Пантелеев, Д.А. Салкин, Д.А. Чекалдаев, А.А. Камаева, Т.А. Захватова

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В век бурного развития современных информационных технологий хранение и обработка данных становится как никогда приоритетной задачей. Существует несколько путей решения данной проблемы: приобрести и развернуть свой собственный физический сервер; арендовать ресурсы в центре обработки данных; или воспользоваться технологиями облачного хранения информации. Целью исследования является изучение перспектив использования облачных сервисов для оптимальной работы с большим потоком информации. Чтобы достигнуть поставленной цели, необходимо было решить следующие задачи: провести изучение существующего материала; изучить понятие «облачные технологии» и провести сравнительный анализ с имеющимися аналогами; проанализировать проблемы внедрения облачных хранилищ; рассмотреть вопросы для принятия решений при выборе IT-сервисов. Результат исследований следующий: описаны преимущества и недостатки существующих облачных сервисов; приведена оценка появления угроз от применения облачных технологий; определены ключевые моменты при принятии решений по выбору облачных сервисов.

Ключевые слова: *облачные технологии, облачные сервисы, модель облачной инфраструктуры, угрозы, хранение данных.*

Введение

В экономической теории становится общепринятым тот факт, что применение информационных технологий позволяет бизнесу добиваться существенных конкурентных преимуществ и максимизировать прибыль. Это становится возможным за счет повышения производительности труда сотрудников, снижения числа ошибок в работе, оптимизации производственных процессов и увеличении качества управленческих решений. Ключевым фактором, способствующим эффективному внедрению инновационных технологий (например, искусственного интеллекта, Интернета вещей и пр.) является внедрение облачных технологий. Поэтому многие фирмы и компании сейчас особенно заинтересованы в использовании подобных сервисов [1].

1. Выбор IT-инфраструктуры для корпоративных клиентов

В процессе деятельности у бизнеса возникает необходимость в использовании инновационных технологий для совершенствования производственных процессов и, как следствие, встает выбор между представленными видами информационных хранилищ [2]:

- внутренняя IT-инфраструктура, привлекающая исключительно собственные ресурсы;
- управляемые сервисы, когда ответственность за функционирование инфраструктуры передается сторонним организациям;
- облачная IT-инфраструктура.

Проанализировав популярные инфраструктуры, можно сделать вывод, что наличие собственных IT-инфраструктур не целесообразно для малого и среднего бизнеса, поскольку на подобную инфраструктуру требуются огромные инвестиции и расходы на техническое обслуживание. Ее выбор может быть оправдан в тех случаях, когда в организации определены категорические требования по конфиденциальности информации и прописаны особые указания по безопасности.

Поэтому бизнесу сейчас выгоднее перейти на облачные хранилища или пользоваться услугами сервисного провайдера.

2. Особенности внедрения облачных технологий в бизнесе

При применении облачных сервисов достигается ряд преимуществ. Они обеспечивают удаленный доступ к системам с любого устройства в сети. Так же организациям нет необходимости закупать серверное дорогостоящее оборудование. Гарантируется высокий уровень надежности и отказоустойчивости предоставляемых услуг. Подобные сервисы отличает легкая гибкость и конфигурируемость, соответственно, организации оплачивают только тот объем ресурсов, который им нужен.

Кроме ряда выявленных достоинств, нужно помнить и о недостатках. К ним можно отнести необходимость непрерывной связи с Интернетом и угрозы защиты информации.

По итогу, преимуществ у облачных технологий выявлено больше, нежели недостатков. Однако, прежде чем определиться с их внедрением в свою IT-инфраструктуру, организация должна правильно выстроить стратегию IT-безопасности с учетом всех рисков, связанных с использованием виртуальных сервисов.

3. Классификация облачных технологий

Облачные сервисы обеспечивают широкий сетевой доступ внешней части (клиентское оборудование) к внутренней (ресурсным хранилищам).

К ключевым особенностям таких моделей относятся [3]: гибкое предоставление и освобождение ресурсов, мгновенная эластичность, бесперебойность и отказоустойчивость, плата только за фактическое время пользования, удобное управление через веб-портал.

Перед тем как обратиться к провайдеру, нужно определить, какой вид облачного сервиса максимально подойдет для конкретного бизнеса. Выбор может быть обусловлен рядом факторов: от специфики использования хранимых данных до размеров компании.

В зависимости от способа развертывания облака общеизвестна классификация облаков: публичное, частное и гибридное. Их сравнительная характеристика сведена в таблицу.

Таблица – Сравнительная характеристика моделей облачных инфраструктур по способу развертывания

Модель	**Пользователи**	**Отличительные характеристики**	**Недостатки**
Публичная	размещение на едином сервере нескольких инфраструктур	невысокая стоимость, конфигурируемость, удобство и интерактивность	недостаточный уровень безопасности хранения данных
Частная	ресурсы находятся на определенном физическом сервере, предоставляемые конкретному заказчику	абсолютная изолированность облачной инфраструктуры, повышенная безопасность хранения данных и полная конфигурируемость системы	высокая стоимость, продолжительное по времени развертывание и ограниченность ресурсов
Гибридная	использование заказчиками при недостатке производительности или функциональности частного облака	аккумулирование характеристик публичного и частного облаков для обеспечения необходимого количества ресурсов и соответствия необходимым уровням безопасности	невозможность мониторинга за фактическим нахождением информации, риски потери данных при пересылке

Провайдеры имеют в основе своих сервисов огромные дата-центры, чьи вычислительные мощности при помощи системы виртуализации разделяются на небольшие части и предоставляются клиентам в виде широкой линейки услуг. Среди облачных сервисов распространены следующие: хранилище (STaaS), БД (DBaaS), восстановление данных (DRaaS), архивирование (BaaS), мониторинг (MaaS), рабочий стол (DaaS), сеть (NaaS).

Сервисы предоставляют корпоративным заказчикам весь диапазон услуг для оперативного и эффективного решения ряда производственных и бизнес-задач.

4. Организация безопасности при внедрении облачных сервисов

В настоящее время большое число организаций приобретают сервисы облачных провайдеров. Данный подход позволяет не выполнять приобретение ПО. Это также делает возможным отказ от приобретения сетевого оборудования. Однако, при использовании облачных услуг был выявлен ряд уязвимостей. Они проявляются в следующем: появляется сильное влияние характеристик интернет-соединения; происходит размещение персональных данных на серверах сторонних организаций.

Исследования показали, что для того, чтобы получить экономический эффект от внедрения облачных сервисов крайне важно учитывать все нюансы каждого конкретного случая. Самой первой задачей, которую необходимо решить – это будет действия по выбору услуг. Выполнять процедуры внедрения облачных сервисов организация может выполнять только после определения списка четко сформулированных требований. Необходимо определить четыре этапа. Перечень этапов следующий: формирование стратегии; планирование и проектирование; реализация; оптимизация.

Эффективность внедрения облачных сервисов можно определять по целому ряду методик. Самые ранние методики, которые считаются классическими, строились на теории оценивания экономической эффективности. Данные методики основаны на применении общепринятых методов оценки. Поэтому возникает недостаток, который ограничивает их использование. Этот недостаток появляется из того, что они оперируют финансовыми средствами. Поэтому происходит возникновение проблем определения затрат. Также был рассмотрен другого типа способ оценки эффективности внедрения облачных сервисов, суть которого заключается в возможности оценивания появления угроз и новых возможностей с помощью специализированных моделей. Эти модели является математико-статистическими. Но здесь возникают затруднения при выполнении определения возможности оказания влияния IT на конкурентоспособность продукции. Проведенный анализ методов служащих для оценивания угроз в облачных сервисах показал, что все они имеют свои плюсы и минусы.

Вопрос безопасности – это наиважнейшая проблема, возникающая при переходе в облако. Она состоит в обеспечении сохранности информации и ее конфиденциальности [4]. Был проведен анализ специализированного программного обеспечения, который применяются для количественной оценки уязвимостей при внедрении облачных сервисов – Octave, Gramm, RiskWatch, ГРИФ. Определение величины угрозы можно осуществлять с помощью модели ожидания отдельных затрат (SLE) и размер среднегодовых затрат (ALE). Применение данных моделей позволяет установить размер финансового риска всей системы, а не отдельных компонентов. При расчете риска учитывается воздействие угроз и частоты их возникновения. Для того чтобы определить среднюю стоимость сбоя необходимо использовать ещё одну модель, которая служит для количественной оценки безопасности приложений (MFS). Данная модель показывает среднюю стоимость сбоя и позволяет потребителям и поставщикам определять величину угроз со своей стороны. Важно отметить, что рассмотренные программные продукты больше подходят для оценки угроз. Относительно прочих облачных технологий необходимо выполнение, как информационного обслуживания, так и тестирования. Принципы этих операций изложены в [5].

Выводы

Использование облачных сервисов для внедрения в бизнес полностью себя оправдывает. Для эффективной работы необходимо четко определиться с инфраструктурой, подбираемой под конкретное предприятие. Модель облачного сервиса необходимо выбирать в зависимости от уровня конфиденциальности данных.

Анализ внедрения облачных технологий показывает, что существуют проблемы обеспечения сохранности данных при реализации проектов. Необходимо проводить полный системный анализ, информационное обслуживание и тестирование для предотвращения рисков и угроз информационной безопасности.

Список литературы

1. *Вулф Ф.* Инфраструктура как услуга, платформа как услуга, или сервис как услуга? Причины выбора модели предоставления облачных вычислений: улучшения после внедрения облачных вычислений // Материалы 54-й Гавайской международной конференции по системным наукам. – 2021. – С. 6285-6294.

2. *Сенько А.* Работа в BigData в облаках. Обработка и хранение данных с примерами из Microsoft Azure. – СПб.: Питер – 2019. – С. 448.

3. *Пантелеев А.В.* Системный анализ в телекоммуникационных системах // А.В. Пантелеев, С.Д. Шибайкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – Т. 101, № 11. – С. 102–104.

4. *Пантелеев А.В.* Информационное обслуживание и тестирование телекоммуникационных систем // А. В. Пантелеев, С. Д. Шибайкин // Перспективы науки. – 2019. – Т. 122, № 11. – С. 96–99.

5. *Пантелеев А.В.* Исследование проблем внедрения облачных технологий с точки зрения эффективности и информационной безопасности // А.В. Пантелеев, А.Ю. Высокова, Е.В. Уляхина, О.И. Пауткина // Перспективы науки. – 2020. – Т. 129, № 6. – С. 28–31.

2.3.5.

А.Б. Сорокин канд. техн. наук, Л.М. Железняк, А.А. Верещагин

МИРЭА – Российский технологический университет
Институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, ab__sorokin@mail.ru, lilya.zheleznyak@mail.ru, verecshagin@mirea.ru

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В работе рассмотрена задача создания программного обеспечения для создания и редактирования концептуальных структур. Производится описание методики работы с концептуальными структурами по методу ситуационного анализа и проектирования модели предметной области произвольной природы. Описана архитектура редактора концептуальных структур, алгоритмы основных функций. Решается практическая задача создания специализированного программного обеспечения, для реализации концептуальных структур принятия решений.

Ключевые слова: *концептуальная структура, программный комплекс, интеллектуальные модели, редактор концептуальных структур.*

Концептуальная модель представляет собой некоторый набор, или регистр образов и моделей реальной и прогнозируемой ситуаций и совокупность знаний о возможных управляющих и исполнительных действиях. Наполнение образов и моделей должно соответствовать задачам, стоящим перед решающим конкретную проблему человеком. Основными механизмами регулирования процесса построения решения являются операции: распознавание и классификация ситуаций; формирование гипотезы решения; прогнозирование возможного результата решения.

При разработке редактора был учтен опыт эксплуатации подобного программного обеспечения для создания и редактирования концептуальных структур. К недостаткам подобных редакторов можно отнести следующее:

- инструменты построения диаграмм не учитывают специфику методики проектирования на основе ситуационного анализа;
- диаграммы не имеют цветовой маркировки, что затрудняет чтение и понимание сложных моделей;
- редактор разработан как настольное проприетарное ПО, что не дает возможность вносить в него изменения;

За основы была взята двухзвенная архитектура клиент-сервер. Двухзвенной (two-tier) она называется из-за необходимости распределения трех базовых компонентов между двумя узлами (клиентом и сервером). Двухзвенная архитектура используется в клиент-серверных системах, где сервер отвечает на клиентские запросы напрямую, при этом используя только собственные ресурсы.

Расположение компонентов на стороне клиента или сервера определяет следующие основные модели их взаимодействия в рамках двухзвенной архитектуры:

- сервер терминалов — распределенное представление данных;
- файл-сервер — доступ к удаленной базе данных и файловым ресурсам;
- сервер базы данных — удаленное представление данных;
- сервер приложений — удаленное приложение.

Реализация прикладного компонента на стороне сервера представляет следующую модель – сервер приложений. Перенос функций прикладного компонента на сервер снижает требования к конфигурации клиентов и упрощает администрирование, но представляет повышенные требования к производительности, безопасности и надежности сервера.

В настоящее время намечается тенденция возврата к тому, с чего начиналась клиент-серверная архитектура – к централизации вычислений на основе модели терминал-сервера. В современной реинкарнации терминалы отличаются от своих алфавитно-цифровых предков тем, что имея минимум программных и аппаратных средств, представляют мультимедийные возможности. Работу терминалов обеспечивает высокопроизводительный сервер, куда вынесено все, вплоть до виртуальных драйверов устройств, включая драйверы видеоподсистемы.

Для разрабатываемого редактора применяется подход «сервер приложений». При этом само приложение использует web-интерфейс для работы пользователя со структурами, готовые структуры сохраняются в базе данных на сервере.

Для рендеринга интерфейса используется библиотека p5js. Это JavaScript библиотека, с особым акцентом на изобразительное искусство. Библиотека включает в себя совокупность объектов, функций, констант с помощью которых можно создавать произвольные формы.

При создании концептуальной структуры выдается диалог, позволяющий определить основные узлы модели. После того как все параметры будут заданы создается концептуальная структура на основе введенных данных (рис. 1).

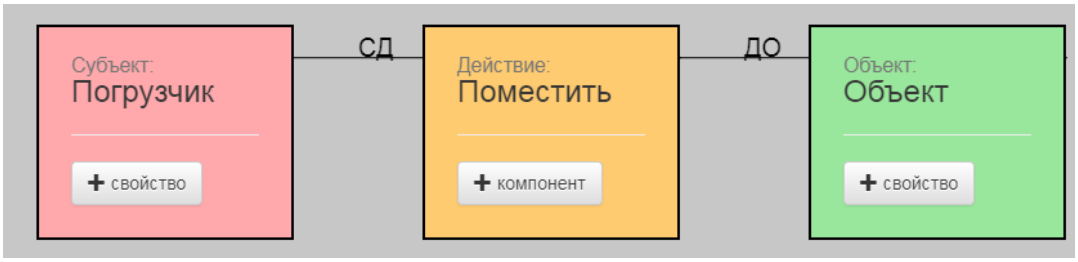


Рис. 1 – Внешний вид созданной диаграммы

Для упрощения восприятия концептуальной структуры используется цветовое кодирование узлов, аналогичное использованному в теоретической части. Каждому узлу можно добавить дополнительное свойство. Для работы со свойствами узел содержит кнопку добавления / редактирования свойства узла.

В редакторе диаграмма храниться как набор данных в формате JSON. Это простой, основанный на использовании текста, способ хранить и передавать структурированные данные. С помощью простого синтаксиса можно легко хранить все, что угодно, начиная от одного числа до строк, массивов и объектов, в простом тексте. Также можно связывать между собой массивы и объекты, создавая сложные структуры данных.

После создания строки JSON, ее легко отправить другому приложению или в другое место сети, так как она представляет собой простой текст.

JSON имеет следующие преимущества:

- компактность;
- предложения легко читаются и составляются как человеком, так и компьютером;
- легко преобразовываются в структуру данных для большинства языков программирования;
- языки программирования имеют функции и библиотеки для чтения и создания структур JSON.

Название JSON означает JavaScript Object Notation (представление объектов JavaScript). Как и представляет имя, он основан на способе определения объектов и массивов.

Строка JSON содержит либо массив значений, либо объект (ассоциативный массив пар имя/значение).

- Массив заключается в квадратные скобки ([и]) и содержит разделенный запятой список значений.
- Объект заключается в фигурные скобки ({и}) и содержит разделенный запятой список пар имя/значение.
- Пара имя/значение состоит из имени поля, заключенного в двойные кавычки, за которым следует двоеточие (:) и значение поля.

- Значение в массиве или объекте может быть:
- o Числом (целым или с плавающей точкой).
- o Строкой (в двойных кавычках).
- o Логическим значением (true или false).
- o Другим массивом (заключенным в квадратные скобки).
- o Другой объект (заключенный в фигурные скобки).
- o Значение null.

Чтобы включить двойные кавычки в строку, нужно использовать обратную косую черту: \". Так же, как и во многих языках программирования, можно помещать управляющие символы и шестнадцатеричные коды в строку, предваряя их обратной косой чертой.

Во многих отношениях можно рассматривать JSON как альтернативу XML. Концепция AJAX оригинально основывалась на использовании XML для передачи данных между сервером и браузером. Но в последние годы JSON становится все более популярным для переноса данных AJAX.

Хотя XML является проверенной технологией, которая используется в достаточном количестве приложений, преимуществами JSON являются более компактный и простой для распознавания формата данных.

При запуске редактора происходит чтение имен, сохраненных в базе данных сервера диаграмм. Для загрузки ранее сохраненной диаграммы, необходимо выбрать ее из выпадающего списка слева, и нажать на кнопку загрузить. Редактор запросит JSON структуру у сервера и после ее получения, произведет рендеринг JSON.

На основе описания визуализации концептуальных структур принятия решений разработано программное обеспечение «Оформитель». Таким образом, создан программный комплекс «Оформитель + Решатель + Интерпретатор», который позиционируется как интеллектуальная надстройка для проектирования автономных интеллектуальных моделей.

Использование программного комплекса обусловлено следующим алгоритмом: в программе «Оформитель» реализуются их концептуальные структуры единичных решений; в программном комплексе «Решатель» целостная концептуальная модель принятия решений проверяется на полноту и адекватность; после подтверждения полноты и адекватности модели в программном обеспечении «Интерпретатор» генерируются отчеты о базах знаний концептуальных планов.

Список литературы

1. *Сорокин А.Б., Петкевич Д.В., Тихвинский В.И.* Проектирование имитационных динамических моделей на основе синтеза ситуационного анализа и деятельностного подхода // Научно-технический вестник Поволжья, 2018 – №3 (24). – С. 59 – 63.

2. *Сорокин А.Б., Бражникова Е.В., Тихвинский В.И.* Системные исследования для проектирования ситуационных центров поддержки принятия решений // Научно-технический вестник Поволжья, 2019, №3. С. 133 – 135.

3. *Сорокин А.Б., Железняк Л.М., Супруненко Д.В.* Проектирование вероятностных моделей на основе ситуационного анализа // Научно-технический вестник Поволжья, 2021, №1. С. 54 – 56.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев,
Э. М. Мухаметдинов, Д.И. Нуретдинов, И.Ф. Шайхутдинов
АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИНТОРЕЕЧНОГО РУЛЕВОГО МЕХАНИЗМА

Ключевые слова: грузовой автомобиль, рулевое управление, винтореечный механизм, гидравлический усилитель, сопротивление повороту, природно-климатические условия.

В статье рассмотрены особенности математического моделирования рабочего процесса рулевого механизма грузового автомобиля. Установлена важность учёта внешних факторов при оценке нагруженности рулевого управления в сложных климатических условиях. На основании проведённых исследований предложены уточнённые математические зависимости, включающие наиболее важные параметры рабочего процесса узла.

A.Yu. Barykin, R.M. Galiev,
E.M. Mukhametdinov, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov
ASPECTS OF MODELING THE WORKING PROCESS OF A SCREW-RACK STEERING MECHANISM

Keywords: truck, steering, propeller mechanism, hydraulic booster, turning resistance, natural and climatic conditions

The article discusses the features of mathematical modeling of the working process of the steering mechanism of a truck. The importance of taking into account external factors when assessing the steering load in difficult climatic conditions has been established. Based on the conducted research, refined mathematical dependencies are proposed, including the most im-portant parameters of the node workflow.

А.В. Бердников, М.М. Тюрина, Р.С. Зарипова
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ КАРДИОГЕНЕРАТОРА

Ключевые слова: модель, кардиогенератор, векторкардиограмма.

В работе предложена математическая модель кардиогенератора для анализа векторкардиограммы, которая может быть использована для повышения метрологических характеристик, чувствительности и помехоустойчивости измерительных каналов векторкардиографов. С использованием математической модели рассмотрен метод определения суммарного дипольного момента кардиогенератора (вектора сердца) по сигналам модифицированной системы отведений Франка.

A.V. Berdnikov, M.M. Tyurina, R.S. Zaripova
MATHEMATICAL MODELLING OF CARDIAC GENERATOR INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS

Keywords: model, cardiogenerator, vectorcardiogram.

The paper proposes a mathematical model of a cardiogenerator for vectorcardiogram analysis, which can be used to improve metrological characteristics, sensitivity and noise immunity of measurement channels of vectorcardiographs. Using the mathematical model we consider the method of determining the total dipole moment of the cardiogram generator (heart vector) using signals from a modified Frank's lead system.

А.В. Волков, А.А. Горбунов,
А.А. Александров, А.С. Карякин
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Ключевые слова: электронный балласт, натриевая лампа, математическая модель.

Натриевая лампа высокого давления имеет среди других типов ламп неоспоримые преимущества, такие как высокая светоотдача и хороший срок службы. В зависимости от типа пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), различают два основных типа – это ферромагнитный балласт и электронное ПРА. Преимущество электронного ПРА над ферромагнитным балластом проявляется в уменьшении массогабаритных показателей, но наличие акустических резонансов в лампе, работающей на высокой частоте, вызывает деформацию дуги, флуктуацию света, вымирание дуги разряда, старение лампы и даже ее разрушение в случаях более серьезных. Моделирование зависимости напряжения и ток через лампу поможет выявить также паразитные явления, такие как акустический резонанс. Проведение математического моделирования позволит обнаружить данные явления, а также подобрать режимы питания и управления, позволяющие избежать этого возмущающего явления.

A.V. Volkov, A.A. Gorbunov,
A.A. Alexandrov, A.S. Karyakin
SIMULATION OF A HIGH-PRESSURE SODIUM LAMP OPERATING MODES DEPENDING ON THE POWER SOURCE

Keywords: electronic ballast, sodium lamp, mathematical model.

The high pressure sodium lamp has undeniable advantages among other types of lamps, such as high light output and good service life. Depending on the type of control gear (ballast), there are two main types - a ferromagnetic ballast and electronic ballast. The advantage of electronic control gear over ferromagnetic ballast is manifested in a reduction in weight and size, but the presence of acoustic resonances in a lamp operating at high frequency causes arc deformation, light fluctuation, extinction of the discharge arc, aging of the lamp and even its destruction in more serious cases. Modeling the dependence of voltage and current through the lamp will also help to reveal parasitic phenomena, such as acoustic resonance. Carrying out mathematical modeling will make it possible to detect these phenomena, as well as to select power supply and control modes that allow avoiding this disturbing phenomenon.

Н.А. Гаряев, Ахмед Раафат Али Ахмед
МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: информационная система управления проектами (ИСУП), информационный процесс, информация, предприятие, организация, фирма.

В работе рассматриваются основные проблемы и задачи, возникающие в большинстве случаев при внедрении

N.A. Garyaev, Akhmed Raafat Ali Akhmed
METHODOLOGY FOR BUILDING DIGITAL INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS FOR ORGANIZING THE DESIGN OF INVESTMENT PROJECTS ON THE BASIS OF INFORMATION MODELING

Keywords: project management information system (PMIS), information process, information, enterprise, organization, firm.

The paper discusses the main problems and challenges that arise in most cases in the implementation of enterprise

информационных систем управления предприятием и рекомендации по их решению. Предлагается методология использующая цифровые инструменты и системы для управления и анализа данных, связанных с проектом, что позволяет более эффективно принимать решения и улучшать результаты проекта.

management information systems and recommendations for their solution. A methodology is proposed that uses digital tools and systems to manage and analyze data associated with the project, which allows for more efficient decision making and improved project results.

Н.А. Гаряев, А. Эль-Мавед

МЕТОДОЛОГИЯ И ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»

Ключевые слова: умный город, интеллектуализация, автоматизация, показатели интеллектуализации.

В работе представлены методология и формализованные методы построения автоматизированной оценки уровня интеллектуализации умного города.

N.A. Garyaev, A. El-Mawed

METHODOLOGY AND FORMALIZED METHODS FOR CONSTRUCTING AN AUTOMATED ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INTELLECTUALIZATION "SMART CITY"

Keywords: smart city, intellectualization, automation, indicators of intellectualization.

Smart cities are urban areas that use technology to improve the quality of life of their citizens and improve the efficiency of city operations. One aspect of a smart city is its level of intellectualization, or the extent to which it relies on knowledge-based industries and technologies. In this article, we will discuss the methodology and formalized methods for constructing an automated assessment of the level of intellectualization of a smart city.

В.В. Гаряева, Мохамед Хассан Аттиа Мохамед Аттиа

УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В BIM МОДЕЛИРОВАНИИ

Ключевые слова. Информационное управление зданием, управление процессами, устойчивое строительство, производительность строительства, управление строительством.

В работе представлены результаты анализа устойчивого строительства с целью повышения энергоэффективности зданий с учетом роли информационного моделирования здания (BIM).

V.V. Garyaeva, Mohamed Hassan Attia Mohamed Attia

CONTROL AND INFORMATION PROCESSING USING AUGMENTED REALITY IN BIM MODELING

Keywords: building information management, process management, sustainable construction, construction productivity, construction management.

The paper presents the results of the analysis of sustainable construction in order to improve the energy efficiency of buildings, taking into account the role of building information modeling (BIM).

А.А. Каменских, А.А. Аль-Раммахи

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МОДЕЛИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ С ВЫРАБОТКОЙ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: шахтная выработка, форма горной выработки, поле напряжений, размеры горной выработки, свойства материала.

В рамках работы выполнено исследование влияния геометрической конфигурации выработки в массиве калийной соли на деформационные параметры системы. Исследованы технологии создания преднапряженного состояния в прикладном пакете ANSYS. Проанализировано влияния степени дискретизации системы на численное решение задачи. Подобрано рациональное конечно-элементное разбиение с градиентным сгущением элементов к области шахтной выработки. Выполнена оценка влияния размеров четырёх геометрических параметров горной выработки на деформирование системы: радиуса скругления, высоты и ширины выработки, а так же высоты модели. Проанализировано влияние механических свойств калийной соли на работу системы.

A.A. Kamenskikh, A.A. Al-Rammakhi

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS AND MATERIAL PROPERTIES OF THE ROCK MODEL WITH THE DEVELOPMENT ON THE DEFORMATION STATE OF THE SYSTEM

Keywords: mine workings, the shape of the mine workings, the stress field, the size of the mine workings.

The influence of the geometric configuration of the production in the potash salt array on the deformation parameters of the system was studied within the framework of the work. The technologies for creating a prestressed state in the ANSYS application package are studied. The influence of the degree of discretization of the system on the numerical solution of the problem is analyzed. A rational finite element partition with a gradient concentration of elements to the mine working area is selected. An assessment was made of the influence of the dimensions of four geometric parameters of a mine working on the deformation of the system: the radius of curvature, the height and width of the working, as well as the height of the model. The influence of the mechanical properties of potassium salt on the operation of the system is analyzed.

А.В. Киримова, И.С. Замулин

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ АТТРАКТОРА ЛОРЕНЦА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

Ключевые слова: Аттрактор Лоренца, эффект бабочки, python, 3D модель, детерминированные системы с хаотичное поведение.

В работе описаны эксперименты Лоренца с изучением хаотичного поведения детерминированных систем. Представлены результаты разработки трёхмерной модели “аттрактора Лоренца” или же “странного аттрактора”, посредством использования языка программирования python, и сопутствующих библиотек как pygame и math.

A.V. Kirimova, I.S. Zamulin

DEVELOPMENT OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF THE LORENTZ ATTRACTOR IN THE PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON

Keywords: Lorentz attractor, butterfly effect, python, 3D model, deterministic systems with chaotic behavior

The paper describes Lorenz's experiments with the study of the chaotic behavior of deterministic systems. Also presented are the results of the development of a three-dimensional model of the “Lorentz attractor” or “strange attractor”, using the python programming language, and related libraries like pygame and math.

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ НА ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ключевые слова: математическая модель, несанкционированное физическое проникновение, объект транспортной инфраструктуры, ациклический граф, неограф, алгоритм Дейстры.

На основании легитимных правовых документов понятие "безопасности объекта транспортной инфраструктуры" содержит четыре вида защит: "физическую, техническую, правовую и криптографическую". Таким образом это понятие носит комплексный характер. Результат анализа методов и средств защиты объектов транспортной инфраструктуры (ОТИС) показывает, что эти методы и средства требуют непрерывного развития для удовлетворения стабильно растущих требований, которые предъявляют к современным системам защиты ОТИС. Следовательно, в настоящее время задача разработки математических моделей расчета вероятности несанкционированного физического проникновения на ОТИС, которые используются при проектировании технических средств в системе охранной сигнализации, является актуальной. Результаты моделирования получены при помощи системы компьютерной алгебры Maple.

A.G. Korobeynikov, V.L. Tkalich, O.I. Pirozhnikova

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF PROBABILITY OF UNAUTHORIZED PHYSICAL INTRUSION TO OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Keywords: mathematical model, unauthorized physical entry, transport infrastructure object, acyclic graph, neograph, Deistra's algorithm.

In accordance with the current state standard, the concept of "security of a transport infrastructure facility" includes the following types of protection: physical, technical, legal and cryptographic. This implies the complexity of this concept. In addition, according to regulatory documents, protective measures to ensure the safety of the transport infrastructure facility are divided into organizational and technical ones. Special technical protective measures are responsible for the implementation of a number of safety-related functions. Analyzing the current state of methods and means in the security alarm system, we can conclude that these systems require continuous development in order to meet the ever-growing requirements for modern protection of transport infrastructure facilities. Therefore, the development of mathematical models for calculating the probabilities of unauthorized physical penetration of a transport infrastructure object is currently an extremely urgent task. When solving the problem in this article, methods of information security, graph theory, and probability theory are applied. The results were obtained using the Maple computer algebra system.

Е.Г. Царькова

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ключевые слова: комплексная безопасность, ликвидация чрезвычайных ситуаций, система массового обслуживания, искусственная нейронная сеть.

Работа посвящена рассмотрению возможностей применения машинного обучения при анализе систем массового обслуживания. На примере работы системы специальной связи при ликвидации чрезвычайных ситуаций в учреждениях УИС описывается подход к оценке загруженности системы на основе комбинации имитационного моделирования и аналитических расчетов. Полученные при этом результаты используются для обучения искусственной нейронной сети, служащей аппроксиматором функции многих переменных. Использование построенной нейросетевой модели для прогнозирования загруженности СМО служит повышению оперативности принятия решений при ликвидации ЧС.

E.G. Tsarkova

APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO SIMULATE THE WORK OF THE DEPARTMENTAL SPECIAL COMMUNICATION SYSTEM IN EMERGENCY RESPONSE

Keywords: integrated security, emergency response, queuing system, artificial neural network.

The paper is devoted to the consideration of the possibilities of using machine learning in the analysis of queuing systems (QS). Using the example of the work of the special communication system in emergency response in the institutions of Penal System, an approach to assessing the workload of the system based on a combination of simulation modeling and analytical calculations is given. The results obtained are used to train an artificial neural network that serves as an approximator of a function of many variables. The use of the constructed neural network model to predict the workload of the QS serves to increase the efficiency of decision-making in emergency response.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, Э.Р. Еникеева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КПД ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

Ключевые слова: к.п.д. цикла, первый закон термодинамики, количество теплоты, изменение внутренней энергии, работа газа, газовые законы.

На основе молекулярно-кинетической теории и термодинамики в работе проведен анализ термодинамических циклов и вычисление их к.п.д.

A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, E.R. Enikeeva

MODELING THE EFFICIENCY EFFICIENCY OF THERMODYNAMIC CYCLES.

Keywords: C.P.D. of the cycle, the first law of thermodynamics, the amount of heat, the change in internal energy, the work of gas, gas laws.

On the basis of molecular kinetic theory and thermodynamics, the analysis of thermodynamic cycles and calculation of their efficiency are carried out.

Д.А. Андриков, Р.Е. Копейкин

АЛГОРИТМ ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Ключевые слова: автомобиль, устойчивость, графо-продукционный подход.

Статья посвящена набором изменяющихся вектором состояния параметров движения, описанием внешней среды. Классические подходы управления лишены ключевого свойства параллельных вычислений – естественная поддержка конструктивных процессов, которые требуется для обработки

D.A. Andrikov, R.E. Kopeykin

ALGORITHM OF THE PRODUCTION-GRAPH MODEL OF VEHICLE MOTION STABILIZATION

Keywords: car, stability, graph-production approach.

The article is devoted to a set of motion parameters changing by the state vector, a description of the external environment. Classical management approaches lack the key property of parallel computing – the natural support of constructive processes that are required to process arrays of asynchronously occurring data, to create a database of a production graph model.

массивов асинхронно возникающих данных, для создания базы данных продукционно-графовой модели.

Г.А. Гареева, И.М. Сафонов, З.Г. Джибладзе, В.А. Петроченко, С.А. Черняков

РАЗРАБОТКА HR-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Ключевые слова: чат-бот, Python, автоматизация, персонал, производство, бизнес-процесс.

В данной статье рассмотрено одно из возможных решений для автоматизации процессов анкетирования и отбора кандидатов на определенные должности в производственном предприятии. Чат-бот для HR - это специально обученное программное обеспечение на базе искусственного интеллекта, которое автоматизирует человеческие разговоры с заинтересованными кандидатами и сотрудниками внутри организации, чтобы упростить бизнес-процессы и повысить производительность и эффективность отдела кадров.

G.A. Gareeva, I.M. Safonov, Z.G. Dzhibladze, V.A. Petrochenko, S.A. Chernyakov

DEVELOPMENT OF HR-BOT FOR AUTOMATION OF THE PROCESS OF RECRUITMENT IN A PRODUCTION ENTERPRISE

Keywords: chat-bot, Python, automation, personnel, production, business-process.

This article considers one of the possible solutions for automating the processes of questioning and selecting candidates for certain positions in a manufacturing enterprise. An HR Chatbot is specially trained AI-powered software that automates human conversations with interested candidates and employees within an organization to simplify business processes and increase the productivity and efficiency of the HR department.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ LAZARUS ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЧАСТЬ I. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ключевые слова: среда разработки Lazarus, язык программирования Object Pascal, компилятор Free Pascal, научные вычисления, модуль Math, модуль NumLib, модуль GMP, модуль Fftw_s, модуль Ucomplex, визуальный пользовательский интерфейс, компонент TAChart, библиотека GLScene.

Статья посвящена среде разработки Lazarus, используемой для создания программного обеспечения на языке Object Pascal. Рассмотрены встроенные математические модули среды разработки Lazarus, а также использование возможностей среды разработки Lazarus для визуализации результатов научных вычислений и разработки визуального пользовательского интерфейса программ, проанализирована специфика применения Lazarus в научных и инженерных исследованиях.

A.G. Zhornyak, T.A. Morozova

APPLICATION OF THE LAZARUS DEVELOPMENT ENVIRONMENT FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING RESEARCH. PART I. MATHEMATICAL CALCULATIONS AND VISUALIZATION OF THE RESULTS OBTAINED

Keywords: Lazarus development environment, Object Pascal programming language, Free Pascal compiler, scientific computing, Math module, NumLib module, GMP module, Fftw_s module, Ucomplex module, visual user interface, TAChart component, GLScene library.

The article is devoted to the Lazarus development environment used to create software in the Object Pascal language. The built-in mathematical modules of the Lazarus development environment are considered, and the use of the capabilities of the Lazarus development environment for visualizing the results of scientific calculations and developing a visual user interface of programs is also considered. The specifics of Lazarus application in scientific and engineering research are analyzed.

А.О. Жуков, В.А. Судаков, В.Р. Скрынский, В.С. Оськин, Д.С. Прошин

ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОРТФЕЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: портфель проектов, научно-исследовательская работа, машинное обучение с подкреплением, дискретная оптимизация, вознаграждение агента, среда обучения.

В статье рассматривается задача планирования выполнения портфеля научно-исследовательских проектов с учетом ресурсных ограничений и приоритетности проектов. Формализованная задача принадлежит классу задач дискретного программирования. Для ее решения предложено использование методов машинного обучения с подкреплением. Создана модель среды и вознаграждения интеллектуального агента. Разработанное программное обеспечение хорошо масштабируется на узлах вычислительного кластера.

A.O. Zhukov, V.A. Sudakov, V.R. Skrynsky, V.S. Oskin, D.S. Proshin

PLANNING A PORTFOLIO OF RESEARCH PROJECTS USING MACHINE LEARNING METHODS

Keywords: project portfolio, research work, reinforcement machine learning, discrete optimization, agent reward, learning environment.

The article deals with the problem of planning the implementation of a portfolio of research projects, taking into account resource constraints and priority of projects. The formalized problem belongs to the class of discrete programming problems. To solve it, the use of machine learning methods with reinforcement is proposed. A model of the environment and reward of an intelligent agent has been created. The developed software scales well on the nodes of the computing cluster.

Н.И. Зонов, Д.В. Моисеев

АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КА ПРИ ОТСУТСТВИИ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: астроизмерения, начальное приближение, точность априорной информации, холодный старт процесса навигации, углы «Звезда – Объект - Земля» (ЗОЗ), «Солнце – Объект - Земля» (СОЗ).

На основе астроизмерений получены соотношения для определения положения и скорости КА при отсутствии априорной информации. Приведённая работа может быть использована для разработки бортового программно-математического обеспечения в части восстановления функционирования системы автономной навигации КА после возникновения нештатных ситуаций, связанных с выводом КА

N.I. Zonov, D.V. Moiseev

AUTONOMOUS SATELLITES NAVIGATION IN THE ABSENCE OF A PRIORI INFORMATION

Keywords: astrogation, initial approximation, accuracy of a priori information, cold start of the navigation process, angle "Star – satellite – Earth", angle "Sun – satellite – Earth".

Relations are obtained for determining the position and velocity of the satellite based on astromeasurements in the absence of a priori information. The results obtained can be used to create software that allows restore the operation of the satellite autonomous navigation system.

на незапланированную орбиту или с некорректным манёвром при невозможности передачи на борт навигационной информации с Земли.

Р.Е. Копейкин, Г.М. Серегин,
А.А. Тунгушпаев, М.Д. Замыслов
АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА В СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОМ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ДАТЧИКЕ ЦЕЛИ

Ключевые слова: радиолокационный датчик цели, ПУЛТ-обнаружитель, цифровая обработки сигнала, сверхкороткоимпульсный сигнал.

В статье описывается получение полезного сигнала, полученного со сверхкороткоимпульсного датчика цели, на основе алгоритма обнаружителя с постоянным уровнем ложной тревоги. Приведена основная концепция построения датчика цели, а также результаты моделирования полезных сигналов, полученных с датчика.

R.E. Kopeykin, G.M. Seregin,
A.A. Tungushpaev, M.D. Zamyslov
THE DETECTION ALGORITHM FOR ULTRAWIDEBAND RADAR TARGET SENSOR

Keywords: radar target detector, CFAR-detector, digital signal processing, ultrawideband signal.

The article proposes the detection algorithm for the radar target sensor, based on CFAR detector. The basic concept of radar target detector architecture is introduced, along with the simulation results of target sensor's signals.

Ю.В. Кочержинская, Е.А. Ильина, А.В. Охотниченко
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННОМ МОДУЛЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Ключевые слова: алгоритм определения местоположения, визуализация локации пользователя, 3D-модель помещения, визуализация местоположения в помещении.

В работе представлены два варианта реализации визуализации разработанного алгоритма для навигации внутри помещения: определение исходных координат пользователя вручную, с поддержкой при помощи данных о предположительном местонахождении пользователя, и с использованием QR-меток и камеры смартфона для точного определения текущего местоположения. Визуализация реализована в формате 3D в виде программного модуля для мобильного приложения.

Yu.V. Kocherzhinskaya, E.A. Ilina, A.V. Okhotnichenko
ALGORITHMS of THE INDOORS USER LOCATION DETERMINATION PROBLEM AND VISUALIZATION OF THIS INFORMATION IN THE NAVIGATION MODULE OF THE MOBILE APPLICATION

Keywords: location algorithm, visualization of the user's location, creating a 3D model of the placement, visualization of the indoors location.

The paper presents two options for implementing the visualization of the developed algorithm for indoor navigation: manually determining the user's initial coordinates, supported by data on the user's presumed location, and using QR tags and a smartphone camera to accurately determine the current location. Visualization is realized in 3D format as a software module for the "NMSTU MAP".

Ю.Ю. Никонов
СРАВНЕНИЕ ИМПОРТА ДАННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФАЙЛОВ В РЕЛЯЦИОННЫЕ И НЕРЕЛЯЦИОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

Ключевые слова: xml, json, реляционная база данных, нереляционная база данных, интеграция.

В статье рассматривается импорт данных из различных типов файлов в реляционные и нереляционные базы данных. Был проведен анализ импорта данных с помощь программы Talend Open Studio. Проведена оценка полученных результатов.

Y.Y. Nikonov
COMPARISON OF IMPORTING DATA FROM VARIOUS FILE TYPES INTO RELATIONAL AND NOSQL DATABASES.

Keywords: xml, json, relational database, NoSQL database, integration.

The article discusses the import of data from various types of files into relational and NoSQL databases. Data import analysis was carried out using the Talend Open Studio program. The obtained results were evaluated.

Л.Р. Сахабутдинова, Д.А. Аввакумов, А.И. Топорков
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО УЗЛА

Ключевые слова: биомеханический узел, протетическая вкладка, дентин, эмаль, деформирование, некариозные дефекты, Python, matplotlib, PyQt5, визуализация данных, информационная система.

В статье представлены этапы разработки системы для визуализации и обработки результатов вычислительных экспериментов биомеханического узла на языке программирования Python. Описываются основные возможности пользовательского интерфейса для проведения качественного и количественного анализа деформационного поведения.

L.R. Sakhabutdinova, D.A. Avvakumov, A.I. Toporkov
APPLICATION FOR VISUALIZATION AND ANALYSIS OF THE RESULTS OF BIOMECHANICAL NODE MODELING

Keywords: biomechanical knot, prosthetic inlay, dentin, enamel, deformation, non-carious defects, Python, matplotlib, PyQt5, data visualization, widgets, modeling, information system.

The article presents the stages of developing a system for visualizing and processing the results of computational experiments of a biomechanical assembly in the Python programming language. The main features of the user interface for qualitative and quantitative analysis of deformation behavior are described.

В.О. Скрипачев, О.В. Семенова, К.В. Авдеев, Г.А. Милорадов, Е.В. Солдатов, С.В. Литвинов, Ю.А. Полушковский
О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Ключевые слова: космический аппарат, околоземное космическое пространство, вероятность, геофизическая

V.O. Skripachev, O.V. Semenova, K.V. Avdeev, G.A. Miloradov, E.V. Soldatov, S.V. Litvinov, Yu.A. Polushkovskiy
ON THE NEED TO DEVELOP A METHOD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF GEOPHYSICAL SAFETY IN THE SPACECRAFT MANAGEMENT

Keywords: spacecraft, space environment, probability, geophysical safety, indicator.

безопасность, показатель.

В настоящее время развивается теория прогнозирования различных случайных процессов. Задача построения системы прогнозирования надежности работы космических аппаратов при влиянии околоземного космического пространства является сложной. В условиях неблагоприятной геофизической обстановки снижается эффективность функционирования космического аппарата и его бортовой научной аппаратуры. Рассматривается подход к разработке метода количественной оценки уровня геофизической безопасности при управлении космическими средствами.

At present, the theory of forecasting of various random processes is being developed. The task of constructing a system for predicting the reliability of spacecraft operation under the influence of near-Earth space is a complex one. Under unfavorable geophysical conditions the efficiency of operation of spacecraft and its on-board scientific equipment decreases. An approach to the development of a method for quantitative assessment of the level of geophysical safety in spacecraft control is considered.

Л.Ф. Тагирова, Р.В. Галкин, Н.А. Тишина

ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: адаптивный интерфейс, нейронные сети, электронная обучающая система, подбор компонентов интерфейса, персонализация интерфейса.

Статья посвящена разработке персонализированных интерфейсов электронных обучающих систем на основе оценки характеристик пользователей. Отличительной особенностью предлагаемой системы является адаптация каждого компонента интерфейса к особенностям пользователя, на основе оценки его профессиональных навыков работы с компьютерной техникой, психофизиологических особенностей, а также эмоционального состояния. В качестве инструмента для формирования персонализированного интерфейса в работе используется глубокая нейронная сеть, представленная в виде многослойного персептрона. В результате каждому студенту предлагается интерфейсная часть электронной обучающей системы, адаптированная с учетом его особенностей. Причем не будет ни одного похожего интерфейса, что делает систему универсальной для каждого пользователя.

L.F. Tagirova, R.V. Galkin, N.A. Tishina

PERSONALIZATION OF ELECTRONIC TRAINING SYSTEM INTERFACES BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

Keywords: adaptive interface, neural networks, electronic training system, selection of interface components, interface personalization.

The article is devoted to the development of a software system for selecting components of user interfaces of electronic training systems. A distinctive feature of the proposed system is the adaptation of each component of the interface to the features of the user, based on the assessment of his professional skills in working with computer equipment, psychophysiological features, as well as emotional state.
As a result, each student is offered a personalized interface for work, adapted to its features.

А.Ю. Ужаринский, А.В. Коськин, А.В. Маматов, С.В. Новиков

МОДЕЛИ АДАПТАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: автоматизированные электронные обучающие системы, управление процессом обучения, адаптация, математические модели, семантические сети.

Рассматриваются вопросы адаптации и управления образовательным процессом в адаптивных электронных обучающих системах. Выделены уровни, виды и формы адаптации, применяемой в адаптивных электронных обучающих системах. Описаны модели адаптации образовательного процесса, применимые на выделенных уровнях.

A.Yu. Uzharinsky, A.V. Mamatov, A.V. Koskin, S.V. Novikov

MODELS OF EDUCATIONAL PROCESS ADAPTATION IN ADAPTIVE ELECTRONIC LEARNING SYSTEMS

Keywords: automated e-learning systems, learning process management, adaptation, mathematical models, semantic networks.

The issues of adaptation and management of the educational process in adaptive e-learning systems are considered. The levels, types and forms of adaptation used in adaptive e-learning systems are highlighted. The models of adaptation of the educational process applicable at the selected levels are described.

Н.В. Абдулкина, И.П. Ситдикова

АНАЛИЗ БАЛАНСОВОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: модель, система, t-критерий Стьюдента.

В работе исследуется влияние температуры, плотности и вязкости на точность балансовой модели. Исследование заключается в оценке уровня значимости при определении перепада давления различными способами. Результаты экспериментальных исследований подтверждают точность балансовой модели системы поддержания пластового давления на основе уравнений Навье-Стокса по сравнению с существующей моделью системы.

N.V. Abdulkina, I.P. Sitdikova

ANALYSIS OF THE BALANCE MODEL OF THE RESERVOIR PRESSURE MAINTENANCE SYSTEM

Keywords: model, system, Student's t-test.

The paper investigates the influence of temperature, density and viscosity on the accuracy of the balance model. The study consists in assessing the level of significance in determining the pressure drop in various ways. The results of experimental studies confirm the accuracy of the balance model of the reservoir pressure maintenance system based on the Navier-Stokes equations in comparison with the existing system model.

А.А. Баевский, А.Р. Кварталов

ОЦЕНКА ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СПЕКТРА ЭДС ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Ключевые слова: Износ инструмента, форма спектра, ЭДС резания, многомерный вектор.

Рассматривается возможность оценки износа режущего инструмента путем количественного описания степени изменения формы спектра переменной составляющей ЭДС

A.A. Baevsky, A.R. Kvartalov

ASSESSMENT OF CUTTING TOOL WEAR BASED ON THE ANALYSIS OF THE EMF SPECTRUM OF THE CUTTING PROCESS

Keywords: tool Wear, the shape of the spectrum, the EMF cutting, multi-dimensional vector.

The possibility of assessing the wear of a cutting tool by quantifying the degree of change in the shape of the spectrum

резания. Приводится математический аппарат разработки функционала и рекомендации по выбору, отвечающего наибольшей устойчивости и помехозащищенности.

А.Р. Фардеев, Ф.Д. Байрамов,
Б.Ф. Байрамов, И.П. Талипова, Е.П. Барыльникова
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ

Ключевые слова: автоматизированная система, циркуляция, смазочно-охлаждающие технологические средства, машиностроительное предприятие, ветровая энергия.

В данной статье разработана автоматизированная система циркуляции смазочно-охлаждающих технологических средств машиностроительного предприятия. Особенностью данной системы является использование ветровой энергии. Рассмотрена возможность работы добавленных средств автоматики при степени очистки жидкости, принятой в основной системе. Исследовано влияние изменения уровня жидкости в чистовом баке на работоспособность насосов и ветронасосных установок. Установлено количество, размеры и мощность ветродвигателей. Вычислена доля электроэнергии, сэкономленной за счет использования энергии ветра.

A.R. Fardeev, F.D. Bairamov,
B.F. Bairamov, I.P. Talipova, E.P. Barylnikova
FUNCTIONING OF THE AUTOMATED CIRCULATION SYSTEM OF COOLING LUBRICATION TECHNOLOGICAL MEANS OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE WITH A COMBINED POWER SUPPLY

Keywords: automated system, circulation, lubricating-cooling technological means, machine-building enterprise, wind energy.

The article includes the development of an automated circulation system of lubrication-cooling technological means of a machine-building enterprise. The peculiarity of this system is the use of wind energy. The possibility of operation of the added automation means at the degree of liquid purification, accepted in the main system is considered. The influence of changes in the liquid level in the main tank on the operability of pumps and wind-pumping units is investigated. The number, the size and the capacity of wind turbines have been determined. The share of electric power, saved due to the use of wind energy, has been calculated.

И.Н. Богатырь
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, библиотеки для нейронных сетей.

В публикации представлены различные дополнительные ресурсы, с помощью которых можно упростить или ускорить создание нейронной сети. Описаны механизмы работы пакетов, способы взаимодействия как с пользователем, так и с кодом, а также выделены конкретные области, в которых данные библиотеки пригодятся больше всего.

I.N. Bogatir
COMPARATIVE ANALYSIS OF ADDITIONAL RESOURCES FOR CREATING NEURAL NETWORKS

Keywords: neural networks, machine learning, simplification of the creation of a neural network.

The publication provides various additional resources with which you can simplify or speed up the creation of a neural network. The mechanisms of work of packages are described, ways of interaction both with the user and with the code, and specific areas are highlighted in which these libraries are most useful.

И.Н. Богатырь, Д.А. Яковлев
МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: моделирование кровеносной системы, гемодинамика, уравнения скорости крови, математическое моделирование, сердце, кровеносная система.

В публикации представлены способы математического моделирования кровеносной системы, разной глубины. Приведено исследование одной из математических моделей гемодинамики как на отдельном сосуде, так и на кровеносной системе в виде графа в целом. Выведены численные методы уравнений гемодинамики на кровеносной системе.

I.N. Bogatir, D.A. Jakovlev
MODELING OF THE CIRCULATORY SYSTEM

Keywords: modeling of the circulatory system, hemodynamics, blood velocity equations, mathematical modeling, heart, circulatory system.

The publication presents methods of mathematical modeling of the circulatory system, of different depths, this is the heart and the rest of the tubular part. The study of the system of hemodynamic equations both on a separate vessel and on the cardiovascular system as a whole is given. Numerical methods for solving hemodynamic equations on the graph of the circulatory system are constructed.

К.И. Козлов
УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: управление системой безопасности, пожарная безопасность, система противопожарной защиты, система пожарной безопасности, система противопожарной защиты.

Исследуется, способы взаимодействия и управления системой обеспечения пожарной безопасности. Изучаются подходы к организации системы, при помощи каких устройств и каким образом происходит наблюдение и управление системой пожарной безопасности. Разбирается, какими параметрами обладает система, каким образом делается вывод о возможной угрозе безопасности. Выясняется возможность интеграции нейронной сети для управления системой безопасности.

K.I. Kozlov
FIRE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM

Keywords: security system management, fire safety, fire protection system, fire safety system, fire protection system.

The organization of management of the fire safety system is considered. Approaches to the organization of the system are being studied, with the help of which devices and how the monitoring and management of the fire safety system takes place. Understands what parameters the system has, how a conclusion is made about a possible security threat. It turns out the possibility of integrating a neural network to control a fire safety system.

А.Н. Петров
АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ

Ключевые слова: Машинное обучение, нейронные сети, прогнозирование болезней, мониторинг

A.N. Petrov
MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING THE DEVELOPMENT OF DISEASES

Keywords: Machine learning, neural networks, disease prediction, disease monitoring, disease detection.

заболеваний, выявление болезней.

В данной публикации были рассмотрены способы прогнозирования развития болезней, а также реализации разных алгоритмов для машинного обучения с этой же целью. Были проведены исследования помогающие выделить основные и особенно важные критерии, для обучения нейронной сети, что может положительно сказаться на лучшем исходе прогнозирования болезни.

In this publication, methods of predicting the development of diseases were considered, as well as the implementation of various algorithms for machine learning for the same purpose. Studies have been conducted to help identify the main and especially important criteria for training a neural network, which can positively affect the best outcome of disease prediction.

А.Н. Петров, Д.А. Яковлев

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУУПРАВЛЯЕМОГО ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: симметрия, машинное обучение, обучение с учителем, дифференциальная геометрия, группы Ли.

В работе представлены результаты исследования моделей машинного обучения, основанных на применении аппарата симметрий и дифференциальной геометрии. Рассматриваются отдельные аспекты процедуры обучения, в частности, предлагаются алгоритмы для полууправляемого обучения на линейных группах Ли. Даны описания для использования такого подхода совместно с методом опорных векторов, а также алгоритмами на графах.

A.N. Petrov, D.A. Jakovlev

GEOMETRIC SEMI-SUPERVISED LEARNING MODEL

Keywords: symmetry, machine learning, semi-supervised learning, differential geometry, Lie groups.

The paper presents the results of the study of machine learning models based on the use of the apparatus of symmetries and differential geometry. Some aspects of the learning procedure are considered, in particular, algorithms for semi-supervised learning on linear Lie groups are proposed. Descriptions are given for using this approach in conjunction with the support vector machine, as well as algorithms on graphs.

А.А. Голубничий, В.С. Осипов,
Е.А. Виноградов, Р.Э. Асланов

КОНЦЕПЦИЯ СЕРВИСА ЦИФРОВЫХ (VR) МИКРО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОБ «ВИРТУАЛЬНЫЙ МИР ПРОФЕССИЙ: ИНЖЕНЕР-НЕФТЯНИК»

Ключевые слова: прикладное программное обеспечение, профессиональные пробы, цифровые иммерсивные технологии, профориентация, нефтяная отрасль, виртуальные образовательные среды.

В статье описывается концепция сервиса цифровых микро-профессиональных проб на примере профессии инженера-нефтяника, обосновывается возможность использования VR-технологий для ряда профессий при проведении микро-профессиональных проб. Дается описание цели и принципов приложения, приводится сценарий приложения с описанием отдельных этапов. Обосновывается выбор и проводится описание трех ключевых локаций: 1) обучение работы с системой, 2) исторический этап, 3) современный этап. Описываются навыки получаемые на каждой из рассмотренных локаций микро-профессиональных проб. Приведены результаты функциональных тестов, демонстрирующие принципиальную возможность использования приложения на целевой аудитории

A.A. Golubnichiy, V.S. Osipov,
E.A. Vinogradov, R.E. Aslanov

SERVICE CONCEPT OF DIGITAL (VR) MICRO-PROFESSIONAL SAMPLES "VIRTUAL WORLD OF PROFESSIONS: PETROLEUM ENGINEER"

Keywords: applied software, professional samples, digital immersive technologies, career guidance, oil industry, virtual educational environments.

The article is about the concept of digital micro-professional samples for the use of the profession of a petroleum engineer. The possibility of using VR technologies in the presence of micro-professional samples for a number of professions is substantiated. The article describes the purpose and implementation of the application. The application scenario is given with a description of the exceptional case. The three applied locations are described: 1) learning to work with the system, 2) the historical stage, 3) the modern stage. The skills obtained at each of the considered locations of micro-professional samples are described. The results of functional tests demonstrate the fundamental possibility of using the application on the target audience.

Т.А. Деменкова, К.И. Хохлюшкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЦИФРОВОГО РЕЗЕРВИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ОБМЕНА

Ключевые слова: цифровой вычислительный комплекс, устройство обмена, надёжность, иерархическая структура, тестовый контроль.

В статье рассматривается актуальная проблема повышения надежности цифровых вычислительных устройств. Представлена методика разработки оптимальной высоконадежной структуры цифрового вычислительного комплекса с использованием встроенного тестового контроля, позволяющей повысить надежность всех элементов, входящих в его состав. Дана сравнительная оценка наиболее популярных направлений повышения надежности структурным способом для устройств, применяемых в системах управления различного назначения. Показана возможность использования методики при разработке цифровых устройств на отечественной элементной базе.

T.A. Demenkova, K.I. Khokhlyushkin

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DEPTH OF TEST CONTROL ON THE RELIABILITY OF A DIGITAL RESERVED EXCHANGE DEVICE

Keywords: digital computer complex, exchange device, reliability, hierarchical structure, test control.

The article deals with the actual problem of increasing the reliability of digital computing devices. A technique is presented for developing an optimal highly reliable structure of a digital computing complex using built-in test control, which makes it possible to increase the reliability of all elements included in its composition. A comparative assessment of the most popular ways of increasing the reliability by a structural method for devices used in control systems for various purposes is given. The possibility of using the technique in the development of digital devices on the domestic element base is shown.

В.Н. Дюпин

СЛОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальное адаптационное пространство, компьютерное зрение,

V.N. Dyupin

LAYER OF DYNAMIC DETAILS OF OBJECTS OF VIRTUAL ADAPTATION SPACE

Keywords: virtual reality, virtual adaptation space, computer vision, decomposition, modeling.

декомпозиция, моделирование.

В работе представлено описание алгоритма построения слоя динамической детализации объектов виртуальной реальности. Приводится пример обработки исходных данных. Рассматриваются варианты расширения множества характеристик объектов путем построения слоя динамической детализации объектов виртуальной реальности.

The paper presents a description of the algorithm for constructing a layer of dynamic detailing of virtual reality objects. An example of initial data processing is given. Variants of expanding the set of characteristics of objects by constructing a layer of dynamic detailing of virtual reality objects are considered.

С.П. Евсеева, С.П. Кайгородов

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Ключевые слова: программное обеспечение, социологическое исследование, сбор данных, первичные данные.

В данной работе рассматриваются вопросы проектирования технического задания для разработки программного обеспечения автоматизированного сбора первичных данных при проведении социологических исследований в Республике Саха (Якутия).

S.P. Evseeva, S.P. Kaigorodov

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AUTOMATED COLLECTION OF PRIMARY DATA WHEN CARRYING OUT SOCIOLOGICAL RESEARCH IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Keywords: software, sociological research, data collection, primary data.

The paper studies the issues of design of technical specifications for the software development for automated collection of primary data when conducting sociological research in the Republic of Sakha (Yakutia).

Т.А. Ершов, А.А. Голубничий

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Ключевые слова: графовая аналитика, сетевой анализ, графы, анализ данных, статистические данные, Python, SpaCy, pandas, NumPy, pyvis, networkx.

В статье описываются возможности применения графового анализа в сфере обработки данных. Описывается логика приложения по анализу текстовой информации на естественном языке. Приводится пример реализации такой логики программы для визуализации в виде графа взаимоотношений между персонажами книги "Дюна" Фрэнка Герберта.

T.A. Ershov, A.A. Golubnichy

APPLICATION OF GRAPH ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF PROCESSING TEXTS IN NATURAL LANGUAGE

Keywords: graph analysis, network analysis, graph, data analysis, statistic data, Python, SpaCy, pandas, NumPy, pyvis, networkx.

The article describes the possibilities of using graph analysis in the field of data processing. The logic of the application for the analysis of textual information in natural language is described. An example of the implementation of such logic of the program for visualization in the form of a graph of relationships between the characters of the book "Dune" by Frank Herbert is given book "Dune" – Frank Herbert

И.Ю. Карандеева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ВОЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В СОЧЕТАНИИ СО ШЛЕМОМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ

Ключевые слова: симуляторы вождения автомобиля, компьютерное моделирование, снижение аварийности на дорогах, шлем виртуальной реальности

Рассмотрены возможности снижения аварийности на дорогах страны путем применения симуляторов вождения автомобиля. В работе приведен сравнительный анализ известных симуляторов вождения автомобиля. Проводится сравнительный анализ известных шлемов виртуальной реальности и выявляется наиболее подходящая модель для использования во время обучения вождению на компьютере. Представлены результаты применения выбранного симулятора и шлема виртуальной реальности в одной из автошкол и выявлено повышение качества вождения курсантов.

I.Y. Karandeeva

THE USE OF CAR DRIVING SIMULATORS IN COMBINATION WITH A VIRTUAL REALITY HELMET IN ORDER TO REDUCE ACCIDENTS ON THE ROADS

Keywords: car driving simulators, computer simulation, reduction of accidents on the roads, virtual reality helmet.

The possibilities of reducing the accident rate on the country's roads by using car driving simulators are considered. The paper presents a comparative analysis of well-known car driving simulators. A comparative analysis of well-known virtual reality helmets is carried out and the most suitable model for use during computer driving training is identified. The results of the use of the selected simulator and virtual reality helmet in one of the driving schools are presented and an improvement in the driving quality of cadets is revealed.

А.В. Киримова, И.С. Замулин

ОПИСАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЦИФР

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, MNIST, машинное обучение, изображение цифр, Python, Keras.

Машинное обучение применяется при решениях различных задач. В статье описаны принципы работы нейронных сетей и показано, как работает нейронная сеть для распознавания цифр. Представлены средства для разработки данной модели.

A.V. Kirimova, I.S. Zamulin

DESCRIPTION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR DIGITAL RECOGNITION

Keywords: convolutional neural networks, MNIST, machine learning, digit imaging, Python, Keras.

Machine learning is used to solve various problems. The article describes the principles of neural networks and shows how a neural network works for digit recognition. The means for the development of this model are presented.

Е.Г. Макейкин, В.С. Холушкин, А.В. Хохлов, Г.С. Лазарев

МИГРАЦИЯ БД СПРАВОЧНИКОВ НСИ 2014SP6 В ПОЛИНОМ:MDM 22

Ключевые слова: база данных, сквозная 3D-технология, справочник, миграция данных, резервное копирование.

В данной работе представлены основные аспекты процесса

E.G. Makeykin, V.S. Kholushkin, A.V. Khokhlov, G.S. Lazarev

MIGRATION OF THE DATABASE OF REFERENCE BOOKS OF NORMATIVE REFERENCE INFORMATION 2014SP6 TO THE POLYNOM:MDM 22

Keywords: database, end-to-end 3D-technology, reference book, data migration, backup.

миграции баз данных (БД) нормативно-справочной информации (НСИ), состоящие из разрозненных справочников в единое решение – ПОЛИНОМ:MDM 22. В рамках развития всей сквозной 3D-технологии на предприятии особое внимание уделялось именно применению комплекса ПО ПОЛИНОМ:MDM, выбор которого был обусловлен преимуществом в едином интерфейсе и логики работы для всех справочных данных, в упрощении работы по поиску данных, а также администрировании всех компонент из единой оснастки. В процессе перехода на новое ПО необходимо было сохранить весь пул наработанных данных в базах данных справочников НСИ 2014 SP6, состоящих из БД справочника Стандартные изделия (СИ), справочника Материалы и Сотраменты (МиС) и справочника Технолога (СТ).

This paper presents the main aspects of the migration process of databases (DB) of normative reference information (NSI), consisting of disparate reference books into a single solution – a POLYNOM:MDM 22. As part of the development of the entire end-to-end 3D-technology at the enterprise, special attention was paid to the use of the POLYNOM:MDM software package, the choice of which was due to the advantage in a single interface and logic of work for all reference data, in simplifying the work of data retrieval, as well as the administration of all components from a single snap-in. During the transition to the new software, it was necessary to save the entire pool of accumulated data in the databases of the NSI 2014 SP6 reference books, consisting of the databases of the Standard Products reference book (SI), the Materials and Grades (MiS) reference book and the Technologist's reference book (ST).

А.В. Пантелеев, Д.А. Салкин,
Д.А. Чекалдаев, А.А. Камаева, Т.А. Захватова
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: облачные технологии, облачные сервисы, модель облачной инфраструктуры, угрозы, хранение данных.

В век бурного развития современных информационных технологий хранение и обработка данных становится как никогда приоритетной задачей. Существует несколько путей решения данной проблемы: приобрести и развернуть свой собственный физический сервер; арендовать ресурсы в центре обработки данных; или воспользоваться технологиями облачного хранения информации. Целью исследования является изучение перспектив использования облачных сервисов для оптимальной работы с большим потоком информации. Чтобы достигнуть поставленной цели, необходимо было решить следующие задачи: провести изучение существующего материала; изучить понятие «облачные технологии» и провести сравнительный анализ с имеющимися аналогами; проанализировать проблемы внедрения облачных хранилищ; рассмотреть вопросы для принятия решений при выборе IT-сервисов. Результат исследований следующий: описаны преимущества и недостатки существующих облачных сервисов; приведена оценка появления угроз от применения облачных технологий; определены ключевые моменты при принятии решений по выбору облачных сервисов.

A.V. Panteleev, D.A. Salkin,
D.A. Chekaldaev, A.A. Kamaeva, T.A. Zahvatova
RESEARCH OF CLOUD IMPLEMENTATION PROCESSESTECHNOLOGIES

Keywords: cloud technologies, cloud services, cloud infrastructure model, threats, data storage.

In the age of rapid development of modern information technologies, data storage and processing is becoming a priority task more than ever. There are several ways to solve this problem: purchase and deploy your own physical server; rent resources in a data center; or use cloud storage technologies. The purpose of the study is to study the prospects of using cloud services for optimal work with a large flow of information. To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks: to study the existing material; to study the concept of "cloud technologies" and conduct a comparative analysis with existing analogues; to analyze the problems of implementing cloud storage; to consider issues for decision-making when choosing IT services. The result of the research is as follows: the advantages and disadvantages of existing cloud services are described; an assessment of the emergence of threats from the use of cloud technologies is given; key points are identified when making decisions on the choice of cloud services.

А.Б. Сорокин, Л.М. Железняк, А.А. Верещагин
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Ключевые слова: концептуальная структура, программный комплекс, интеллектуальные модели, редактор концептуальных структур.

В работе рассмотрена задача создания программного обеспечения для создания и редактирования концептуальных структур. Производится описание методики работы с концептуальными структурами по методу ситуационного анализа и проектирования модели предметной области произвольной природы. Описана архитектура редактора концептуальных структур, алгоритмы основных функций. Решается практическая задача создания специализированного программного обеспечения, для реализации концептуальных структур принятия решений.

A.B. Sorokin, L.M. Zheleznyak, A.A. Verechagin
VISUALIZATION OF CONCEPTUAL DECISION-MAKING STRUCTURES

Keywords: conceptual structure, software package, intellectual models, editor of conceptual structures

The paper discusses the task of creating software for creating and editing conceptual structures. A description is given of the methodology of working with conceptual structures by the method of situational analysis and design of a model of a domain of arbitrary nature. The architecture of the editor of conceptual structures, the algorithms of the main functions are described. The practical task of creating specialized software for the implementation of conceptual decision-making structures is being solved.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й В Е С Т Н И К П О В О Л Ж Ь Я

№1 2023

Направления:

1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)
2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (технические науки)
2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)
2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (физико-математические науки)
2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (технические науки)
2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (физико-математические науки)

www. ntvprt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 31.01.2023 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 31.01.2023
12,4 усл.печ.л. 14,0 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 4550.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул.Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул.Университетская, 22, помещение 23.
Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35
Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»