

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЦИФРОВАЯ СРЕДА: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ДЕТР 2024

Сборник материалов
II Международной научно-практической конференции

Брест 2024

УДК 681.5:004(08)
ББК 16
Ц 75

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Шалобыта Н. Н. – проректор по научной работе, к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора:

Разумейчик В. С. – заместитель декана факультета электронно-информационных систем, к.т.н.

Члены редколлегии:

Дереченник С. С. – заведующий кафедрой электронных вычислительных машин и систем, к.т.н., доцент

Петров Д. О. – доцент кафедры электронных вычислительных машин и систем, к.т.н.

Ц 75 Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / Редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2024. – 235 с. : ил.

ISBN 978-985-493-639-0

В сборнике опубликованы материалы докладов, представленных на II Международной научно-практической конференции «Цифровая среда: технологии и перспективы». Авторами рассматриваются вопросы моделирования сложных систем и физических процессов, биометрические технологии и средства человеко-машинного взаимодействия, интеллектуальные технологии обработки данных и прогнозирования, электронные компоненты киберфизических систем, интеллектуальные встроенные системы, а также информационные технологии в системах дистанционного обучения и поддержки учебного процесса.

Материалы одобрены оргкомитетом и публикуются с учетом того, что авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены при соблюдении требований к оформлению материалов.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области электронных систем и технологий. Представленные материалы могут представлять интерес для ученых, инженеров, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей. Сборник индексируется в РИНЦ.

УДК 681.5:004(08)
ББК 16

ISBN 978-985-493-639-0

© Издательство БрГТУ, 2024

Содержание

Электронные компоненты киберфизических систем. Встроенные системы. Средства компьютерного зрения. Биометрические технологии. Технологии и средства человеко-машинного взаимодействия	8
О ВАРИАНТАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	9
В. И. Поляков, С. С. Дереченник, В. В. Буслюк, О. О. Латий, Д. А. Луций	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БОРТОВЫХ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	17
О. О. Латий	
ОДНОПЛАТНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ RISC-V В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ	21
А. А. Крошенко	
РАЗВИЦЦЁ СРОДКАЎ КІРАВАННЯ КУРСОРАМ У РЭЧЫШЧЫ ЭВАЛЮЦЫІ ГРАФІЧНАГА ІНТЭРФЕЙСУ З КАРЫСТАЧОМ	24
Д. А. Касцюк, В. А. Мельнік, Д. М. Русак	
АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.....	29
А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик	
ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПАЛЛЕТИЗАЦИИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	35
В. С. Томашов	
ІНТЭГРАЦЫЯ АЎТАМАТЫЗАВАНЫХ ТЭХНАЛОГІЙ У СЕЛЬСКАЙ ГАСПАДАРЦЫ НА ПРЫКЛАДЗЕ ЗБОЖЖАВАЙ СЕЯЛКІ.....	38
І. Б. Байдак, М. У. Нікалаюк-Рцішчава	
АЎТАМАТЫЗАВАНАЯ СІСТЭМА ДЛЯ ЭФЕКТЫЎНАГА ВЫСЕВУ НАСЕННЯ: РАСПРАЦОЎКА І ЎКАРАНЕННЕ	42
М. А. Чыж, М. У. Нікалаюк-Рцішчава	
ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	46
Бавбель Е.И., Алексеев В.Ф.	
ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ НЕИНВАЗИВНОЙ ГЛЮКОМЕТРИИ	51
А. И. Дыдик	
ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК	55
П. В. Жоглов, С. В. Чугунов	
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ...	60
В. И. Хведчук, Чжан Сяотянь	

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ АНАЛИЗА ДЛЯ БИОИНФОРМАТИКИ	64
В. И. Хведчук, А. И. Самаха	
Интеллектуальные технологии обработки данных и прогнозирования. Анализ и моделирование сложных систем и физических процессов	70
СРЕДСТВА ДЕМОНСТРАЦИИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	71
Д. О. Петров, М. Ю. Стасюкевич	
ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: ОТ ИДЕИ ДО РАБОТАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ	82
В. В. Касьяник, Е. С. Макаревич	
МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ УГРОЗ В СИСТЕМАХ «УМНОГО» ГОРОДА	86
Е. М. Косарева, Д. В. Лихачевский	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ.....	90
Т. В. Зыкова, Ю. В. Вайнштейн, М. В. Носков	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРА И АНАЛИЗА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ	94
Е. А. Алуев	
ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИИ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ	100
А. О. Заречный, И. А. Иванищева	
АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКИХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ.....	103
Е. Р. Адамовский	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫБОР ГИПЕРПАРАМЕТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ DENSENET-121 ДЛЯ РЕИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЮДЕЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ	108
С. А. Игнатьева, Р. П. Богуш	
ЛИНЕЙНОЕ СГЛАЖИВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ВЕРоятНОСТИ ДЛЯ МАЛЫХ ВЫБОРОК ДАННЫХ.....	113
Н. Н. Мешечек	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДНО ОТКРЫТОГО ГЕТЕРОПЕРЕХОДНОГО ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ	118
Н. Н. Ворсин, А. А. Гладыщук, Т. Л. Кушнер, Н. П. Тарасюк, С. В. Чугунов	

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЦ ПЕРЕНОСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ГЕТЕРОСТРУКТУР InGaAs/AlGaAs/GaAs.....	123
Н. П. Тарасюк, А. В. Лазарчук	
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ КОЛИЧЕСТВА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИССЛЕДУЕМОЙ ОБЛАСТИ	128
Г. А. Пискун, Д. Ю. Крупенько	
АНАЛИЗ ПЕРЕНОСА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ	132
Г. А. Пискун, Н. А. Павловец, Р. А.Скоринов	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ ДВУМЕРНЫХ КОДОВ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ СРЕДСТВАМИ	136
Е. С. Пискун, Д. Г. Ершов	
ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ВЫКЛАДКИ ТОВАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	140
К. С. Курочка, К. А. Панарин	
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕКЛАМНЫХ СТРАТЕГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ДОЛГОЙ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ	143
Е.С. Пискун, Д. В. Нуансенгси	
МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯДРЫШКОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ МИКРОСКОПИИ.....	148
К. С. Курочка, В. С. Ермашкевич, А. Л. Федорович	
СТАЦИОНАРНЫЙ ТЕПЛООБМЕН МЕЖДУ ШАРАМИ И ПОТОКОМ ВОЗДУХА	151
К. Джамбиев, А. Матьякубов, Г. Байрамов, С. Батыров	
ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ	154
А. Овулягулыев, Б. Гурбанов	
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ: РАСПОЗНАВАНИЕ И ДЕТЕКЦИЯ ЛИЦ	157
Кулик А.Д, Мухачева Е.Г.	
ТЕЛЕГРАМ-БОТ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ «ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНСУЛЬТАНТ БрГТУ».....	162
Е. С. Палто, В. В. Касьяник	
FACIAL RECOGNITION SYSTEMS.....	164
А. М. Hamrayev, P. S. Myradov, M. M. Hojamammedov	

Секция 3 Инновационные средства представления информационного контента, электронные информационные технологии в системах дистанционного обучения и поддержки учебного процесса.....171

ОРГАНИЗАЦИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СВЯЗНОСТИ ..172

Курячий Г. В.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦИФРОВОЙ КОМПЛЕКС ОТБОРА И АТТЕСТАЦИИ КАДРОВОГО СОСТАВА ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....177

В. М. Чертков, Е. Ю. Гарист, О. В. Голубева

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ182

В. Н. Кузьмич, В. С. Разумейчик, А. Н. Парфиевич

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА187

Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер, К. М. Маркевич

ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС190

М. В. Карпенко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ195

П. С. Мурадов, А. М. Хамраев, М. Х. Нурлыева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GOOGLE-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАРОСТЫ ГРУППЫ.....200

Е. В. Кирчук, В. А. Кофанов, Т. Г. Хомицкая

Секция 4 Разработка системного и прикладного программного обеспечения, свободно-распространяемого программного обеспечения с открытым исходным кодом204

РАСПРАЦОЎКА ШМАТКАМПАНЕНТНАЙ ГІС 3 МАШТАБАВАННЕМ НА АСНОВЕ ВІРТУАЛІЗАЦЫІ205

**А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, А.А. Маркіна, Д.А. Пятроў,
М.М. Шэшка, А.А. Шулган**

СОЗДАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ANSYS ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА.....209

В. В. Напрасников, Ван Цзыжуй, Чжан Цзыхан

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАДРОВЫХ РИСКОВ КОМПАНИИ212

В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский

АЛГОРИТМЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ.....	221
В. Ф. Алексеев, Д. В.Лихачевский	
УДАЛЕННОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАТФОРМЫ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ ANSIBLE	227
Е. С. Пискун, А. Д. Стрельцов	
ПРОГРАММА УЧЕТА “ВЕРК” – СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ТОВАРАМИ	231
Дж. А. Абдыев, М. Х. Нурлыева, М. М. Ходжамаммедов	

**Электронные компоненты
киберфизических систем.
Встроенные системы.
Средства компьютерного зрения.
Биометрические технологии.
Технологии и средства
человеко-машинного взаимодействия**

О ВАРИАНТАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В. И. Поляков¹, С. С. Дереченник², В. В. Буслюк^{1,2},
О. О. Латий¹, Д. А. Луцкий^{1,2}

¹ ОАО «Цветотрон», Брест, Беларусь, vbusliuk58@gmail.com

² Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
cm@brest.by

The article examines some developments by a research group comprising university professors, scientists, and engineers, focusing on the advancement of radar technology. Collaborative efforts from specialists in diverse fields enabled them to address the common goal of enhancing the capabilities of radar systems in the presence of both natural and artificial interference. Specific examples demonstrate that expanding the spectrum of probing signals and employing specialized processing of a packet of radio pulses can increase the resolving power of radar systems in terms of range and target speed, while also providing compensation for passive interference. The article includes structural diagrams of devices designed to shield radar systems from passive interference as illustrative examples. The modern state of digital technologies allows for efficient implementation of these solutions utilizing a new element and software-technical base. This highlights their relevance for designers of mobile systems operating in interference environments, encompassing data transmission, telemetry, radio detection, radio control, and other applications across various sectors of the economy.

*В память о друзьях-товарищах, докторах наук,
профессорах – генерале В.В. Литвинове, генерале
В.В. Фединине, Д.И. Леховицком.*

Предисловие

Одному из авторов статьи в 60-90-е годы прошлого столетия довелось служить в Артиллерийской радиотехнической академии Советской Армии им. Маршала Советского Союза Л.А.Говорова (АРТА)¹, на кафедре всемирно известного специалиста по радиолокации Я.Д.Ширмана. Кафедра в те годы была кузницей научных кадров высшей квалификации.

Одним из главных направлений развития радиолокационной техники в то время была её помехоустойчивость. Это направление не утратило актуальности и в настоящее время, особенно на фоне совершенствования методов и средств разрушения информации (радиоэлектронной борьбы). Наряду с использованием широкополосных сигналов для расширения возможностей РЛС, в том числе

¹ Впоследствии – Военная инженерная радиотехническая академия (ВИРТА) ПВО имени Говорова Л.А.; Харьковский национальный университет Воздушных Сил (ХНУВС) имени Ивана Кожедуба

и для повышения помехоустойчивости, в 60-х годах появились основополагающие работы по автоматической компенсации помех [1]. В группу специалистов по разработке вопросов защиты РЛС от помех тогда входили, помимо авторов изобретений [2–5], профессора Ширман Я.Д. и Красногоров С.И., а также Манжос В.Н., Литвинов В.В., Фединин В.В. и другие.

В издаваемой в те годы в АРТА газете неоднократно появлялась информация о достижениях изобретателей, о работе так называемого конструкторского бюро кафедры (фото на рисунке 1), в составе которого успешно трудились будущие доктора технических наук, профессора Литвинов В.В., Фединин В.В. и Леховицкий Д.И.



Рисунок 1 – На фото сидят (справа налево): п/п-к В.В.Литвинов, п/п-к В.И.Поляков, инженер В.Н.Донец, майор В.В.Фединин; стоят (справа налево): инженеры В.И.Каминский, Д.И.Леховицкий, Л.В.Нечаев

В память об безвременно ушедших от нас, упомянутых выше ученых СССР, Литвинове В.В., Фединине В.В. и Леховицком Д.И. подготовлен этот научный доклад, который основан на нескольких совместных с ними работах, направленных на повышение эффективности работы РЛС в условиях воздействия помех.

Приведенные в докладе варианты построения помехозащищенных РЛС могут, с одной стороны, заинтересовать разработчиков помехозащищенной радиоаппаратуры, с другой – преподавателей и студентов вузов по специальностям радиоэлектронного профиля. Впоследствии, в 2009-2020 гг. автор продолжил работу на кафедре электронных вычислительных машин и систем Брестского государственного технического университета, где в учебные планы специальностей Промышленная электроника и Программируемые мобильные системы были введены новые учебные дисциплины «Радиоэлектронная

системотехника», «Помехоустойчивость радиоэлектронных систем». При этом упомянутые выше наработки, адаптированные к современным методам цифровой обработки сигналов, используются для подготовки необходимой учебно-методической литературы [6, 7].

Брест, октябрь 2024

В.И.Поляков

Формирование широкополосных сигналов для РЛС

Применение сложных широкополосных сигналов является одним из путей повышения помехоустойчивости различных радиотехнических, в том числе радиолокационных систем. Известные формирователи широкополосных сигналов содержат последовательно соединенные гетеродин, синхронизатор, генератор радиоимпульсов, сумматор, смеситель и линию задержки, выход которой подключен ко второму входу сумматора (образуя, тем самым, кольцевой рециркулятор). Однако при этом не обеспечивается необходимая стабильность частоты и фазы.

Для повышения стабильности в предложенном формирователе широкополосных сигналов между выходом синхронизатора и входом смесителя введены формирователь тактовых импульсов и управляемый фазовращатель [2], как показано на рисунке 2.

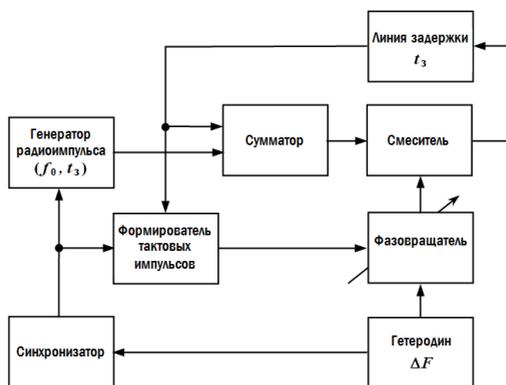


Рисунок 2 – Схема формирователя широкополосных сигналов

Формирователь работает следующим образом. Генератор радиоимпульсов вырабатывает «гладкий» радиоимпульс длительностью t_3 на несущей частоте f_0 . Через сумматор он поступает на смеситель, где за счет гетеродина сдвигается по частоте f_0 на величину ΔF и подается на вход линии задержки.

Радиоимпульс с задержкой t_3 через сумматор вновь поступает на смеситель. После многократных циркуляций образуется сигнал с частотой, ступенчато изменяющейся на величину ΔF через промежутки времени, равные t_3 . Управляемый фазовращатель устанавливается в такое первоначальное состояние,

при котором смежные циркулирующие импульсы сфазированы. Пусть в таком сигнале необходимо осуществить манипуляцию фазы. Для этого включается формирователь тактовых импульсов, а с него тактовые импульсы поступают на управляемый фазовращатель.

Период следования тактовых импульсов равен времени задержки циркулирующего импульса в кольце рециркулятора (это время практически равно длительности t_3 задержки в линии). Тогда каждый тактовый импульс в моменты времени $t_3, 2t_3, 3t_3, \dots, Nt_3$ изменяет состояние управляемого фазовращателя, вследствие чего условие фазирования смежных циркулирующих импульсов нарушается на заранее установленную величину $\Delta\phi$. Ступенчато изменяющийся по частоте сигнал становится также манипулированным по фазе. Кольцо рециркулятора изменяется в начале каждого периода развертки формирователя, а период следования тактовых импульсов устанавливается равным измеренному значению, в результате период следования тактовых импульсов совпадает со временем задержки в кольце. Для этого импульс, вырабатываемый синхронизатором для запуска генератора радиоимпульса, одновременно поступает в формирователь тактовых импульсов, определяя начало отсчета временного интервала. Через некоторое время, равное времени задержки в кольце рециркулятора, на второй вход формирователя тактовых импульсов поступает циркулирующий импульс. Измеренное таким образом время задержки кольца рециркулятора запоминается на весь период развертки формирователя, в течение которого оно практически остается постоянным.

Если генератор радиоимпульса вырабатывает линейный частотно-модулированный (ЛЧМ) радиоимпульс, то формируемый широкополосный сигнал является ЛЧМ-сигналом. В результате работы формирователя тактовых импульсов и управляемого фазовращателя можно получить ЛЧМ-сигнал с манипуляцией фазы в моменты времени $t_3, 2t_3, 3t_3, \dots, Nt_3$.

Использование блока тактовых импульсов и управляемого фазовращателя выгодно отличает предложенный формирователь от известных, так как становится возможным формирование при помощи одного и того же формирователя следующих типов сигнала: частотно-манипулированный, частотно-фазо-манипулированный, линейно-частотно-манипулированный, линейно-частотно-модулированный с манипуляцией фазы. Режим работы формирователя изменяется импульсами синхронизатора.

Селекция движущихся целей РЛС

Устройства для селекции движущихся целей в своей базовой конфигурации содержат линии задержки с множителем задержанного и незадержанного сигнала. Несовпадающие во времени импульсы несинхронной помехи от неподвижных предметов подавляются, а сигналы цели проходят. Однако отсутствие накопления сигнала приводит к увеличению количества «слепых» скоростей². При этом отраженный сигнал не меняет своей полярности

² «Слепыми» скоростями называются скорости цели, при которых накопление фазового сдвига за период следования импульсов кратно 2π .

на выходе устройства череспериодной компенсации, а значит, компенсируется, как и сигнал от неподвижного объекта. По этой причине в устройство дополнительно вводят накопитель, сумматор, а также управляемые дискретизаторы и весовой перемножитель. Сигнал с выхода сумматора по обратной связи через линию задержки и дискретизатор попадает на его вход. Однако и такое устройство имеет недостаточную помехоустойчивость.

Для повышения помехоустойчивости в устройство для селекции движущихся целей предложено включить, между выходом весового перемножителя и входом накопителя, дополнительную линию задержки и элемент «И». Второй вход элемента «И» при этом подсоединяется к выходу весового перемножителя через амплитудный детектор, селектор по длительности и формирователь строб-импульсов.

Предложенное устройство, схема которого представлена на рисунке 3, работает следующим образом [3]. Входы управления дискретизаторов (2) и (6), весового перемножителя (4) соединены с выходами блока управления (7). Отраженного от цели сигнала – пачка импульсов, длительность которой составляет M -дискрет, где M – число импульсов в пачке.

Сигнал от цели после прохождения через дискретизатор (2), сумматор (3) с цепью обратной связи, содержащей линию (5) задержки и дискретизатор (6), попадает в перемножитель (4). Для подавления несинхронных импульсных помех, сигнал с перемножителя (4) обрабатывается последовательно детектором (10), селектором (11) и формирователем строб-импульсов (12), после чего логически складывается элементом «И» (9) с необработанным сигналом с перемножителя (4), задержанным в дополнительной линии (8) задержки, попадая затем в накопитель (1).

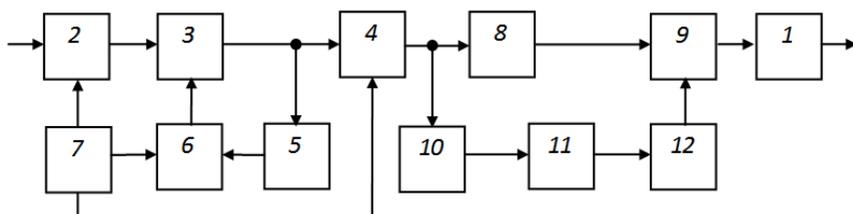


Рисунок 3 – Схема устройства для селекции движущихся целей

Многokратная череспериодная компенсация пассивных помех

Для многokратной череспериодной компенсации пассивных помех необходим сумматор, линия задержки, а также инвертор в цепи обратной связи. В многokанальных устройствах такого типа линия задержки требуется в каждом канале, что существенно увеличивает аппаратные затраты. Для сокращения числа линий задержки до одной в предложенном устройстве дополнительно введены модулятор, включенный на входе сумматора, и коммутатор, включенный между выходом сумматора и выходом линии задержки, причем к цепям управления модулятором и коммутатором подключен генератор

команд [4]. На рисунке 4 приведена структурная схема устройства и временные диаграммы, поясняющие его работу.

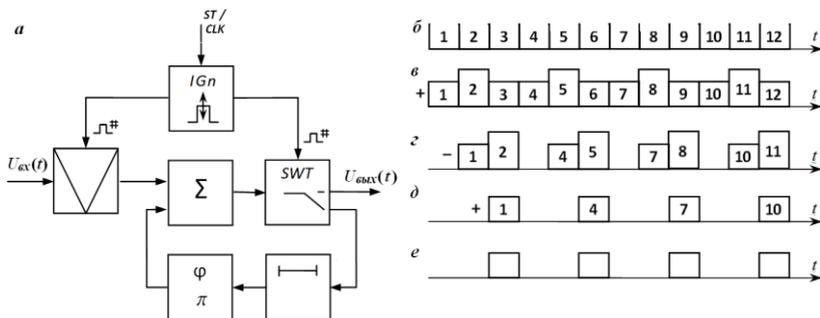


Рисунок 4 – Схема (а) и временные диаграммы работы (б...е) устройства селекции движущихся целей с череспериодной компенсацией помехи

Радиосигналы с выхода приемника поступают на вход модулятора. Согласно номеру периода следования каждому сигналу устанавливается свой вес, определяющий кратность компенсации (рисунок 4б). Закон модуляции формируется генератором команд, который запускается импульсами, поступающими с радиолокатора. Модулированные сигналы поступают на сумматор, а затем через коммутатор – на линию задержки. Задержанные на период следования и сдвинутые по фазе в инверторе на 180° , сигналы поступают на сумматор (рисунок 4в), и вновь на линию задержки, где еще раз задерживаются на один период следования и инвертируются по фазе (рисунок 4г). На время того периода, когда на сумматор поступают дважды задержанные сигналы, коммутатор разрывает цепь обратной связи и подключает выход сумматора к выходу устройства. Переключение коммутатора обеспечивается соответствующей последовательностью импульсов (рисунок 4е) от генератора команд. Напряжение с выхода устройства снимается через каждые два периода на третий, его можно записать таким образом (рисунок 4е):

$$U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вх}}(t) - 2U_{\text{вх}}(t - T) + U_{\text{вх}}(t - 2T) .$$

Поскольку в каждом из периодов следования, поступающих на выход устройства, содержатся сигналы трех обрабатываемых периодов, съём напряжения с выхода устройства через два периода на третий практически не ухудшает отношения сигнал/шум, так как, если цель движется с оптимальной скоростью, схема череспериодного вычитания является и накопителем сигналов. При этом сигналы различных периодов накапливаются только в одном из каждых трех периодов следования на выходе устройства. В остальных двух периодах выходного напряжения содержатся в различных сочетаниях уже использованные для накопления входные сигналы различных периодов. Сложение колебаний одних и тех же периодов следования приводит как к накоплению сигнала, так и к накоплению шума.

Череспериодная автокомпенсация пассивных помех

Оптимальная обработка сигнала на фоне пассивных помех и внутренних шумов, в случае пачечного сигнала, сводится к оптимальной обработке каждого импульса и весовой обработке пачки. Весовая обработка осуществляется с помощью линии задержки с отводами, в которые включены элементы, управляемые весовыми коэффициентами (как помеховыми, так и сигнальными). Помеховые весовые коэффициенты формируются с помощью корреляционной обратной связи, а сигнальные – фазовращателями. Для повышения помехоустойчивости дополнительно введена цепь автоматической регулировки усиления (APУ) колебаний гетеродина, используемых для формирования сигнальных весовых коэффициентов [5], как показано на рисунке 5.

Каждый импульс пачки входного сигнала проходит через оптимальный фильтр одиночного импульса и поступает на линию задержки (на длительность пачки). В отводы линии задержки включены объединяемые общим сумматором умножители, которые управляются напряжениями, поступающими от узлов компенсации. Каждый узел компенсации включает перемножитель с интегратором (формируют помеховый весовой коэффициент), фазовращатель (формирует сигнальный весовой коэффициент) и каналный сумматор, объединяющий помеховые и сигнальные весовые коэффициенты.

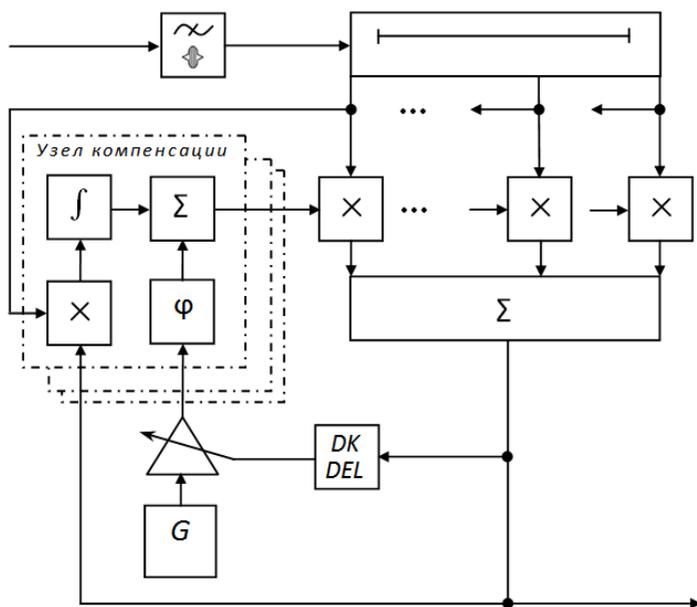


Рисунок 5 – Схема устройства череспериодной автокомпенсации пассивных помех

На каждый узел компенсации подается индивидуальный сигнал, задержанный на соответствующее число междуимпульсных периодов, а также два

общих для всех узлов колебания: суммарное выходное колебание и усиленное колебание гетеродина (коэффициент усиления управляется детектированным и задержанным выходным колебанием). Цепь АРУ, за счет изменения амплитуды сигнальных весовых коэффициентов, стабилизирует величину нескомпенсированных остатков на уровне, превышающем уровень собственных тепловых шумов элементов устройства.

Заключение

Приведенные в докладе оригинальные решения, позволяющие существенно повысить помехоустойчивость РЛС, потенциально применимы для радиоэлектронной системы (РЭС) другого типа. Применение этих и других, в том числе классических, решений в современных РЭС локации, навигации, управления, связи предполагает широкое использование цифровых методов и устройств обработки сигналов. Цифровые технологии обеспечивают резкое повышение точности, быстродействия, пропускной способности и других тактико-технических характеристик РЭС. Применение цифровых средств подразумевает повышение роли не только физических наук (электромагнетизм, оптика, акустика и др.), но и целого ряда математических наук. К их числу относятся: математическая (и техническая) кибернетика, машинная математика, машинное обучение, теория оптимального управления, теория кодирования, теория больших систем и др. При этом важно отметить также наблюдающееся концептуальное развитие классических представлений. Например, для вероятностно-статистического анализа сигналов все шире используют негауссовы модели сигналов и помех, небайесовские процедуры, а также непараметрические статистики. Это обуславливает необходимость усиления соответствующего компонента подготовки обучающихся по специальностям радиоэлектронного профиля.

Список использованных источников

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Ширман Я.Д., Лосев Ю.Н., Минервин Н.Н., Москвитин С.В., Горшков С.А., Леховицкий Д.Н., Левченко Л.С. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
2. Формирователь широкополосных сигналов : АС 628601 СССР / В.И. Поляков, С.Н. Александров. – Оpubл. 15.10.1978.
3. Устройство для селекции движущихся целей : АС 553750 СССР / В.И. Поляков, В.В. Фединин. – Оpubл. 05.04.1977.
4. Устройство для многократной череспериодной компенсации : АС 414554 СССР / В.И. Поляков, В.В. Фединин. – Оpubл. 05.11.1974.
5. Устройство череспериодной автокомпенсации пассивных помех : АС 375806 СССР / В.И. Поляков, В.В. Фединин. – Оpubл. 23.03.1973.
6. Дереченник С.С., Поляков В.И. Радиоэлектронная системотехника : пособие. – Брест: БрГТУ, 2011. – 383 с.
7. Дереченник С.С., Поляков В.И., Дереченник С.С. - мл. Обработка сигналов радиоэлектронных систем : лабораторный практикум. – Брест: БрГТУ, 2012. – 150 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БОРТОВЫХ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

О. О. Латий

ОАО «Цветотрон», Брест, Беларусь, gling@tsvetotron.com

The onboard embedded systems of agricultural machinery manufactured by JSC Tsvetotron are considered: an information management system, a multifunctional terminal, an on-board information management system, a preservative application system, a universal mass control system for the components of the mixture. The prospects for the development of embedded systems of agricultural machinery are reviewed.

Введение

Одним из ключевых направлений в научно-техническом прогрессе является развитие интеллектуальных технологий. Интеллектуальные системы отличаются способностью быстро адаптироваться к внешним и внутренним воздействиям, изменяя свои параметры в соответствии с условиями окружающей среды. Использование данных технологий реализуется с помощью вычислительных мощностей бортовых встроенных систем.

Модернизация сельского хозяйства через использование современных бортовых встроенных систем в технике является важной задачей. Это решение существенно повысит конкурентоспособность белорусской сельскохозяйственной продукции и товаропроизводителей, обеспечивая высокое качество продовольственных товаров.

Бортовые встроенные системы производства ОАО «Цветотрон»

Система информационная управляющая [1]. Система предназначена для контроля и управления технологическими режимами работы узлов и агрегатов зерноуборочной техники. Контролирует работоспособность всех датчиков комбайна и информирует пользователя о возникших ошибках. Информация об относительных потерях зерна отображается в аналоговой и цифровой форме по каждому каналу в отдельности. В комплект поставки входят: блок индикации, блок ввода-вывода, блок контроля потерь зерна, монтажные части (жгуты, крепеж).

Терминал многофункциональный. Терминал предназначен для отображения техпроцессов и задания необходимых параметров сельскохозяйственных машин (зерноуборочных и кормоуборочных комплексов и комбайнов, косилок и пр.), сельскохозяйственной техники (тракторов, универсальных энергетических средств и пр.).



Рисунок 1 – Система информационная управляющая

Существуют модификации терминала для возможности использования на различных сельскохозяйственных машинах и технике. В зависимости от модификации терминала, может использоваться жидкокристаллический индикатор с разной диагональю и разрешением. Может поставляться в комплектации с блоком ввода-вывода и усилителем формирователя импульсов двухканальным.



Рисунок 2 – Терминал многофункциональный

Бортовая информационно-управляющая система. Система предназначена для контроля и управления технологическими режимами работы узлов и агрегатов зерноуборочной техники посредством протокола J1939 (CAN). Система включает в себя: блок терминальный графический, блок ввода-вывода, устройство формирования импульсов.



Рисунок 3 – Бортовая информационно-управляющая система

Система внесения консервантов. Система предназначена для контроля процесса обработки стебельчатых кормов растворами консервантов для сохранности их питательной ценности и кормов при хранении. В комплект поставки могут входить: блок управления, блок индикации, устройство гидравлики, датчик наличия массы, комплект монтажных частей, канистра в сборе.



Рисунок 4 – Система внесения консервантов

Система контроля массы компонентов смеси. Система предназначена для оптимизации процесса приготовления полноценной кормосмеси путем точного взвешивания различных его компонентов. Устанавливается на прицепных кормораздатчиках моделей нового поколения, предусматривающие возможность установки датчиков тензoeлектрических и используется при технологическом процессе приготовления кормов. Может поставляться в комплектации: блок индикации и управления, блок ввода-вывода, датчик тензoeлектрический, комплект монтажных частей.



Рисунок 5 – Система контроля массы компонентов смеси

Перспективы развития бортовых встроенных систем сельскохозяйственной техники

Современные технические решения позволяют использовать информационные и телекоммуникационные технологии в электронных системах в сельскохозяйственной технике.

Одно из таких решений – система точного земледелия [2]. Это совокупность инструментов, которая обеспечивает комплексный подход к решению задач агропромышленного комплекса. Инструменты гарантируют высокую точность работ, экономят ресурсы и позволяют максимально эффективно использовать каждый участок земли. Процессы внесения семян, внесения удобрений и обработки почвы автоматизируются за счет точного земледелия.

Кроме того, все большее применение находят навигация, компьютерное зрение, подруливание, автопилот, IoT и другие технологии и решения в агропромышленном комплексе.

Навигация используется для определения местоположения и параметров движения при автоматическом управлении сельскохозяйственной техники, при контроле движения, при контроле расхода топлива, при отслеживании перемещений техники с разными прицепными агрегатами. Одним из основных преимуществ использования навигации в работе техники является значительное уменьшение пропусков или перекрытий на полях.

Компьютерное зрение используется для анализа местности при автоматизированных работах на полях, для возможности работы техники в беспилотном режиме.

Подруливающее устройство [3] используется для поворачивания руля с помощью электромотора. Контроллер получает координаты от навигационной системы и благодаря поступающим корректировкам придерживается заданного курса

Автопилот является автоматической системой, которая встраивается в гидравлику техники и автоматизирует руление с помощью гидравлического или электропривода за счет сигналов, поступающих от навигационной системы.

Заключение

Эффективная механизация работ в сельском хозяйстве играет ключевую роль в современном агропромышленном производстве. Тщательное и качественное выполнение всех технологических операций с помощью современной техники является основой для получения высоких урожаев и повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

Список использованных источников

1. Электронные системы для машиностроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://t.ly/upYQi>. – Дата доступа: 27.10.2024.
2. Точное земледелие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://istokrtps.ru/stati/tochnoe-zemledelie>. – Дата доступа: 29.10.2024.
3. Подруливающее устройство или автопилот для сельхозтехники, что выбрать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://t.ly/Nfp0f>. – Дата доступа: 30.10.2024.

ОДНОПЛАТНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ RISC-V В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

А. А. Крощенко

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
aakroshchenko@g.bstu.by

This paper proposes the use of the Milk-V Duo series SBC for building computer vision subsystems with a comparative performance characteristic of each device to solve the problem of detecting objects in an image using the Yolo v5 neural network.

Введение

В связи с развитием области TinyML, в приложениях искусственного интеллекта особое значение приобретает использование компактных ресурсоемких компьютеров, построенный на одной плате (single-board computers – SBC). Подобные решения позволяют с одной стороны минимизировать пространство, занимаемое аппаратной частью систем, а с другой – профилировать аппаратную часть под частные задачи интеллектуальных систем. В данной работе предлагается применение SBC серии Milk-V Duo для построения подсистем компьютерного зрения со сравнительной характеристикой производительности каждого устройства для решения задачи детекции объектов на изображении с использованием нейронной сети Yolo v5.

Основная часть

Серия SBC Milk-V Duo представляет собой линейку одноплатных компьютеров, построенных на базе процессора с архитектурой RISC-V с SoC CVITEK CV1800B, SG2000 и SG2002. Линейка представлена тремя устройствами (Duo, Duo 256M и Duo S). Два последних имеют гетерогенную архитектуру с ARM-процессором Cortex-A53. Указанные устройства обладают низкой стоимостью и энергопотреблением, а также достаточно высокой производительностью в сравнении с другими SBC того же класса (например, Raspberry Pi Pico). При этом они характеризуются компактным форм-фактором, наличием основных интерфейсов и возможностью подключения камеры для осуществления анализа в режиме реального времени. Основные характеристики указанных устройств приведены на рис.1.

	Duo	Duo 256M	Duo S
SoC	CVITEK CV1800B	SG2002	SG2000
RISC-V CPU	C906@1Ghz + C906@700MHz	C906@1Ghz + C906@700MHz	C906@1Ghz + C906@700MHz
Arm CPU	N/A	1xCortex-A53 @ 1GHz	1xCortex-A53 @ 1GHz
MCU	8051@8KB SRAM	8051@6KB SRAM	8051@6KB SRAM
Memory	SIP DRAM 64MB	SIP DRAM 256MB	SIP DRAM 512MB
TPU	0.5TOPS@INT8	1TOPS@INT8	0.5TOPS@INT8
Storage	1x microSD connector or 1x SD NAND on board	1x microSD connector or 1x SD NAND on board	1x microSD connector 1x eMMC Pad on board

Рисунок 1 – Основные характеристики серии [1]

Нужно отметить, что все три устройства содержат тензорный сопроцессор (TPU – tensor process unit), позволяющий ускорить выполнение нейронных сетей на SBC.

На рис. 2 изображены все устройства линейки.

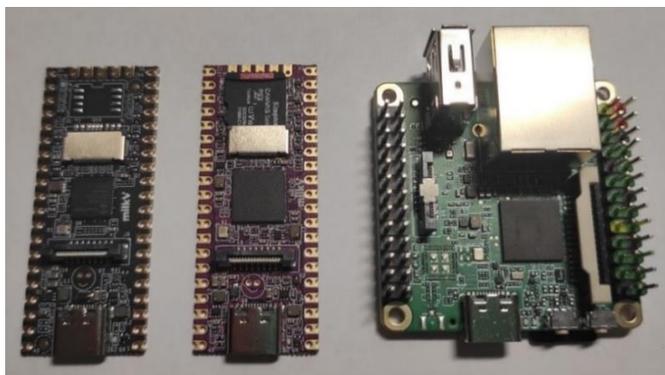


Рисунок 2 – Линейка Milk-V Duo (Duo, Duo 256M, Duo S)

Для сравнения возможностей SBC Milk-V Duo нами решалась задача обнаружения объектов на изображении с использованием нейросетевого детектора Yolov5 [2]. Эксперименты проводились с использованием однотипной MicroSD-карты Kingston Canvas Select Plus объемом 64 Гб для размещения образа Linux-подобной операционной системы.

После выполнения компиляции квантизованной версии нейросетевого детектора Yolov5 (int8 версия), были осуществлены пробные запуски для различных изображений и условий запуска (первичный запуск после загрузки системы, повторные запуски). В таблице 1 представлены временные затраты

при загрузке и запуске модели на каждом из устройств линейки. Следует особо отметить, что приведенные результаты включают загрузку модели в память устройства. В процессе реального использования этап загрузки является избыточным при обработке каждого кадра и выполняется один раз в текущей сессии запуска нейросетевого детектора. На рис. 3 изображен результат детекции.

Таблица 1 – Временные затраты для SBC серии

	Duo (s)	Duo 256M (s)	Duo S (s)
Первичный запуск	4.5	1.64	1.01
Повторный запуск	3	0.8	0.7

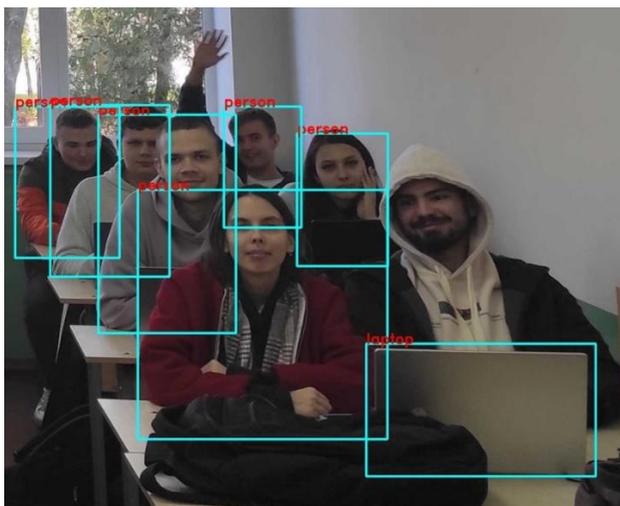


Рисунок 3 – Результат детекции

Заключение

В работе исследуются возможности применения SBC семейства Milk-V Duo для реализации подсистемы компьютерного зрения. Полученные результаты демонстрируют эффективность применения плат подобного типа для детекции объектов на изображении в том числе в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Milk-V Duo | Extremely Cost-Effective Ultra-Compact Embedded Linux Development Platforms [Electronic resource] .– Mode of access : <https://milkv.io/duo>. – Date of access : 15.10.2024.
2. Architecture Summary - Ultralytics YOLO Docs [Electronic resource] .– Mode of access : https://docs.ultralytics.com/yolov5/tutorials/architecture_description/. – Date of access : 15.10.2024.

РАЗВІЦЦЁ СРОДКАЎ КІРАВАННЯ КУРСОРАМ У РЭЧЫШЧЫ ЭВАЛЮЦЫІ ГРАФІЧНАГА ІНТЭРФЕЙСУ З КАРЫСТАЧОМ

Д. А. Касцюк, В. А. Мельнік, Д. М. Русак

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь,
dmitriykostiuk@bstu.by

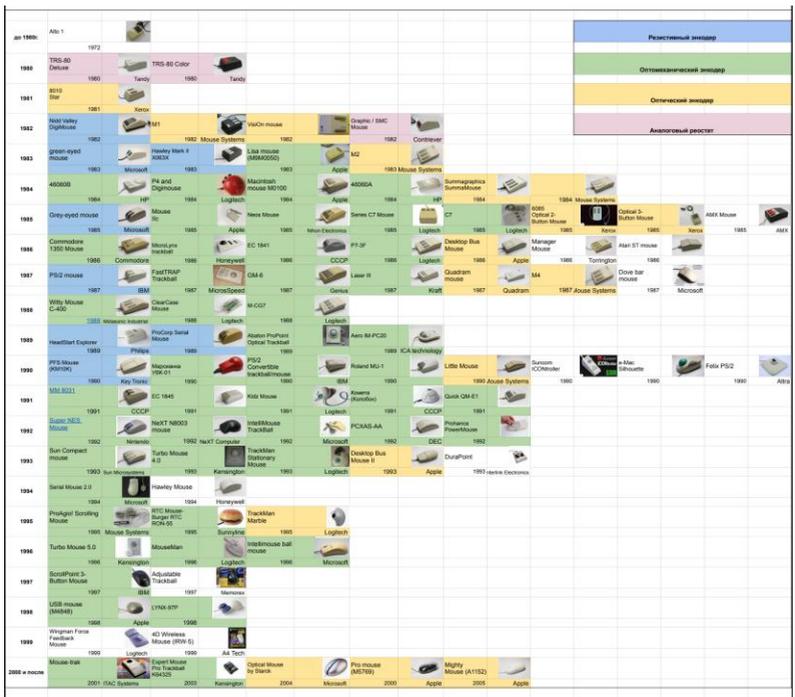
The evolution of the personal computer peripheral devices converting motion to the cursor movements (mainly mice and trackballs) is analyzed based on a number of key devices from the 1970–2000 time period. Motion detection methods, data transfer specifics and ergonomics are considered.

У канцы дваццатага – пачатку дваццаць першага стагоддзя лічбавыя тэхналогіі сталі адыгрываць усё больш важную ролю ў жыцці грамадства. Гэта быў перыяд пастаянных тэхналагічных змен у вылічальнай тэхніцы, якія прывялі да павелічэння колькасці састарэлага абсталявання. Некаторыя з гэтых аб'ектаў атрымалі вядомасць дзякуючы іх культурнай або сацыяльнай ролі і нават былі адзначаны ў кантэксце эстэтычнага значэння, шэраг іншых аказалі уплыў на развіццё тэхнікі, не набыўшы шырокай вядомасці. Разнастайнасць, якая аказалася характэрнай для масіва тэхналогій, назіраецца, у прыватнасці, у такой падкатэгорыі перыферыйнага абсталявання, як сродкі кіравання экранным курсорам (мышы і трэкболы). У канструкцыях гэтых прылад выяўляюцца значныя адрозненні, а інтэрфейсы падлучэння, канструкцыя, тэхналогія адсочвання руху і форма ўвесь час падвяргаліся перагляду [1].

Аналіз мышэй і трэкболаў за перыяд з 1970 па 2000 гады, якія на ілюстрацыі прыведзены ў выглядзе сістэматычнай табліцы (мал. 1), дазволіў зрабіць высновы аб эвалюцыі канструктыўных асаблівасцяў сродкаў кіравання курсорам, вылучыць ключавыя маніпулятары, якія адзначылі паваротныя этапы ў ходзе іх развіцця.

Гістарычна першым маніпулятарам з'яўляецца трэкбол, які быў распрацаваны ў 1952 годзе ў якасці інтэрфейсу з тактычнай сістэмай DATAR для Каралеўскага ваенна-марскога флота Канады.

Наступным этапам у развіцці маніпулятараў была першая канструкцыя кампютарнай мышы на аснове колаў, якую прапанаваў у 1963 годзе Дуглас Энгельбарг. Аўтар першага прататыпа мышы Энгельбарта, інжынер Біл Інгліш, змог прадэманстраваць дзеючую мадэль у 1966 годзе ў Даследчым цэнтры Пала-Альта кампаніі Хэгох, выкарыстаўшы ў яе канструкцыі драўляны корпус, артаганальна размешчаныя колы ў форме ўсечанага конусу і адзіную кнопку [2]. У дадзенай канструкцыі у час руху мышы ўздоўж адной з каардынатыных восяў адно з колаў круціцца, перадаючы змены каардынаты, а іншае слізгае без руху.



Малюнок 1. Систематичная таблица наследованных манипуляторов

У тым жа 1966 незалежна ад Хероха інжынеры кампаніі Telefunken рэалізавалі класічную мыш на аснове шара, якая прадстаўляе сабой «перавернуты трэ́кбол». Рух шара адсочваўся з дапамогай двух фрыкцыйных колаў, механічна злучаных з энкодэрамі.

Першая мыш у вольным продажы – гэта мыш для кампутараў Хероха Alto, выпушчаная ў 1973 пры ўдзеле інжынераў Біла Інгліша і Джэка Хоўлі. У яе канструкцыі – гладкі сталёвы шар і барабаньны механічны энкодэр. Дадзеная канструкцыя апынулася лепш папярэдніх, і Джэк Хоўлі працягваў выпускаць гэтую мыш у некалькіх мадыфікацыях незалежна ад Хероха амаль да сярэдзіны 80-х гадоў. Канструкцыя мышы на аснове механічнага энкодэра стала досыць папулярнай, аднак гарызантальны барабан быў заменены на вертыкальны дыск – для памяншэння кошту, габарытаў канструкцыі і крытычнасці да смецця, якое непазбежна трапляла ўнутр. Пры руху мышы шар паварочвае прышлісныя ролікі, размешчаныя перпендыкулярна адзін аднаму, ролікі маюцца да стрыжняў, якія злучаюцца з дыскамі энкодэраў. Калі дыск круціцца, нанесеныя на іх кантактныя пляцоўкі датычацца слізгальных кантактаў, замыкаючы і размыкаючы электрычны ланцуг, а выніковыя сігналы кампютар можа пераўтварыць у рухі курсора.

Першай аптычнай мышшу ў сучасным разуменні з’яўляецца мыш для кампутараў Хероха Star, пабудаваная на аснове матрыцы з 16 фотапрымальнікаў. Для рэгістрацыі руху патрабавалася паверхня з рэгулярнай яркаснай

неаднароднасцю, таму ў камплекце ішоў спецыяльны дыванок (у той час – папяровы) з чаргаваннем чорных і белых плям [3].

Такая канструкцыя апынулася залішне дарагой, і праз год з'яўляецца першая аптычная мыш кампаніі Mouse Systems (пазней Genius), канструкцыя якой на дзесяцігоддзе стала стандартам. У ёй для выяўлення руху выкарыстоўваецца спецыяльны дыванок, паверхня якога адлюстроўвае святло і расчэрчана лініямі сеткі. Як правіла, лініі адрозніваюцца па колеры: напрыклад, сінія, і артаганальна ім – чорныя. У ніжняй частцы мышы знаходзяцца два святлодыёда, якія выпраменьваюць святло, і фотатранзістары, якія прымаюць адлюстраванае святло. Адзін святлодыёд выпраменьвае чырвонае святло, якое паглынаюць сінія лініі; іншы выпраменьвае інфрачырвонае святло, якое паглынаюць чорныя. Кожны разрыў у светлавым сігнале ўяўляе праходжанне вызначанай адлегласці ўздоўж каардынатнай восі [4].

У 1982 швейцарская гадзіннікавая кампанія Depraz (якая пазней вылучыла вытворчасць мышэй у кампанію Logitech) прапанавала аб'яднаць перавагі аптычных і механічных мышэй за кошт оптамеханічнага энкодэра. Такая мыш каштуе танней паўнавартаснай аптычнай мышы, ёй не патрабуецца спецыяльны дыванок, а ў энкодэры няма ненадзейнага механічнага кантакту. Для оптамеханічнага энкодэра лягчэй дамагчыся больш высокай адрознівальнай здольнасці, чым для кантактнага энкодэра.

Оптамеханічная мыш выкарыстоўвае тыя ж прынцыпы, што і механічная, але па-іншаму вызначае рух дыскаў энкодэра. Дыскі маюць раўнамерна размешчаныя радыяльныя прарэзы або дзіркі. Святлодыёд, размешчаны з аднаго боку дыска, выпраменьвае святло, а фотатранзістар, размешчаны па іншым боку дыска, рэгіструе светлавы сігнал у момант праходжання прарэзу і генеруе электрычны імпульс, які кампутар пераўтварае у рух курсора.

У пераважнай большасці ранніх мышэй у кампутар перадаецца квадратурны сігнал для кожнай каардынаты (дзвума значэннямі А і В). Інтэрфейс падлучэння квадратурнай мышы да кампутара з'яўляецца паралельным: ён уключае лініі зямлі і сілкання, 4 лініі для перадачы каардынат (XA, XB, YA, YB) і па адной лініі на кожную клавішу мышы. Нягледзячы на аднатыпнасць, стандартызацыя такіх інтэрфейсаў была слабой, розныя сямействы кампутараў з убудаваным квадратурным інтэрфейсам мелі рознае размяшчэнне кантактаў, а для кампутараў без квадратурнага порта мыш даводзілася камплектаваць асобнай платай-адаптарам, які ўстаўляўся ў сістэмную шыну.

Паслядоўны інтэрфейс падлучэння мышы, у якім інфармацыя аб каардынатах і націсках клавіш кадуецца ў выглядзе паслядоўнасцяў імпульсаў па адной лініі, з'яўляецца з-за архітэктурных асаблівасцяў такіх кампутараў. У 1984 году Logitech распрацоўвае паслядоўную мыш HP 46060A для працоўных станцый Hewlett-Packard HP 9000: уся перыферыя гэтых кампутараў падлучалася ў выглядзе паслядоўнага ланцужка прылад у агульную шыну HP HIL (канцэптуальны папярэднік USB). Крыху пазней для таннейшых IBM-сумяшчальных кампутараў (таксама без квадратурнага інтэрфейсу) кампаніі Mouse Systems і Microsoft распрацоўваюць мышы з паслядоўным інтэрфейсам, якія падключаюцца ў

існуючы порт RS-232. Пры гэтым, з-за адсутнасці ў RS-232 ланцугоў электрасілвання, да з'яўлення нізкаспажывальных святлодыёдаў у 1986 годзе, паслядоўныя мышы для IBM PC маюць патрэбу ў яго дадатковай крыніцы (асобны блок сілвання для разетки 220 В ці ўрэзка ў кабель клавіатуры).

У 1985 годзе для яшчэ таннейшых хатніх кампутараў TANDY TRS-80, якія не мелі ні квадратурнага, ні паслядоўнага інтэрфейсу, але затое былі ўкамплектаваны портам аналагавага джойсціка, з'явілася мыш Color Mouse. Замест выкарыстання энкодэраў, рух шара з дапамогай зубчастай перадачы перадаецца на зменныя рэзістары, а становішча мышы адносна каардынатнай восі задаецца амплітудай аналагавага сігнала, які павінен быць аблічбаваны кампутарам для наступнага аналізу. Нягледзячы на відэачны недахоп (абмежаваны «прабег» мышы ў кожны з бакоў), такія прылады былі танней і знаходзілі ўжыванне ў простых хатніх «кампутарах для гульні».

У 1986 дзве кампаніі (Torrington і Hawley Mouse House Джэка Хоўлі) спрабуюць рэанімаваць ідэю выкарыстання колаў замест шара, каб паменшыць засмечанасць і кошт мышы. Такая мыш мала адрозніваецца ад звычайнай механічнай мышы (з механічным або оптамеханічным энкодэрам), аднак замест перадачы ролікам кручэння шара, самі восі ролікаў маюць нахіл уніз і выходзяць праз прарэзы ў дне корпуса мышы, перадаючы рух прама на энкодэр. На канцы восі роліка знаходзіцца невялікае кола ў выглядзе ўсечанага конусу, якое тычыцца працоўнай паверхні пад вуглом.

У 1987 з'яўляецца трэцяя мадэль мышы Microsoft – першы маніпулятар, вытворца якога свядома рабіў упор на эрганамічны дызайн корпуса. Прататыпам для формы гэтай мышы паслужыў шліфавальны брусок.

У канцы 80-х гадоў адбываецца таксама зварот папулярнасці да трэкболаў пры працы з персанальным кампутарам, а да гэтага трэкболы знаходзілі толькі нішавае ўжыванне ў адмысловым абсталяванні і ў кампутарных гульніх. Вяўляюцца дзве новыя вобласці, дзе трэкбол мае перавагі:

- эрганоміка (прылады для барацьбы з тунэльным сіндромам запясцяў) – піянер ужывання трэкболаў у гэтай сферы фірма ITAC Systems;
- САПР (вялікі трэкбол дазваляе дакладней пазіцыянаваць курсор і выключае рызыку неспадзявана яго ссунуць пры націску на кнопку).

У абодвух выпадках перавага аддаецца оптамеханічным прыладам вялікага памеру без эканоміі на канструктыўных элементах (характэрна выкарыстанне шарыкавых падшыпнікаў, дарагіх матэрыялаў і інш.).

У 1995 з'яўляецца першы аптычны трэкбол – мадэль Logitech Trackman. Малюнак на шары трэкбола выконвае ролю спецыяльнага дыванка, дазваляючы матрыцы аптычных сэнсараў счытваць чаргаванне светлых і цёмных плям пры кручэнні. Выкарыстанне аптычнага метаду рэгістрацыі дазваляе замяніць роlíкі кропкавымі апорамі з нізкім каэфіцыентам трэння для лягчэйшага кручэння шара. Пры гэтым выявілася, што канструкцыя аптычнага трэкбола менш адчувальная да засмечвання і радзей патрабуе чысткі.

У тым жа 1995 з'явілася мыш Mouse Systems ProAgio, вядомая таксама як Genius EasyScroll Mouse – першая мыш, у якой было кола пракруткі (хоць з-за

формы правільней было б назваць яе кола барабанам). Першапачаткова меркавалася выкарыстоўваць кола для маштабавання ў электронных табліцах, але вельмі хутка аказалася, што яно ідэальна падыходзіць для пракруткі дакументаў на экране [5]. У дадзеным маніпулятары для пракруткі ўжываўся асобны оптамеханічны энкодэр, злучаны з барабанам раменнай перадачай, таму тэхнічна адрознівальная здольнасць пракруткі была залішняй, адпавядаючы адрознівальнай здольнасці руху курсора мышы (наступныя мадэлі ўжывалі для пракруткі больш прымітыўны энкодэр). Гэтая мыш стала прычынай сур'ёзнай змены рынка маніпулятараў і зрабіла нерэлевантнымі сотні мадэляў без функцыі пракруткі.

Нарэшце, у 1999 з'явілася мыш IntelliMouse Explorer ад кампаніі Microsoft: дзякуючы яшчэ больш прасунутай тэхналогіі аптычнага адсочвання аптычных неаднароднасцяў паверхні (за кошт асаблівасцяў падсвятлення і падвышанай адрознівальнай здольнасці сканавальнай матрыцы) яна абыходзілася без адмысловага дыванка і можа лічыцца завяршальным этапам эвалюцыі аптычнага спосабу рэгістрацыі руху.

Вылучаныя этапы эвалюцыі прыведзены ў табліцах 1 і 2.

Табліца 1 – Этапы эвалюцыі маніпулятараў: дакамерцыйны этап (артэфакты)

1952	з'яўленне трэкбола
1966	колавая мыш Дугласа Энгельбарта
1966	шарыкавая мыш Rollkugel

Табліца 2 – Этапы эвалюцыі маніпулятараў: камерцыйны этап

1973	мыш Xerox Alto, пачатак выкарыстання кантактных энкодэраў
1981	мыш Xerox Star, з'яўленне канструкцыі мышы з аптычным энкодэрам на аснове сканавальнай матрыцы
1982	мыш Mouse Systems, спрошчаны аптычны энкодэр
1982	Depraz mouse, пачатак эксплуатацыі оптамеханічнага энкодэра
1984	мыш HP 46060A з паслядоўным інтэрфейсам
1985	мыш TRS-80 Color mouse, з'яўленне аналагавых мышэй
1986	мышы Manager і Hawley DEC, адраджэнне колавых мышэй
1987	Microsoft mouse v. 3, першая эрганамічная мыш
1988	Трэкбол MOUSE-TRAK, першае пазіцыянаванне трэкбола для вырашэння праблем эрганомікі і барацьбы з тунэльным сіндромам запясцяў
1995	Logitech Trackman, першы трэкбол з аптычным энкодэрам
1995	Mouse Systems scroll mouse, з'яўленне кола пракруткі
1999	мыш IntelliMouse Explorer, тэхналогія аптычнай рэгістрацыі руху па адвольнай паверхні

Список выкарыстаных крыніц

1. Beale G., Schofield J., Austin J. The archaeology of the digital periphery: computer mice and the archaeology of the early digital era // Journal of Contemporary Archaeology, 5(2), 2019. – pp. 154-173.
2. oldmouse.com. Mouse museum. – 08/10/2021. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20211008211229/https://www.oldmouse.com/>
3. Lyon R.F. The Optical Mouse: Early Biomimetic Embedded Vision / Advances in Embedded Computer Vision. – Springer, 2014. – pp. 3-22.
4. McLoughlin I. Computer Peripherals. Chapter 5. Mouse and Trackball / School of Computer Engineering. Nanyang Technological University. Singapore. – 16/10/2001. – Режим доступу: <https://www.lintech.org/comp-per/05MS.pdf>.
5. Atwood J. Meet the inventor of the mouse wheel. / CODING HORROR: programming and human factors. – 16 May 2007. – Режим доступу: <https://blog.codinghorror.com/meet-the-inventor-of-the-mouse-wheel/>

УДК 620.179.18

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

The article is devoted to the study of various methods of processing vibroacoustic signals to assess the condition of gears in multi-shaft drives. Such approaches as spectral analysis, cepstral analysis, correlation analysis, spectrum trimming, synchronous accumulation of vibroacoustic data, analysis of the envelope of the vibroacoustic signal, the method of shock pulse analysis and strobing of the vibroacoustic signal are considered. Their unique characteristics are described, as well as their advantages and disadvantages. The study also suggests some promising areas for further development of methods for vibroacoustic diagnostics of gears in multi-shaft drives.

Введение

Работа многовальных приводов и механизмов на основе зубчатых передач сопровождается разнообразным виброакустическим фоном. Корректность интерпретации полученных данных существенно зависит от выбранных методов выделения значимых частотных составляющих виброакустического сигнала. В зависимости от конструкции механизма и возможных дефектов используются различные методики [1,2]. При диагностировании зарождающегося дефекта возникают сложности, связанные с его малой энергией на фоне общих помех во время работы механизма [2]. При выборе определенного метода виброакустической диагностики необходимо учитывать постав-

ленные задачи и уметь выделять из общего сигнала информативные составляющие, которые помогут в формировании правильного диагноза состояния объекта.

Основная часть

Спектральный анализ

Методы виброакустической диагностики, особенно спектральный анализ виброакустического сигнала, получили широкое распространение благодаря накопленному опыту [2,3,4]. Этот метод активно использовался для оценки качества зубчатых колес в массовом производстве, основываясь на уровне шума и вибрации [5]. Однако его критиковали за необходимость проведения экспериментов в специализированных условиях и за то, что анализировалась только конкретная пара, что не позволяло оценить работу всего механизма.

При спектральном анализе важным является получение данных о месте и времени изменений частоты сигнала, что не всегда удается. Данный недостаток был устранен благодаря использованию преобразования Фурье, которое позволяет исследовать сигнал в заданном диапазоне времени.

Кроме того, выбор частотного диапазона для анализа имеет большое значение, т.к. на первичный преобразователь поступает общая информация как от механизма, так и от окружающих устройств. На низких частотах могут вноситься помехи от близко расположенных устройств, на средних фиксируется активность работающих узлов, а на высокие частоты быстро затухают. Это создает трудности в диагностировании начинающихся дефектов, поскольку изменения в исправных зубчатых колесах могут быть более выраженными, чем у поврежденных [2].

Несмотря на недостатки, спектральный анализ имеет свои достоинства, такие как высокая помехозащищенность и информативность, позволяющие получать данные о каждом элементе исследуемого объекта [2].

Кепстральный анализ акустических сигналов.

При оценке состояния механизмов, состоящих из множества элементов и производящих разные частоты в спектре виброакустического сигнала, возникает задача отслеживания изменений объекта в зависимости от отклонений от первоначального состояния спектра. В таких случаях целесообразно использовать кепстральный анализ, который позволяет получить более сжатую и понятную информацию [6].

Кепстр можно представить как квадрат преобразования Фурье логарифмического спектра мощности акустического сигнала [6]:

$$K(\tau) = \left\{ \int_0^{\infty} \lg |F(\omega)|^2 \cos(\omega\tau) d\omega \right\}^2$$

где $F(\omega)$ – спектр мощности сигнала;

τ – независимая переменная, которая носит название квефренси и имеет размерность времени.

Это преобразование делает кепстр, что отличает его от традиционного спектра, менее чувствительным к вариациям исследуемого сигнала. При проведении кепстрального анализа следует учитывать, как местоположение, так и амплитуду пиков на полученном кепстре. Особенно важно при диагностике механизмов с зубчатыми передачами обратить внимание на гармоники в низкочастотной области, так как они могут вызывать пики на кепстре и вводить в заблуждение в процессе постановки диагноза.

Огибающая виброакустического сигнала.

Огибающая виброакустического сигнала представляет собой важный аспект диагностики многовальных механизмов, использующих зубчатые передачи, где требуется выделить информативную составляющую из комплексного сигнала, состоящего из периодических и статических случайных факторов [3]. Процесс выявления огибающей описан в [2].

При применении этой методики возможно обнаружение как эксплуатационных, так и локальных дефектов на контактирующих поверхностях (например, зубчатые колеса, подшипники качения и скольжения). Для диагностики первых используются значения, отражающие глубину амплитудной и фазовой модуляции основных частот вынужденных колебаний, а для определения вторых – k -мерные векторы, формируемые из спектральных элементов огибающей на одной из частот, связанной с дефектом [1]. При наличии эксплуатационных дефектов (царапины, трещины и пр.), изменяющих работу механизма, наблюдается усиление модуляции виброакустических процессов как на вынужденных, так и на собственных частотах [7].

Метод огибающей отличается высокой чувствительностью к выявлению дефектов, даже на ранних стадиях, а также способен точно локализовать проблемные узлы и прогнозировать состояние объекта по единственному измеренному виброакустическому сигналу. Он широко используется в диагностике дефектов как зубчатых колес, так и подшипников качения [7].

Метод анализа ударных импульсов.

Метод анализа ударных импульсов представляет собой альтернативу методу огибающей виброакустического сигнала, преимущественно используемую для диагностики подшипников качения.

Существует две основные модификации данного метода:

1. Первая модификация базируется на анализе виброакустических эффектов, возникающих на резонансной частоте исследуемого объекта [2,7]. Метод предполагает, что последовательно возникающие удары, вызванные локальным дефектом, приводят к отклику всей системы на собственных частотах дефектного элемента, что выявляется в спектре как комбинированные гармоники. При известности собственных частот узлов и частот дефектов можно создать градиент эталонного состояния, что позволяет сравнивать результаты диагностики с известными методами. Преимущества данной модификации заключаются в высокой чувствительности к начальным дефектам и возможности их локализации.

2. Вторая модификация сосредоточена на анализе величин виброакустической активности, связанных с резонансной частотой первичного регистратора [2,7]. Этот подход, реализованный компанией SKF в 1968 году, основывается на том, что даже исправные подшипники сопутствуют микроударам, интенсивность которых возрастает с развитием дефекта [2,7].

Метод обладает рядом преимуществ, таких как отсутствие требования к периодичности импульсов, что позволяет обнаруживать разрывы масляной пленки, и высокая чувствительность к зарождающимся дефектам. Однако имеются и недостатки: метод не всегда позволяет выявить все дефекты подшипников, сложность в классификации дефектов из-за их схожести и низкая эффективность при диагностике низкооборотных подшипников [8]. Дополнительно, требуется, чтобы первичный преобразователь находился максимально близко к обойме подшипника.

Стробирование виброакустического сигнала.

Временной анализ виброакустического сигнала (стробирование) применяется для выделения интервалов, которые отражают периодичность происходящих процессов. Именно поэтому стробирование находит широкое применение в диагностике машин и механизмов, функционирующих по заданной циклической схеме. В этом контексте энергия виброакустического сигнала поглощается последовательными ударами элементов, что обусловлено кинематикой устройства [7,9].

Само же стробирование, согласно [7], может быть описано следующим образом:

$$y(t) = \sum_{k=0}^n x(t)g(t - kT - \tau) ,$$

где T – период следования выделяемых импульсов в диагностируемом узле.

$$g(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } kT + \tau < t \leq kT + \tau + t'' \\ 0, & \text{при всех других } t \end{cases}$$

где $t'' - t' = \Delta t$ – ширина импульса стробирования;

τ – время запаздывания импульса стробирования $g(t)$ относительно синхронного импульса $\xi(t)$ с датчика оборотов.

Использование метода стробирования в анализе акустического сигнала при диагностике машин и механизмов с циклическим режимом работы позволяет при высоком уровне фоновых шумов извлекать важные данные о состоянии рассматриваемого объекта, что в свою очередь способствует правильной интерпретации собранной информации.

Корреляционный анализ виброакустического сигнала.

Применение вероятностных исследовательских методов для анализа колебательных процессов, происходящих в любом механизме, возможно при условии их трактовки как случайных величин. В таких случаях изменяющиеся

статистические параметры, описывающие виброакустический сигнал, могут указывать на происходящие изменения в процессе работы устройства [2]. Оптимальные результаты при наличии линейных взаимосвязей между процессами обеспечиваются через корреляционный анализ [2]. Этот метод наиболее часто используется для оценки воздействия дефектов, возникших при производстве или сборке механизма [1,2,7]. Корреляционный анализ виброакустического сигнала предоставляет набор характеристик, необходимых для диагностики состояния объекта: такие как функция автокорреляции, функция взаимной корреляции, спектральная плотность мощности и взаимоспектральная плотность мощности. Основой этого подхода являются корреляционные преобразования, способствующие фильтрации помех, возникающих в ходе работы механизма. Это, в свою очередь, позволяет улучшить «чистоту» анализируемого сигнала и упрощает процесс диагностики.

Заключение

Анализ наиболее распространенных методов преобразования виброакустического сигнала при диагностике многовальных зубчатых приводов показывает, что эта проблема исследуется уже длительное время. При этом практически во всех известных системах и методах вибромониторинга выделяются несколько нерешенных вопросов [10]:

- возможность диагностики оборудования лишь в квазистационарных и безударных режимах;
- отсутствие алгоритмов, которые могли бы отделить информативную составляющую из анализируемого сигнала, вызванного внешними воздействиями на объект диагностики;
- низкий уровень автоматизации диагностического процесса, что требует присутствия высококвалифицированных специалистов в области виброакустической диагностики;
- наличие жестких алгоритмов, из-за которых изменение программной конфигурации вычислительных средств становится невозможным.

Таким образом, наиболее многообещающими направлениями в сфере виброакустической диагностики зубчатых передач многовальных приводов могут быть:

- усовершенствование методов нормирования виброакустической активности компонентов для кластеризации их технического состояния;
- создание общедоступных экспериментальных баз данных по виброакустическим характеристикам исследуемых зубчатых приводов для повышения достоверности диагностики;
- разработка экспертной системы, основанной на синтезе возможностей существующих методов преобразования сигнала и искусственного интеллекта;
- внедрение бортовых систем постоянного мониторинга для перехода на обслуживание зубчатых передач в зависимости от фактического состояния.

Список использованных источников

1. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф. Я. Балицкий [и др.]. – М. : Наука, 1984. – 120 с.
2. Генкин, М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А.Г. Соколова. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
3. Азовцев, Ю. А. Диагностика и прогноз технического состояния оборудования целлюлозно-бумажной промышленности в условиях рыночной экономики / Ю. А. Азовцев, Н. А. Баркова, В. А. Доронин // Целлюлоза, бумага, картон. – 1999. – № 5. – С. 102–105.
4. Антипенко, Г. Л. Влияние единичных дефектов зубьев привода на его динамическую нагруженность / Г. Л. Антипенко, М. Г. Шамбалова. – Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – № 3(24) – С. 33–38.
5. Абрамов, Ю. А. Аппаратура для обнаружения дефектов зубчатых передач по их шумам и вибрациям / Ю. А. Абрамов, А. А. Грачев, М. С. Козлов // VI Акустическая конференция: Тез. докл. – М. : Акустич. ин-т АН СССР, 1968.
6. Артоболевский, И. И. Введение в акустическую динамику машин / И. И. Артоболевский, Ю. И. Бобровницкий, М. Д. Генкин. – М. : Наука, 1979. – 296 с.
7. Современные методы и средства вибрационной диагностики машин и конструкций / Ф. Я. Балицкий [и др.]. – Научно-технический прогресс в машиностроении. – М. : Международный центр научной и технической информации, 1990. – Вып. 25. – 115 с.
8. Барков, А. В. Вибрационная диагностика машин и оборудования: учеб. пособие / А. В. Барков, Н. А. Баркова: М-во образования и науки Рос. Федерации, С.-Петер. гос. морской техн. ун-т. – СПб.: СПбГМТУ, 2002. – 152 с.
9. Вибродиагностика [Электронный ресурс] / Инженерно-технический центр «Вибродиагностика». – Северодонецк: Официальный сайт, 2016. – Режим доступа: <http://vibro.lg.ua>. – Дата доступа: 12.10.2018.
10. Ишин, Н.Н. Вибродиагностика зубчатых передач мобильных машин в эксплуатации / Н.Н. Ишин, А.М. Гоман, А.С. Скороходов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2017. – Вып. № 2. – С. 3–17.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПАЛЛЕТИЗАЦИИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В. С.Томашов

Брестский государственный технический университет, Брест,
Беларусь, e0006018@g.bstu.by

Automation is a natural process of development of social production aimed at reducing and avoiding the use of human labor.

Введение. На сегодняшний день, чтобы занять лидирующие позиции на рынке, производственным предприятиям необходимо гибко реагировать на постоянно меняющуюся ситуацию, выпускать разнообразный ассортимент продукции и, при необходимости, быстро его адаптировать под нужды клиентов, точно соблюдать сроки и объемы заказов, при этом предлагать конкурентоспособную цену и поддерживать качество на высоком уровне. Без современных средств и систем автоматизации промышленности выполнить все эти требования практически невозможно.

Паллетайзер. Автоматизация производства включает в себя использование различного оборудования с целью снижения объемов тяжелого ручного труда. Одной из сфер внедрения автоматизации на производстве является паллетизация готовой продукции. Автоматизация укладки коробок на паллеты является одной из актуальных проблем, т.к. вес продукции может быть достаточно большим для человека.

Паллетайзер – это оборудование, предназначенное для создания паллетов, причем тех, которые состоят из нескольких слоев. Продукция, которая была упакована на паллетайзере, имеет аккуратный и компактный вид, она защищена от различных внешних воздействий и готова к дальнейшей транспортировке [1]. Преимущества использования паллетайзеров:

- мгновенная переналадка при изменении формата коробов или схемы укладки;
- интуитивный интерфейс программного обеспечения;
- непрерывная, точная укладка паллет;
- экономия производственных площадок за счет малых размеров;
- обслуживание и эксплуатация не требуют
- специальных навыков;
- существуют модели роботов, которые не требуют технического обслуживания несколько лет подряд.

Типы паллетайзеров могут быть различными: от разработанных под конкретного клиента и производство до более простых стандартных конфигураций.

Паллетизация готовой продукции может осуществляться с помощью коллаборативных (рисунок 1) и промышленных роботов.



Рисунок 1 – Паллетайзер на базе коллаборативного робота

Отличие коллаборативных роботов заключается в том, что зону их работы не надо ограничивать от человека специальными барьерами. Человек может безопасно работать рядом с коллаборативным роботом без вреда для своего здоровья, так как на таких роботах установлены специальные сервоприводы, которые моментально останавливают робота при сильном ударе или столкновении с каким-либо объектом. В промышленных роботах применяются другие сервоприводы, способные работать с большими скоростями и грузами по сравнению с коллаборативными роботами. Это делает их значительно более быстрыми и эффективными, но одновременно с этим и более опасными.

Общий критерий эффективности. Для того чтобы оценить эффективность применения паллетайзера, используется специальный критерий общей эффективности оборудования. Общая эффективность оборудования (англ. Overall Equipment Effectiveness; OEE) – система анализа общей эффективности работы оборудования, предназначенная для контроля и повышения эффективности производства и основанная на измерении и обработке конкретных производственных показателей. Используется в качестве ключевых показателей эффективности (KPI), что в сочетании с технологиями бережливого производства позволяет предприятию быстрее добиться успеха [2].

Расчёт OEE производится следующим образом:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q,$$

где *A* - *Availability* – доступность – анализирует потери на остановки, включая любые внеплановые остановки;

P – *Performance* – производительность – учитывает потери в скорости, включая снижение рабочей скорости оборудования по сравнению с максимально возможной;

Q – *Quality* – качество – учитывает потери в качестве, включая производство несоответствующей стандартам продукции.

Использование данного критерия позволяет качественно оценить эффективность применения любого оборудования на производстве, что значительно помогает при автоматизации.

SCADA-системы. На большинстве предприятий, стремящихся к автоматизации производственных линий, возникает необходимость в централизованном сборе информации с установленного оборудования. Для решения этой задачи разработаны специальные SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition), которые обеспечивают эффективный мониторинг и управление процессами, нужны для организации сбора данных в реальном времени, диспетчерского контроля и автоматизации технологических процессов.

Основные функции SCADA:

- обмен данными с ПЛК или другими устройствами;
- формирование интерфейса для оператора;
- формирование сигнализаций по технологическим параметрам;
- управления сигнализациями, формирование журнала сигнализаций (технологических, системных);
- формирование журнала действий оператора;
- формирование пользовательских отчетов;
- накопление и предоставление оператору исторических данных о технологическом процессе (тренды);
- обеспечение интерфейса внешних приложений к оперативным и историческим данным.

SCADA позволяют отслеживать все установленное оборудование на одной панели оператора, что значительно упрощает отладку систем на этапе установки и поиск неисправностей в работе оборудования.

Заключение

Установка паллетайзера на базе коллаборативного робота позволяет автоматизировать процесс укладки коробок с готовой продукцией на поддоны без использования человеческого ресурса. Для таких систем применим критерий общей эффективности оборудования. Для сбора информации с большого количества установленного на производстве оборудования выгодным видится применение SCADA-системы.

Список использованных источников

1. Как устроены паллетайзеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pogruzchik-mksm.ru/stati/kak-ustroeny-palletaizery>. – Дата доступа: 29.10.2023.
2. Общая эффективность оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_эффективность_оборудования. – Дата доступа: 29.10.2023.

ІНТЭГРАЦЫЯ АЎТАМАТЫЗАВАННЫХ ТЭХНАЛОГІЙ У СЕЛЬСКОЙ ГАСПАДАРЦЫ НА ПРЫКЛАДЗЕ ЗБОЖЖАВАЙ СЕЯЛКІ

І. Б. Байдак, М. У. Нікалаюк-Рцішчава

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь, cm@bstu.by

The relevance of automation of the process of sowing grain crop seeds, its efficiency and advantages of use were studied, possible ways and difficulties of such automation were identified, and an analysis of the automation systems for sowing grain crops available on the market was conducted.

Сучасная сельская гаспадарка сутыкаецца з новымі праблемамі, якія патрабуюць інавацый для павышэння эфектыўнасці і ўстойлівасці вытворчасці. У сувязі з гэтым аўтаматызацыя тэхналогіі высева збожжавых культур становіцца важным кампанентам аграрных стратэгіі. Аўтаматызацыя дазваляе не толькі павялічыць прадукцыйнасць, але і забяспечыць больш эканамічнае выкарыстанне рэсурсаў, скарачэнне затрат і паляпшэнне якасці прадукцыі. Таму даследванні і ўкараненне сучасных тэхналогій у гэтай галіне з'яўляюцца неабходнай умовай для ўстойлівага развіцця сельскай гаспадаркі. Важным аспектам аўтаматызацыі ў сельскай гаспадарцы з'яўляецца магчымасць аптымальнага выкарыстання рэсурсаў. Сістэмы з праграмным кіраваннем дакладна дазуюць насенне і кіруюць працэсам, што зніжае перарасход матэрыялаў і павялічвае эфектыўнасць усёй вытворчасці. Гэта асабліва актуальна ва ўмовах росту коштаў на энергарэсурсы і матэрыялы. Такім чынам, удасканаленне тэхналогій высева збожжавых культур з'яўляецца істотным для сучаснай сельскай гаспадаркі, бо дае магчымасць змагацца з галоўнымі праблемамі галіны. Укараненне аўтаматызаваных сістэм з'яўляецца часткай стратэгіі развіцця, якая спрыяе стварэнню больш устойлівага і прадукцыйнага сельскагаспадарчага асяроддзя.

Аўтаматызацыя — гэта працэс укаранення тэхналогій і сістэм, якія выконваюць задачы з мінімальным удзелам чалавека. Яе галоўная мэта – павелічэнне эфектыўнасці, скарачэнне часу выканання задач, зніжэнне колькасці памылак і рост агульнай прадукцыйнасці. У сельскай гаспадарцы гэта можа ўключаць выкарыстанне праграмнага забеспячэння, датчыкаў, машын і нават штучнага інтэлекту. Сучасныя аўтаматызаваныя сістэмы дапамогуць эканомна выкарыстоўваць насенне, аператыўна фіксаваць няспраўнасці абсталявання і дакладна наладжваць працэс высева для максімальнай эфектыўнасці.

Ключавым аспектам аўтаматызацыі з'яўляецца стварэнне адзінай сістэмы маніторынгу і кіравання, якая аб'ядноўвае розныя кампаненты і спрыяе больш эфектыўнаму ўзаемадзеянню паміж этапамі высеву. Гэта дапамагае не толькі павялічыць прадукцыйнасць, але і паляпшае якасць прадукцыі, зніжае

час вытворчасці і рэсурсазатраты, а таксама паляпшае ўмовы працы. Аднак мэта аўтаматызацыі не зводзіцца толькі да павышэння эфектыўнасці і дакладнасці: яна таксама павінна павышаць надзейнасць і бяспеку, а таксама спрыяць больш хуткай адаптацыі да зменлівых умоў навакольнага асяроддзя. Аўтаматызацыя ўяўляе сабой комплекснае выкарыстанне розных тэхналогій і сістэм для аптымізацыі або замяшчэння выканання працэсаў з дапамогай аўтаматычных прылад, праграм і сэнсараў. У працэсе аўтаматызацыі высеву выкарыстоўваюцца праграмуемыя лагічныя кантролеры, сістэмы збору і апрацоўкі дадзеных, кантрольныя сістэмы і іншыя тэхналогіі. Гэта дазваляе не толькі аўтаматызаваць ручніныя і небяспечныя задачы, але і збіраць даныя для прыняцця абгрунтаваных кіраўнічых рашэнняў.

Значная частка сельскагаспадарчай тэхнікі на дадзены момант не аўтаматызаваная, і якасць працы залежыць ад аператара. Дасведчаныя аператары могуць наладзіць агрэгат і ўсталяваць норму высеву, але нават яны могуць памыляцца з-за высокага аб'ёму задач. Аператар павінен мяняць норму высеву ў залежнасці ад шчыльнасці глебы, сачыць за хуткасцю трактара, адключаць высеванне пры разваротах і кантраляваць працу агрэгата. Як паказана на малюнку 1, аператар павінен адначасова сачыць за трыма асобнымі маніторамі і кіраваць рознымі аўтаматызаванымі сістэмамі.



Малюнак 1 – Працоўнае месца аператара сеялкі

Аптымальным рашэннем было б стварэнне адзінай сістэмы, якая аб'ядноўвае функцыянальныя магчымасці трох модуляў і павышае эфектыўнасць працы. Адзіны модуль, які кантралюе і кіруе працэсам высеву, дазволіць аператару сканцэнтравана на кіраванні, а астатнія функцыі возьме на сябе сістэма. Такім чынам, стварэнне адзінай сістэмы для кіравання сеялкай, якая вырашае гэтыя задачы, з'яўляецца важнай і актуальнай задачай.

На беларускім рынку пакуль няма аналогаў сістэм кіравання высевам. Прааналізуем замежныя распрацоўкі ў гэтай галіне.

Сістэма USC Pro ад нямецкай Muller Electronics з'яўляецца адной з аўтаматызаваных сістэм кіравання высевам. Яна дазваляе аператару кіраваць працэсам высеву праз тэрмінал, пры гэтым хуткасць руху трактара не ўплывае

на дакладнасць высеву, што дапамагае эканоміць насенне. Высеў адбываецца праз крутны серварухавік, якім можна кіраваць з кабіны трактара. Схема канфігурацыі сістэмы USC Pro прадстаўлена на малюнку 2.



Малюнак 2 – Элементы сістэмы USC Pro кампаніі Muller Electronics

Сістэма USC Pro павышае прадукцыйнасць і дакладнасць, збірае і аналізуе даныя, а таксама адаптуецца да зменлівых умоў глебы. Але сярод яе недахопаў — адсутнасць маніторынгу становішча агрэгата падчас працы, а таксама высокі кошт і недаступнасць для набыцця ў Беларусі.

Яшчэ адным аналагам служыць сістэма VDrive ад расійскіх вытворцаў Agri. Функцыянал, які прадстаўляецца гэтай сістэмай, значна адрозніваецца ад вышэйапісанай, бо прызначаны для сеялак дакладнага высеву і дае магчымасць кіраваць унясеннем насення у кожную паласу, што дазваляе размеркаваць нагрузку на большую колькасць матараў, але тым самым павялічваючы яе кошт. Такі падыход прызначаны для высеву агароднінных культур і прыводзіць да зніжэння ўстойлівасці сістэмы да механічных пашкоджанняў. Пры гэтым павялічваецца верагоднасць абрыву правадоў, што можа прывесці да раптоўнага спынення працы. Гэта таксама робіць дадзены варыянт не прыдатным для высеву насення.

Сістэма кантролю высеву СКІФ ад "AMCODOR" прызначана для дакладнага высеву і можа служыць прыкладам сістэм з функцыяй маніторынгу параметраў працы сеялкі. Прыклад сістэмы можна ўбачыць на малюнку 3. Сістэма СКІФ падае дае вялікі спектр налад, але абмежавана загалі зададзенымі параметрамі. Пры гэтым яна не дазваляе карэктаваць норму высеву ў залежнасці ад хуткасці руху трактара, што значна зніжае яе эфектыўнасць для розных умоў глебы.



Малюнак 3 – Сістэма высеву СКИФ

Такім чынам, можна зрабіць выснову, што на беларускім рынку няма сістэм аўтаматызацыі высеву насення, здольных забяспечыць не толькі збор дадзеных аб працы збожжавай сеялкі – напоўненасці бункера, абаротах высейваючай шпулькі, становішчы агрэгата – і адпраўку гэтых дадзеных на тэрмінал аператара, але і якія маюць магчымасць рэгуляваць норму высеву розных культур, кіраваць працэсам занясення удабрэнняў, а таксама працай клапанаў тэхналагічнай каляіны і іншых элементаў збожжавай сеялкі. А даступныя для куплі сістэмы маюць вельмі абмежаваны функцыянал і маюць нязначныя магчымасці для наладкі.

Адсюль вынікае неабходнасць распрацоўкі комплекснай аўтаматызаванай сістэмы, якая будзе забяспечваць не толькі пастаянны маніторынг, але і поўнае кіраванне працэсам высеву насення для розных тыпаў культур, уключаючы збожжавыя і зернебабовыя, а таксама дазволіць уносіць удабрэнні. Сістэма павінна мець прасты інтэрфейс і падаваць дадзеныя ў зручнай форме для аператара.

АЎТАМАТЫЗАВАНАЯ СІСТЭМА ДЛЯ ЭФЕКТЫЎНАГА ВЫСЕВУ НАСЕННЯ: РАСПРАЦОЎКА І ЎКАРАНЕННЕ

М. А. Чыж, М. У. Нікалаюк-Рцішчава

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь, cm@bstu.by

The purpose and structure of a grain seeder are studied, the relevance of the automatic system for monitoring and controlling the operation of this unit is described, the structure of this system is proposed, its functionality and parameters necessary for monitoring and control are analyzed.

Укаранене лічбавых тэхналогій у працэсы аўтаматызацыі абсталявання дазваляе ўдасканаліць традыцыйныя метады вядзення сучаснай сельскай гаспадаркі. Лічбавыя тэхналогіі таксама спрыяюць развіццю сельскіх тэгіторый, стварэнню новых працоўных месцаў, павышэнню даходаў і дабрабыту сельскіх жыхароў. Яны дапамагаюць павысіць прадукцыйнасць, якасць, эфектыўнасць і бяспеку сельскагаспадарчай прадукцыі, а таксама знізіць экалагічную нагрузку і выдаткі.

Адным з распаўсюджаных відаў сельскагаспадарчай тэхнікі з'яўляецца сеялка – агрэгат, які далучаецца да трактара, які выкарыстоўваецца для сяўбы збожжавых культур і выконвае ролю дазіруючага адбору насення і розных удабрэнняў пры пасеве. За працэсам высеву сочыць аператар. Ён выстаўляе і кантралюе норму высеву, адсочвае ўсю інфармацыю, якая паступае з абсталявання. Усе гэтыя дзеянні забіраюць шмат часу і не даюць аператару засяродзіцца на непасрэдным кіраванні машынай. Таму ўзнікла запатрабаванне ў распрацоўцы аўтаматызаванай сістэмы высеву насення, які будзе наладжваць норму высеву, карэктаваць яе падчас руху, збіраць дадзеныя, адсочваць геаграфічнае становішча і дазволіць аператару пазбегнуць неабходнасці пастаяннай увагі да працэсу.

Сеялка складаецца з некалькіх асноўных частак: бункера для насення, высейваючых апаратаў, семяправодаў і сашнікоў. Сеялка працуе па наступным алгарытме: насенне з бункера падаецца ў высейваючыя апараты, якія роўна размяркоўваюць яго па семяпроводах. Насенне трапляе ў сашнікі, якія робяць у глебе баразэнкі патрэбнай глыбіні. У баразэнкі высейваюцца насенне, а затым зачыняюцца прыладамі для заладкі, якія забяспечваюць шчыльны кантакт насення з глебай. Гэты працэс ажыццяўляецца, дзякуючы шпулькам, якія дазваляюць разбіць рассыпаемае збожжа на порцыі, што дазваляе кіраваць нормай высеву з большай дакладнасцю. З-за адрознення ў памерах паміж збожжавымі культурамі і адрозненні ў норме высеву існуюць шпулькі з пэўнымі памерамі ячэек. Круцячыся, шпулька павінна кантраляваць колькасць рассыпаемых круп. Хуткасць руху трактара можа мяняцца падчас высеву, хуткасць кручэння павінна змяняцца прапарцыйна. Але ў цяперашніх

сеялках кручэнне шпулек прыводзіцца ў дзеянне механізмам, на дакладнасць якога моцна ўплывае трасенне агрэгата, а норма высеву ніяк не залежыць ад хуткасці руху. Такі падыход мае вялікі працэнт пагрэшнасці. А ад якасці такой працы залежыць ураджайнасць сельскагаспадарчых культур. Таму неабходным кампанентам сучаснай сеялкі з'яўляецца сістэма кантролю за працэсам, якая дазваляе сачыць за станам розных элементаў сеялкі ў момант яе працы. Увесь працэс высеву павінен адлюстроўваецца на тэрміналах кіроўцы, што дае магчымасць кантраляваць з'яўленне памылак і своєчасова прадпрымаць неабходныя дзеянні па іх ухіленні. Напрыклад, у працэсе высеву неабходна ведаць узровень збожжа ў бункеры, ці працае ў дадзены момант вентылятэр, у складзеным або ў раскладзеным стане знаходзіцца сеялка. Такі падрабязны маніторынг абумоўлены верагоднасцю халастой працы сеялкі.

Такім чынам, аўтаматызаваная сістэма высеву насення, якая выконвае функцыі не толькі кіравання, але і маніторынгу працы збожжавай сеялкі, павінна забяспечваць пастаянны і бесперабойны збор даных аб напоўненасці бункера, абаротах высейваючай шпулькі, становішчы агрэгата, і адпраўку іх на тэрмінал, у якасці якога выступае планшэт, а таксама і ўстаноўку адпаведных пачатковых параметраў.

Для выканання функцый кіравання працэсам высеву насення павінен быць рэалізаваны наступны функцыянал:

- Захаванне нормы высеву розных збожжавых, зернебабовых культур, траў, дробнанасенных культур у залежнасці ад хуткасці руху сеялкі, кантролю працоўных параметраў тэхналагічнага працэсу сеялкі.

- Упраўленне адкрыццём і закрыццём клапанаў тэхналагічнай каляіны ў адпаведнасці з зададзеным тактам.

- Кіраванне занясеннем угнаенняў з захаваннем неабходнай дазіроўкі і падтрыманне нормы ў залежнасці ад хуткасці руху сеялкі.

- Рэалізацыя модуля каліброўкі сістэмы дазавання збожжа. Каліброўка павінна праводзіцца перад пачаткам высеву для праверкі захавання нормы.

- Счытванне паказанняў сістэмы для выкарыстання ў алгарытмах працы сеялкі і для адпраўкі гэтых паказчыкаў на тэрмінал кіравання.

Для выканання функцый маніторынгу працэса высеву насення павінен быць рэалізаваны наступны функцыянал:

- Выбар тыпу машыны і агрэгата. У пачатку працы аператар павінен абраць тып машыны і агрэгата. Машына ўяўляе сабой трактар рознай мадыфікацыі, якая адрозніваецца па такіх параметрах, як вышыня антэны, адлегласць ад задняй восі (цэнтра) да антэны, зрушэнне антэны налева / направа, ад задняй восі (цэнтра) да счэпнай прылады і колавая база. Агрэгат уяўляе сабой збожжавую сеялку з такімі параметрамі, як шырыня агрэгата, шырыня занясення, колькасць матораў, бункераў, наяўнасць датчыкаў. Ад выбару машыны і агрэгата залежыць пачатковая канфігурацыя праграмы.

- Норма высеву. Перад пачаткам працы аператару трэба занесці норму высеву на гектар, тып культуры, тып шпулькі, каб модуль пры высеве, асноўваючыся ад хуткасці руху машыны, самастойна наладжаў норму высеву

на дадзеным участку поля. Перад наладай высеву аператар павінен выбраць тып шпулькі і паставіць іх на штатнае месца.

– Каліброўка. Каліброўка праводзіцца пасля налады нормы высеву. Аператар будзе наладжваць хуткасць серварухавікоў, норму высеву і масу насення. Далей пасродкам кнопкі аператар будзе праводзіць высеў на працягу 10 секунд, узважваць прасеяннае насенне і ўносіць масу ў модуль. Модуль павінен будзе разлічыць адхіленне атрыманых вынікаў. Калі адхіленне складае не больш за 1%, будзе лічыцца, што модуль працуе карэктна. Каліброўка будзе праводзіцца на кожны серварухавік асобна. Колькасць серварухавікоў залежыць ад выбару агрэгата.

– Настройка тэхналагічнай каляіны. Неабходны рытм стварэння тэхналагічнай каляіны атрымліваецца з адлегласці паміж каляінамі і шырыні захвата сеялкі.

– Маніторынг даных. Аператар павінен у рэальным часе адсочваць такія дадзеныя, як запоўненасць бункера, норма высеву, хуткасць трактара, становішча агрэгата, тэхналагічная каляіна.

Аўтаматызаваная сістэма, якая выконвае вышэйапісаныя функцыі маніторынга і кіравання працэсу высева насення, ўяўляе сабой праграмна-апаратны комплекс. Структура апаратнай часткі сістэмы можа быць апісана схемай, прадстаўленай на малюнку 1.



Малюнак 1 – Структура апаратнай часткі аўтаматызаванай сістэмы высеву насення

Задача праграмнай часткі комплексу з'яўляецца палічыць, расшыфраваць і адлюстраваць інфармацыю ў выглядзе зручным для ўспрымання аператарам сеялкі (графічна, тэкстам). Праграмнае забеспячэнне будзе распрацоўваецца для планшэта з аперачыйнай сістэмай Android версіі 10, так як на гэтай версіі Android прысутнічае набор інструментаў, які дазваляе атрымліваць і адпраўляць дадзеныя з CAN-шыны. А планшэты ў сельскай гаспадарцы

даволі часта выкарыстоўваюцца як частка лічбавых тэхналогій для кіравання і кантролю агра-тэхнічных працэсаў. Так, усе адсочваемыя параметры працы сеялкі перадаюцца на блок адлюстравання, які і ўяўляе сабой адзін планшэт, які ўсталёўваецца ў кабiне аператара сеялкі, з дапамогай якога ён зможа ажыццяўляць кіраванне агрэгатам. На дысплэі адлюстроўваецца розная інфармацыя, збіраемая блокам кантролю. Да яе адносяцца колькасць разлічаных тактаў тэхналагічнай каляіны (інфармацыя аб кроках руху сеялкі, якая дапамагае аптымізаваць працэс высеву), хуткасць кручэння высейваючых шпулек (параметр паказвае, з якой хуткасцю круцяцца шпулькі, якія размяркоўваюць насенне), апавяшчэнне пра памылкі, якія ўзнікаюць падчас высеву (любыя праблемы або няспраўнасці, якія ўзнікаюць пры працы сеялкі, для аператывунага рэагавання кіроўцам).

Структурная схема праграмнай часткі аўтаматызаванай сістэмы высеву насення прадстаўлена на малюнку 2.



Малюнак 2 – Структура праграмнай часткі аўтаматызаванай сістэмы высеву насення

Такім чынам, аўтаматызаваная сістэма высеву насення, якая выконвае функцыі маніторынгу і кіравання працы збожжавай сеялкі, дазволіць павялічыць прадукцыйнасць, палепшыць дакладнасць і якасць пасава, а таксама спрасціць кіраванне сеялкай. Гэта дапаможа сельскагаспадарчым прадпрыемствам аптымізаваць выкарыстанне рэсурсаў і дасягнуць лепшых вынікаў у сельскай гаспадарцы.

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бавбель Е.И.¹, Алексеев В.Ф.²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, egorigorevichw9@gmail.com

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, alexvikt.minsk@gmail.com

The article is dedicated to exploring the possibilities of using computer vision in unmanned aerial vehicle (UAV) systems. It describes the fundamental concepts associated with computer vision and its significance in modern technologies. The application of UAVs in agriculture, construction, environmental monitoring, and search-and-rescue operations is examined. Key technological aspects are analyzed, such as sensors, data processing algorithms, and computational resources necessary for the effective implementation of computer vision systems. The main problems and challenges faced by developers are discussed, including technical limitations, operating conditions, and legal aspects. The potential for further development of technologies that integrate computer vision and UAVs is emphasized, opening new horizons for the automation and optimization of various processes across different industries.

Введение

В последние годы интеграция технологий компьютерного зрения с беспилотными летательными аппаратами, обычно называемыми дронами, произвела революцию во многих отраслях. Дроны, оснащенные передовыми датчиками изображений и интеллектуальными алгоритмами, могут анализировать и интерпретировать визуальные данные в режиме реального времени, предоставляя возможности, которые когда-то были предметом научной фантастики. Такое сближение технологий не только повышает эффективность работы, но и открывает новые возможности для исследований, мониторинга и автоматизации в таких секторах, как сельское хозяйство, строительство, охрана окружающей среды и реагирование на чрезвычайные ситуации. В статье рассматриваются принципы компьютерного зрения применительно к БПЛА и обсуждаются их технологические основы реализации.

Основы компьютерного зрения

Компьютерное зрение – это область искусственного интеллекта, которая включает обучение машин интерпретировать и понимать визуальную информацию из окружающего мира. Обработывая изображения, полученные с помощью камер, системы, использующие компьютерное зрение, могут выполнять различные задачи, которые ранее зависели от зрительного восприятия человека. Основные цели компьютерного зрения включают обнаружение и

распознавание объектов, сегментацию изображений, отслеживание движения и трехмерную реконструкцию [1–3].

Компьютерное зрение представляет собой область компьютерной науки, которая нацелена на создание алгоритмов и систем, позволяющих компьютерам «видеть» и интерпретировать визуальную информацию из окружающего мира [4]. Основные задачи компьютерного зрения включают: обнаружение объектов; распознавание лиц; сегментация изображений; определение движения; 3D-реконструкция.

Для реализации этих возможностей алгоритмы компьютерного зрения опираются на машинное обучение, в частности, на модели глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (*CNN*). Эти сети можно обучать на огромных наборах данных для распознавания шаблонов, классификации изображений и составления прогнозов относительно визуального контента. Достижения в области аппаратных технологий и доступность больших маркированных наборов данных значительно улучшили производительность и применимость этих алгоритмов.

Применение компьютерного зрения в БПЛА

Эффективность компьютерного зрения в приложениях БПЛА зависит от нескольких критических компонентов. Набор датчиков обычно включает в себя камеры высокого разрешения, многоспектральные датчики, тепловизионные камеры и иногда системы *LiDAR*. Эти датчики собирают множество данных, которые могут обрабатываться на борту БПЛА в режиме реального времени или передаваться на наземные системы для дальнейшего анализа [1–9].

Встроенная вычислительная мощность различается в зависимости от дронов, некоторые из них оснащены мощными графическими процессорами, способными быстро обрабатывать сложные вычислительные задачи. Такая обработка в реальном времени необходима для приложений, требующих немедленного принятия решений, таких как предотвращение столкновений или автономная навигация в динамических средах. Помимо оборудования для обработки, архитектура программного обеспечения должна быть надежной, включающей библиотеки и фреймворки компьютерного зрения, которые поддерживают выполнение алгоритмов.

Системы связи играют решающую роль в обеспечении передачи данных. БПЛА часто используют радиочастоты или сотовые сети для отправки изображений и аналитических результатов операторам. Такая связь позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени и дистанционное управление, повышая полезность дронов в различных приложениях.

Различные автономные навигационные фреймворки на основе компьютерного зрения (*CV*) все чаще исследуются и пересматриваются в последние несколько лет.

В целом, навигационные модели *CV* обучаются с использованием подхода трансферного обучения, когда обучение проводится в виртуальной 3D-среде, которая имитирует условия эксплуатации БПЛА, а затем полученные знания

переносятся на физическую машину. Кроме того, БПЛА имеют ограниченные ресурсы на борту, чтобы оставаться в воздухе, поэтому они не могут выдерживать длительное надежное обучение и тестирование.

В подходе навигации на основе зрения информация, предоставленная камерами, используется в качестве входных данных и обрабатывается через обученный конвейер CV. Наконец, конвейер CV выводит действие, которое определяет направление движения БПЛА, тягу движителя и т.д. для выполнения задачи. Пример реализации приложения CV в БПЛА организованы в четыре категории, как показано на рисунке 1 [5].

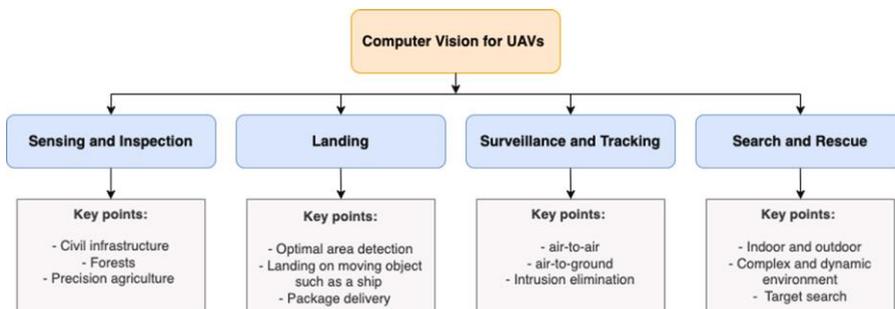


Рисунок 1 – Компьютерного зрения для систем БПЛА

Применение компьютерного зрения в БПЛА

Универсальность БПЛА, оснащенных технологиями компьютерного зрения, привела к их внедрению во многих областях. В сельском хозяйстве мониторинг с помощью дронов позволяет проводить точную оценку здоровья сельскохозяйственных культур, используя многоспектральные изображения для выявления таких проблем, как дефицит питательных веществ, заражение вредителями и вспышки заболеваний. Предоставляя фермерам подробную информацию, эти дроны облегчают своевременное вмешательство, оптимизирующее урожайность и использование ресурсов [3].

В строительной отрасли БПЛА все чаще используются для мониторинга проектов. Компьютерное зрение позволяет проводить автоматизированный осмотр строительных площадок, обнаруживая аномалии и обеспечивая соблюдение стандартов безопасности. Данные в реальном времени, полученные с помощью аэрофотосъемки, помогают отслеживать ход выполнения работ и могут служить источником информации для принятия решений, сокращая задержки и повышая общую эффективность проекта [7].

Усилия по охране окружающей среды также выиграли от внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов. Компьютерное зрение помогает в картографировании среды обитания, мониторинге дикой природы и даже выявлении незаконной деятельности, такой как браконьерство. Предоставляя исследователям и защитникам природы аэроснимки,

беспилотники помогают отслеживать изменения в экосистемах и оценивать влияние экологической политики.

В сценариях реагирования на чрезвычайные ситуации, таких как поисково-спасательные операции, возможности беспилотных летательных аппаратов в сочетании с компьютерным зрением могут спасти жизни. Беспилотники, оснащенные тепловыми датчиками, могут быстро сканировать большие площади на предмет тепловых сигнатур, идентифицировать людей, терпящих бедствие, или находить пропавших без вести. Возможность быстрого охвата обширных территорий в сочетании с обработкой данных в реальном времени значительно повышает ситуационную осведомленность для спасателей.

Проблемы и будущие направления

Несмотря на многообещающий потенциал компьютерного зрения в приложениях БПЛА, необходимо решить несколько проблем. Одним из существенных препятствий являются технические ограничения, накладываемые возможностями датчиков. Факторы окружающей среды, такие как условия освещения, погода и препятствия, могут влиять на качество полученных изображений, влияя на точность алгоритмов компьютерного зрения. Исследователи постоянно изучают способы повышения надежности и устойчивости с помощью инновационных сенсорных технологий и алгоритмических усовершенствований.

Другая проблема вытекает из правовых и этических соображений, связанных с конфиденциальностью и безопасностью данных. Использование беспилотников для мониторинга может вызвать опасения по поводу несанкционированного наблюдения и сбора данных. Установление баланса между технологическим прогрессом и защитой конфиденциальности остается важнейшей областью обсуждения среди политиков, регулирующих органов и лидеров отрасли [8].

Кроме того, качество обучающих данных существенно влияет на производительность систем компьютерного зрения. Высококачественные, маркированные наборы данных необходимы для эффективного обучения моделей, однако сбор таких данных может быть трудоемким и дорогостоящим. По мере расширения использования дронов возникает острая необходимость в комплексных наборах данных, представляющих разнообразные среды, условия и сценарии, для улучшения обобщения алгоритмов.

Можно утверждать, что интеграция искусственного интеллекта с компьютерным зрением в БПЛА продолжит развиваться. Сотрудничество между академическими кругами, промышленностью и правительственными организациями будет стимулировать инновации, что приведет к более сложным приложениям. Ожидается, что появление периферийных вычислений расширит возможности дронов, позволяя выполнять обработку в реальном времени непосредственно на устройстве, одновременно сокращая задержку и зависимость от постоянного подключения.

Заключение

Компьютерное зрение при интеграции с беспилотными летательными аппаратами расширяет возможности, которые ранее считались недостижимыми. Несмотря на существующие проблемы, достижения в области сенсорных технологий, разработки алгоритмов и нормативно-правовой базы продолжают работы по более эффективному и ответственному использованию БПЛА. По мере развития исследований будущее таит в себе огромный потенциал для дальнейших инноваций в этой динамичной области, обещая изменить ландшафт воздушных операций и автоматизированного анализа. Благодаря сотрудничеству и ответственному управлению синергия между компьютерным зрением и БПЛА, несомненно, продолжит развиваться, открывая новые возможности для эффективности, безопасности и понимания во множестве секторов [1–10].

Список использованных источников

1. Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.
2. Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.
3. Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.
4. Karn, A. Artificial intelligence in computer vision. Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol. 2021,6, 249–254.
5. Aditya Vardhan Reddy Katkuri, Hakka Madan, Narendra Khatri, Antar Shaddad Hamed Abdul-Qawy, K. Sridhar Patnaik, Autonomous UAV navigation using deep learning-based computer vision frameworks: A systematic literature review, Array, Volume 23, 2024, 100361, ISSN 2590-0056.

6. Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier, Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 198, 2022, 107017, ISSN 0168-1699.

7. Suman Paneru, Idris Jeelani, Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges, Automation in Construction, Volume 132, 2021, 103940, ISSN 0926-5805.

8. Sindiramutty, Siva Raja & Tan, Chong & Goh, Wei Wei. (2024). Eyes in the Sky: Privacy and Ethical Considerations in Drone Cybersecurity. 10.4018/979-8-3693-0774-8.ch017.

9. Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of unmanned aerial vehicles in ensuring road safety / Бавбель Е. И. // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.

10. Анискевич, А. С. Проблемы проведения аэрофотосъемки с применением БПЛА = Problems of conducting aerial photography using UAV / А. С. Анискевич, Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 664–666.

УДК 004.383::616-079

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ НЕИНВАЗИВНОЙ ГЛЮКОМЕТРИИ

А. И. Дыдик

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

The existing devices of non-invasive glucometers are considered. The variant of realization of optical glucometer based on sensors BIR-BM1331 and BL-L3522PD with the possibility of saving measurement data on a cloud server is proposed. Thanks to this, the attending physician has the possibility of remote control over the patient's condition and compliance with the recommendations on self-control. Further improvement should be directed towards ergonomics of the device.

Введение. Самоконтроль гликемии занимает важнейшее место в лечении сахарного диабета. Недостаточная частота или нерегулярность измерений уровня глюкозы, погрешности измерений, ошибки при ведении дневника влияют на успешность профилактики осложнений сахарного диабета.

Традиционные системы инвазивной глюкометрии доставляют пациенту дискомфорт и, как следствие, могут снизить частоту проведения измерений. Все больше возрастает интерес к неинвазивным методам, основанным на вычислении гликемии по косвенным физиологическим признакам.

Реализация неинвазивного оптического глюкометра. С целью упрощения процедуры регулярного самоконтроля уровня гликемии был разработан неинвазивный оптический глюкометр и мобильное приложение для него. Оптический глюкометр использует принцип ближней инфракрасной спектроскопии и реализован на базе датчиков BIR-BM1331 и BL-L3522PD.

Проведенные серии натуральных экспериментов показали линейный характер зависимости результатов, полученных классическим инвазивным способом (тест-полоски) и методом ближней инфракрасной спектроскопии [1]. Изучено влияние на регистрируемый параметр различных физических и физиологических факторов, таких как неподвижность руки в процессе измерения, уровень ее расположения, а также телосложение испытуемого, цвет кожи и её толщина, температура кожных покровов в момент измерения. Для каждого нового пользователя необходимо выполнять индивидуальную калибровку устройства с использованием результатов, полученных классическим способом, например, инвазивным домашним глюкометром Bionime GM100.

Разработанный оптический глюкометр отслеживает отклонение получаемых значений и, если отклонение выходит за рамки допустимого, на дисплее устройства выводится сообщение об этом. Для хранения и визуализации результатов проведенных измерений разработано мобильное приложение с возможностью подключения к удаленной базе данных [2]. Программное обеспечение глюкометра отправляет в мобильное приложение JSON-объекты с результатом измерения и временем проведения измерения. Для передачи данных используется либо домашняя Wi-Fi-сеть, либо созданная устройством локальная сеть. Применение удаленной базы данных позволит лечащему врачу дистанционно просматривать электронные дневники самоконтроля пациентов и при необходимости вносить коррективы в их лечение.

Обзор существующих решений. Для выбора направления дальнейшего совершенствования разработанного устройства рассмотрим варианты реализации подобных устройств, представленные на зарубежном рынке (рисунок 1).

Неинвазивный монитор уровня сахара в крови GlucoBeam производства RSP Systems (Дания) использует для измерений технологию рамановской спектроскопии (Critical Depth Raman Spectroscopy). Это устройство на базе лазерного луча определенной длины волны позволяет через кожу проводить измерения концентрации веществ в межклеточной жидкости [3].



GlucoBeam



GlucoTrack



Омелон В-2



EDVAIS (Brainbeat)

Рисунок 1 – Варианты реализации неинвазивных глюкометров

Израильская фирма Integrity Applications создала GlucoTrack – устройство, несколько напоминающее своим датчиком пульсоксиметр, который закрепляется на мочке уха. Чтобы измерить уровень сахара в крови, проходящей через мочку уха, глюкометр GlucoTrack использует сразу три различных технологии – ультразвуковое и электромагнитное излучение, а также данные контроля температуры. Вся информация отправляется в похожий на смартфон прибор, который позволяет просмотреть текущий результат, а также оценить тенденции путем просмотра измерений за определенный период. Все результаты могут также быть загружены во внешнее устройство с помощью стандартного кабеля USB [4].

Ученые из Техасского университета в Далласе (США) разработали наручный сенсор в виде браслета, который способен в непрерывном режиме точно отслеживать уровень сахара, кортизола и интерлейкина-6, анализируя пот пациента. Устройство способно работать в таком режиме в течение недели, а для измерений сенсору достаточно лишь минимального количества пота, который образуется на теле человека без дополнительной стимуляции. Сенсор, встроенный в носимое на руке устройство, использует в своей работе специальный гель, который помогает сохранить образование пота для обеспечения более стабильных измерений.

Голландская компания NovioSense разработала оригинальный монитор для контроля уровня сахара на основе анализа слезной жидкости. Он представляет собой миниатюрный гибкий сенсор, похожий на пружинку, который помещается в нижнее веко и передает все измеряемые данные в соответствующее приложение на смартфоне. Он имеет 2 см в длину, 1,5 мм в диаметре и покрыт мягким слоем гидрогеля. Гибкий форм-фактор сенсора позволяет ему

точно прилегать к поверхности нижнего века, что позволяет не беспокоить пациента. Для своей работы устройство использует высокочувствительную и малопотребляющую технологию, которая позволяет измерять минутные изменения уровня сахара в слезной жидкости, точно отображающие количество сахара в крови пациента. Для коммуникаций со смартфоном сенсор использует NFC-технологию [5].

Слезную жидкость для контроля уровня сахара в крови решили использовать и ученые из Хьюстонского университета (США) и Корейского института науки и технологии. Они разрабатывают контактные линзы, которые будут работать в качестве сенсоров. Для измерения концентрации сахара используется спектроскопия комбинационного рассеяния, для чего на линзы наносится специальная наноструктура. Эта наноструктура состоит из напечатанных поверх золотой пленки золотых нанопроводников, которые интегрированы в гибкий материал контактных линз. Пока ученые разработали только концептуальную модель.

В Российской Федерации запатентованы изобретения: «Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови» [6] и «Устройство для неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови» [7]. Работа прибора Омелон В-2 основана на анализе параметров пульсовой волны при автоматическом измерении АД с помощью компрессионной манжеты. Соотношения значений САД и ДАД являются исходными данными для вычисления концентрации глюкозы в соответствии с прикладной программой прибора, использующей математические зависимости. Погрешность измерения концентрации глюкозы в сравнении с биохимическим анализом – от 15 до 20%.

Ещё один неинвазивный глюкометр – от российского производителя Brainbeat. Уникальность проекта заключается в измерении излучения в оптической области спектра поглощения глюкозы на трёх диапазонах [8] и в соответствующих специально разработанных алгоритмах, учитывающих широкий спектр возможных погрешностей измерения (обусловленных, в первую очередь, присутствием других компонент на значимых частотах). Таким образом, устройство не нужно постоянно калибровать с помощью инвазивного глюкометра, результаты измерений не зависят от потоотделения и типа кожи (различные расы и т.п.). Погрешность измерения – до 15%.

Как видно из обзора, существующие на рынке устройства неинвазивной глюкометрии имеют немалую погрешность измерений, большинство из них также требуют постоянной калибровки. Разработанное нами устройство имеет выгодное преимущество – возможность сохранения данных измерений на облачном сервере. Благодаря этому лечащий врач, которому предоставлен доступ к базе, имеет возможность дистанционного контроля за состоянием пациента и соблюдением рекомендаций по самоконтролю, что позволит ему выполнить коррекцию лечения своевременно. В то же время нерешенным является вопрос разработки конструкции устройства, поэтому дальнейшее совершенствование следует направить в направлении эргономики и дизайна корпуса устройства.

Список использованных источников

1. Дыдик А.И. Оптический метод неинвазивной глюкометрии / А. И. Дыдик // Новые горизонты – 2023, Минск, 9–10 ноября 2023 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям, Белорусский национальный технический университет, Институт по науке и технике БНТУ - Минск: БНТУ, 2023 - Т.1 - С. 154-156
2. Дыдик, А.И. Мобильное приложение для оптического глюкометра // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. Ч.1 / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н.Н. Шалобыта [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2024. – С. 73 – 76.
3. Evercare.ru [Электронный ресурс] / Информационный портал в области телемедицины и цифрового здравоохранения – Режим доступа: evercare.ru/GlucoBeam – Дата доступа: 20.04.2023
4. GlucoTrack [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании GlucoTrack –Режим доступа: glucotrack.com/ – Дата доступа: 20.04.2023
5. Noviosense [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Noviosense – Режим доступа: <https://www.noviosense.com/> – Дата доступа: 17.05.2023.
6. Патент RU 2368303. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / А. Д. Эльбаев, Х. А. Курданов, А. Д. Эльбаева – 27.09.2009. – Бюл. № 27
7. Патент RU 2317008. Устройство для неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / А. Д. Эльбаев, Р. И. Эльбаева, Х. А. Курданов, Р. А. Перковский – 20.02.2008. – Бюл. № 5
8. Брейн Бит [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Brainbeat – Режим доступа: <https://brainbeat.ru/o-proekte> – Дата доступа: 21.05.2023.

УДК 004.031.6

ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК

П. В Жоглов, С. В. Чугунов

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
zhoglovpavel21@gmail.com

Flight controller - an electronic device that controls the flight of an aircraft. The term is applied to unmanned aerial vehicles, including aircraft models. The term autopilot is usually used for manned aircraft. The goal of our work is to develop and create a flight controller model using printed circuit board development technologies and Atmega328P microcontrollers.

Введение

Занимаясь изучением вопроса любительского ракетостроения, было замечено, что в большом количестве разработанных ракетных установок либо отсутствует бортовой компьютер, либо его действия описываются ещё на этапе программирования микроконтроллера и сборки [1]. В нашей работе мы хотели уделить особое внимание работе пусковых установок ракеты, а именно создать устройство, которое даст возможность не только контролировать, но и управлять полетом ракеты – полетный контроллер.

Моделирование полётного контроллера

Целью нашей работы является разработка и создание модели полетного контроллера с использованием технологий разработки печатных плат и микроконтроллеров Atmega328P.

Мы поставили перед собой следующие задачи:

1. Изучить основы проектирования печатных плат для минимизирования габаритов будущих устройств.
2. Создать код с рациональным использованием типов переменных и низкоуровневых функций для стабильности системы.
3. Изучить основы работы с основными интерфейсами: I2C, UART, SPI.
4. Изучить основы работы с ISP-программатором, а также интегрировать работу с ним в схему устройств.

Полётный контроллер – электронное устройство, управляющее полётом летательного аппарата. Термин применяется к беспилотным летательным аппаратам, в том числе и авиамоделям. Применительно к пилотируемым летательным аппаратам обычно употребляется термин автопилот.

К функциям полётного контроллера относятся:

- стабилизация аппарата в воздухе;
- удержание высоты при помощи барометрического высотомера или иных датчиков и позиции при помощи GPS/GLONASS;
- автоматический полёт по заданным заранее точкам (опционально);
- передача на землю текущих параметров полёта с помощью модема или Bluetooth (опционально);
- обеспечение безопасности полёта (возврат в точку взлета при потере сигнала, автопосадка);
- остановка перед препятствием (для мультикоптеров) или облет препятствий (для самолетов) при наличии датчиков;
- подключение дополнительной периферии: OSD, светодиодной индикации и т.д.

Полётный контроллер представляет собой типичное микропроцессорное управляющее устройство [1]. При этом алгоритмы управления реализуются программно.

Поскольку для подобной техники требуется компактность, то при проектировании платы необходимо учитывать много факторов. Одним из них станет то, что на готовой плате Arduino уже стоит кварцевый источник

тактирования на 16 МГц для работы микроконтроллеров Atmega (в данном случае, Atmega328p). При монтаже компонентов на макетной плате, как показано на рисунке 1, удобен формат DIP, поскольку к ней подключаются компактные порты самого микроконтроллера.

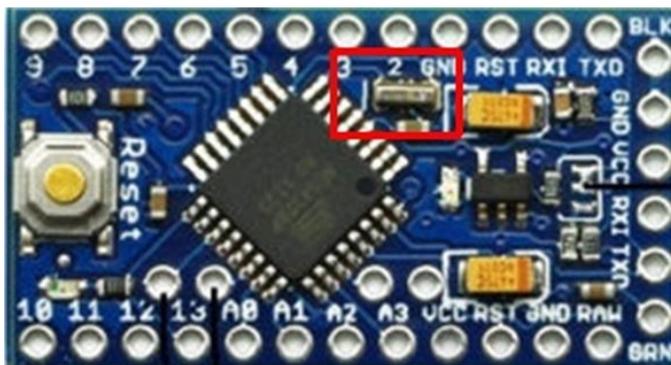


Рисунок 1 – Пример макетной платы

При моделировании возникает ряд проблем с энергопотреблением и габаритами будущего устройства. Проблема с энергопотреблением может быть решена различными способами, один из которых – замена внешнего кварца на внутренний. Это делается в строго определенном порядке с учетом множества факторов.

На рисунке 2 изображен на графике зависимости частоты, при которой контроллер будет работать стабильно, от напряжения на входе.

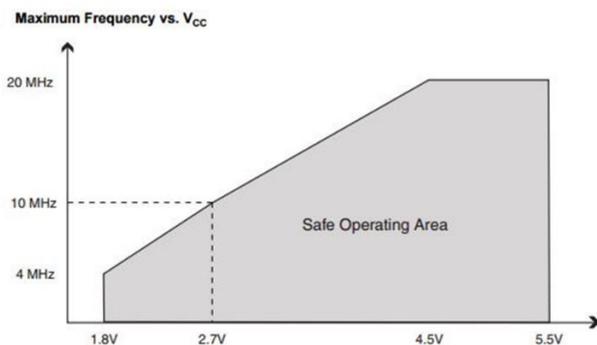


Рисунок 2 – Зависимость допустимых частот контроллера от напряжения

Наглядно показано, что на частоте 10 МГц устройство сможет работать при минимальном напряжении 2.7 В, а для стабильной работы достаточно 8 МГц, что будет важно в будущем. Для уменьшения размеров будем использоваться Li-Po аккумулятор на 3.7 В. Осталось сконфигурировать работу

микроконтроллера на работу с этой частотой, поскольку если просто выпаять микроконтроллер и переставить в схему без кварца, то прошивка будет невозможной. Более того, конфигурацией таких низкоуровневых настроек невозможно базовыми методами прошивки, поэтому на помощь приходит USB-ISP программатор, который работает по SPI и может редактировать фьюзы микроконтроллера в программе AVRDUDE_PROG [2].

Fuse-биты являются инструкциями для настройки определенных параметров микроконтроллера в конце бинарного кода прошивки [3]. Могут отвечать за следующее:

- частота тактирования;
- запрет на чтение прошивки микроконтроллера;
- включение или выключение аппаратных таймеров;
- деление частоты кварцевого генератора;
- защита энергонезависимой памяти от стирания.

Также Fuse-биты делятся на подтипы:

– Лок-биты для защиты от копирования и перепрошивки.

– Fuse-биты высокого уровня. Основные это EESAVE и RSTDISBL. Первый не стирает память EEPROM при прошивке, а второй позволяет использовать пин RST на микроконтроллер как стандартный цифровой пин, что лишает возможности перепрошивки по SPI, т.к. RST - один из логических пинов этого интерфейса (SCK, MOSI, MISO, RST, VCC, GND).

– Fuse-биты низкого уровня. Вот здесь нам и пригодился программатор. Самым важным для нас фьюзом здесь станет CKDIV8 (CK - clock, DIV - деление на 8). Биты с инверсией, поэтому логическим “да” делению 8 МГц на 8 станет отключение этого параметра, следовательно, нужно оставить включенным, а параметры CKSEL оставить в тех же положениях.

– Extended-биты отвечают за минимальные значения напряжения работы микроконтроллера, при которых он не будет в бесконечной перезагрузке (все, кроме 1 - 1.8В, кроме 2 - 2.7В, кроме 3 - 4.7В).

Основной идеей разработки было создание двух устройств, одно из которых изображено на рисунке 3, позволило бы скорректировать установки непосредственно перед запуском на пусковом контроллере, изображенном на рисунке 4. С помощью первого устройства можно устанавливать таймер срабатывания полетного контроллера, включение и отключение записи log-файлов на SD-карту, а уже сам контроль полета осуществлялся бы полетным контроллером, основным элементом которого является биполярный транзистор PN2222. Решение о добавлении второго транзистора, датчика атмосферного давления и SD карты пришло одним из первых, поскольку для ультимативности, данная разработка может спокойно использоваться для ракеты, где второй транзистор будет активировать запал парашютной системы.

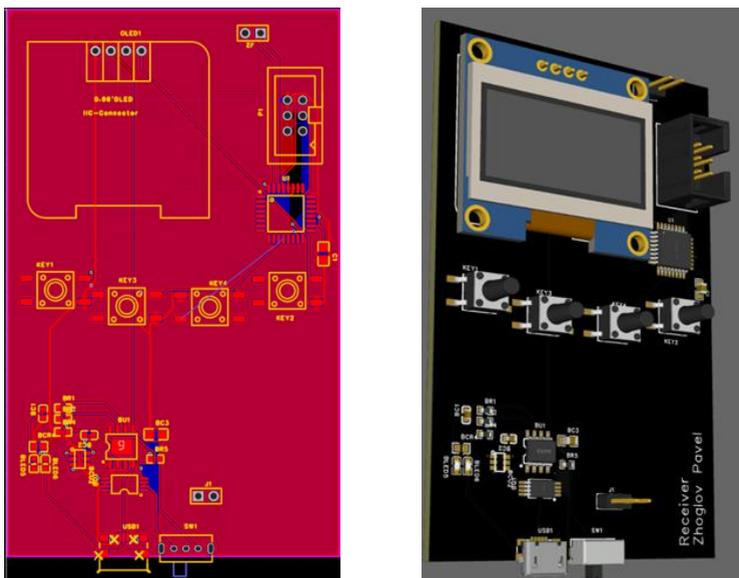


Рисунок 3 – Платы управляющего устройства

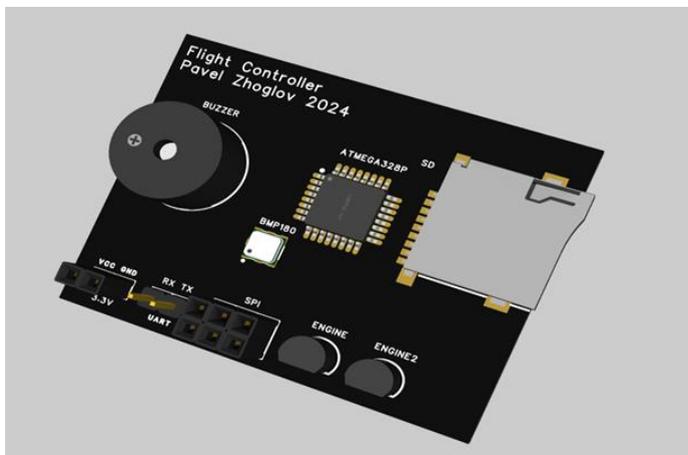


Рисунок 4 – Плата полётного контроллера

Передача необходимых нам установок с пульта в полётный контроллер производится передачей одного пакета с тремя данными по UART (T0-255; L0/1; N0/1), где T обозначает таймер от 0 до 255 секунд срабатывания первого транзистора после отключения пульта, L - включить или отключить запись высоты на SD карту и обозначение точки Апогея, N - это тестовый режим, при включении которого через указанный таймер сработает только парашют

для проверки его работы. Это и стало одной из причин отказа от прошивки привычным способом с загрузчиком. USB-TTL конвертор использует те же пины RX1 И TX1 для перепрошивки, поэтому в схеме SPI была указана распиновка, т.к. при ней устройство работает стабильно.

Заключение

По итогам выполненной работы были получены и усвоены знания о проектировании и трассировке печатных плат малых и средних размеров, показана необходимость учёта особенностей при настройке тактирования будущего устройства и его прошивке нестандартными методами.

Список использованных источников

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Полётный_контроллер
2. <https://www.yourdevice.net/proekty/avrdude-prog>
3. <https://www.alldatasheet.com/>

УДК 004.82

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В. И. Хведчук, Чжан Сяотянь

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

To solve the problem of describing the law of functioning of a typical control element, a system of classification of control units by types and subspecies is used. The description of the links uses temporal logic. For each subspecies, the parameters are set in accordance at each time interval. Subspecies compositions are possible. The developed software tools can be used in solving problems of describing the program code of control systems.

Введение Задача проектирования ПО систем управления, впрочем как и самих систем управления остается весьма сложной и трудоемкой задачей. Для решения используются такие приложения, как: Keil, Proteus, CoDeSys, Altium Designer. Известны также сервисные средства, распространяемые производителями управляющего оборудования: Siemens, Omron и т.д. Вместе с тем растет число различных функциональных приложений, приводящих к использованию аддитивных технологий, вызывающих новые способы применения электронных управляющих систем. В частности, можно отметить успех Internet of Thing, поддерживаемых и в рамках внутрифирменных инструментариев. При этом далеко не всегда используются стандартные средства и интерфейсы, предлагаются интегрированные разработки. Примером может служить и некоторая продукция компании Intel. Поэтому появляется задача управления такого рода системами.

Для решения задачи рассматриваются средства поддержки проектирования в технической, преимущественно механической, сфере. Выделены прежде всего средства сопряжения системы САПР с базой данных с возможными элементами визуализации. В качестве базовых средств реализации определены средства языка логического программирования.

1. Обзор систем визуализации Для поддержки процесса проектирования в областях, имеющих политехнический характер, использовались следующие группы средств: средства работы с трехмерными объектами и объемным изображением (3d Max, Maya), средства создания мультфильмов и рекламных роликов (Adobe Premier), средства работы с чертежом и управления объектом (имеются в развитых пакетах Revit, Inventor), средства параметризации изображения (Creo, продукты компании PTC), средства для работы с текстом на чертежах (Autotext, Autotable), средства для работы со сканером. Исторически базовым элементом для этих систем является AutoCad.

В отдельных специализированных применениях возникает потребность в расчетных (Ansys, Cosmos), учетных, справочных программах, обычно имеющих интерфейс с AutoCad.

К пакетам для работы с чертежами и управления объектами можно отнести AutoManager, Abase, GLisp, РЕЛИФ, KD-Master.

Технология самонастройки ПИД-регулятора - это передовая стратегия управления, которая за последние 20 лет получила широкое распространение в индустрии промышленного контроля и академической теории и достигла значительных успехов, а соответствующий самонастраивающийся контроллер был разработан еще в середине 80-х годов. В последние годы на международном уровне развивается область автоматического управления, позволяющая создавать помехи в работе ПИД-регуляторов, повышать надежность и ускорять скорость сходимости алгоритмов. К. J. Astrom, С. С. Hang, Цинго Ван, З. Дж. Па Лмор, С. Х. Шен и другие эксперты по самоорганизации уже постоянно публикуются новые результаты исследований в нескольких ведущих международных журналах, демонстрирующие высокую теоретическую эффективность технологии самонастройки ПИД-регулятора. С развитием компьютерных технологий и развитием технологии самонастройки коммерческие продукты automaticsetting controller появились раньше EI, среди которых более известные продукты, такие как Foxboro ExACTseries, First Control M Серия контроллеров R0, серия Led & Northrop Electromax V, SattControl ECA. Серия 40, Honeywells RPID, компания ControlSoft. И INTUNE и др. А также Fisher Control, Yokogawa, Eurotherga и другие компании также объединили различные алгоритмы автоматической настройки ПИД-параметров в своих собственных сериях промышленных контроллеров.

Proteus ISIS - это программное обеспечение для анализа схем и физического моделирования, разработанное компанией Labcenter. Оно работает под управлением операционной системы Windows, которая позволяет моделировать и анализировать различные аналоговые устройства и интегральные схемы.

Особенностью программного обеспечения является то, что оно реализует комбинацию моделирования микроконтроллера и моделирования схемы SPICE. Он обладает функциями моделирования аналоговых схем, моделирова-

ния цифровых схем, моделирования системы, состоящей из микроконтроллера и его периферийной схемы, динамического моделирования RS232, отладчика I2C, SPI, отладчика, моделирование систем с клавиатурой и ЖК-дисплеем; в нем есть различные виртуальные приборы, такие как осциллограф, логический анализатор, генератор сигналов и т.д. Поддерживается моделирование основных однокристальных микроконтроллерных систем. В настоящее время поддерживаются следующие типы: серия 68000, серия 8051, серия AVR, серия PIC 12, серия PIC 16, серия PIC 18, серия Z80, серия HC11 и различные периферийные микросхемы. Обеспечивают функцию отладки программного обеспечения. В системе аппаратного моделирования с полной скоростью, за один шаг, с точкой останова, и может наблюдать текущее состояние каждой переменной, регистрировать, таким образом, в система программного моделирования; также поддерживает среду компиляции и отладки программного обеспечения сторонних производителей, такую как программное обеспечение Keil C51 uVision2. Обладает мощной функцией рисования схем. Короче говоря, это программное обеспечение представляет собой совокупность микроконтроллера и анализа SPICE в одном программном обеспечении для моделирования, функция которого чрезвычайно проста.

2. Модуль управления. Для решения задачи описания закона функционирования типового элемента управления используется система классификации управляющих звеньев по видам и подвидам. Описание звеньев использует временную логику. Для каждого подвида поставлены в соответствие на каждой временном отрезке параметры. Возможны композиции подвидов. Поэтому он связан с оценкой степени соответствия заданным законам управления.

Для обеспечения информационной поддержки задачи описания законы управления устройства в целом необходима разработка системы управления базой данных описаний типовых элементов, установка программных связей средств описания типовых элементов с параметрами, определения программной зависимости видов элементов и прогноза их соответствия заданному закону функционирования.

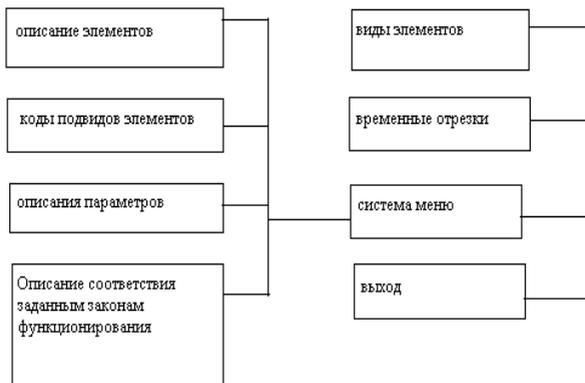


Рис.1

Для решения данной задачи необходимо реализовать: средства описания типовых элементов с входящими в них кодами управления; схем элементов; при этом возможно деление элементов на подвиды; средства описания связей подвидов элементов и их параметров; средства описания связей подвидов композиций и степени их соответствия заданному закону.

Для отображения установленных связей между описаниями модулей, их параметрами и степенью соответствия заданным законам функционирования используется система меню. Имеется два входа в систему.

Первый вход "Виды типовых элементов" обеспечивает вывод всех видов управляющих элементов в виде элементов вертикального меню. Переход к просмотру подвидов выбранного в данном вертикальном меню вида элемента приводит к выводу нового вертикального меню со стиранием текущего. В качестве элементов данного меню выводятся подвиды выбранного вида управляющего звена. При выборе соответствующего подвида появляется код и схема подвида управляющего элемента. После окончания просмотра выводится меню, содержащее возможные временные характеристики выбранного подвида управляющего элемента. После выбора соответствующего временного отрезка появляется меню, содержащее параметры данного подвида элемента. После выбора параметров в данном меню появляется оценка его соответствия заданному закону функционирования. После просмотра последней происходит возврат в главный вход в систему.

Второй вход "Временные интервалы" обеспечивает вывод меню, элементами которого являются все возможные стадии изменения параметров. После выбора соответствующего интервала выводится меню, содержащее все изображение схемы выбранного подвида элемента. По окончании просмотра происходит возврат в главный вход в систему. Выход обеспечивает возможность "Выход".

Заключение Разработанные программные средства могут быть использованы при решении задач описания программного кода систем управления. При этом возможно развитие данной системы к компилирующей реализации, позволяющей ускорить выполнение, улучшить интеграцию с системой хранения кодов. Для этого необходимо подключение соответствующего транслятора кодов функционирования типовых элементов. Имеется также возможность использования инструментальных плат проектирования ПО.

Список использованных источников

1. Клоксин, Меллиш. Программирование на языке Пролог. М., Мир, 1987.
2. Кларк, Маккейб. Введение в логическое программирование на микро-Прологе. М., Радио и связь, 1988.
3. И.Братко. Программирование на языке Пролог для интеллектуальных систем. М., Мир, 1990.
4. Л. Стерлинг, Э. Шапиро. Искусство программирования на языке Пролог. М., Мир, 1990.
5. Ц.Ин, Д.Соломон. Использование турбоПролога. М., Мир, 1993 г.
6. Zhang Yigang, Peng Xiyuan, Tan Xiaojun and so on. MCS-51 SCM application design. Harbin Institute of Technology Press, 2000

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ АНАЛИЗА ДЛЯ БИОИНФОРМАТИКИ

В. И. Хведчук, А. И. Самаха

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

As a formal model, we choose the basic elements of mathematical statistics, the prerequisites of the least squares method. The quality of the regression equation is analyzed in the following areas: checking the statistical significance of the coefficients of the regression equation, checking the overall quality of the regression equation. The Mathcad system was chosen as an instrumental system.

Введение

Отличительной чертой современного этапа развития естествознания является математизация, а использование статистических методов для проверки выдвинутых гипотез, обоснованного формирования выборок, построения математических моделей различных явлений и процессов – ее неотъемлемая часть. Практически нет такого метода статистического анализа, который не нашел бы применения в медицине [1].

1. Обзор известных решений

Известна работа [2], в которой предлагается модель для диагностики кровоизлияний, опухолей головного мозга человека, сердечных заболеваний и заболеваний щитовидной железы. Система использует нечеткую логику: фаззификатор, механизм логического вывода, базу правил и дефаззификацию для следующей модели. Модель принимает пять входных данных: белок, эритроциты, лимфоциты, нейтрофилы, эозинофилы и выдает три выходных данных: норма, кровоизлияние, опухоль головного мозга при заболевании головного мозга. В то время как при заболеваниях сердца используется только один входной сигнал: значение С.Р.К.М.В, указывает на наличие заболевания сердца или нет. Аналогично, для определения заболевания щитовидной железы используются три входных сигнала: значение Т-3, количество Т-4, ультрачувствительный гормон (Т.С.Н), который выдает наличие заболевания щитовидной железы или нет. Медицинский диагноз для модели формулируются и применяются нечеткие правила с использованием моделирования в среде MATLAB. Результаты моделирования рассчитываются на основе расчетной модели. Предлагается разработать систему для повышения эффективности диагностики заболеваний, связанных с заболеваниями человека.

2. Математическая модель исследования

В качестве формальной модели выбираем базовые элементы математической статистики [3].

2.1 Предпосылки метода наименьших квадратов (МНК).

1) Математическое ожидание случайного отклонения ε_j равно 0 для всех наблюдений.

2) Постоянство дисперсии отклонений.

$D(\varepsilon_i) = D(\varepsilon_j) = a$ для любых i и j . При невыполнении этого условия имеет место гетероскедастичность.

3) Отсутствие автокорреляции для случайных отклонений ε_i и ε_j .

$$\sigma_{\varepsilon_i, \varepsilon_j} = \text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = \begin{cases} = 0, & \text{при } i \neq j \\ = 1, & \text{при } i = j \end{cases}$$

4) Случайное отклонение должно быть независимо от объясняющих переменных $\sigma_{\varepsilon_i, x_i} = 0$

5) Модель является линейной относительно параметров. Для множественной линейной регрессии необходимо еще 6).

6) Отсутствие мультиколлинеарности. Между объясняющими переменными отсутствует строгая линейная зависимость.

7) Ошибки S_j имеют нормальное распределение ($S_j \sim N(0, a)$).

Это необходимо для выполнения статистических гипотез и построения интервальных оценок.

Качество уравнения регрессии анализируется по следующим направлениям.

1) Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии. Ведется на базе статистики, имеющей распределение Стьюдента, $t = b_j / S_{b_j}$.

Если $|t| > t(\alpha/2, n-m-1)$, то b_j считается статистически значимым, если b_j незначим, то X_j лучше исключить из модели.

2) Проверка общего качества уравнения регрессии. Ведется на базе коэффициента детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

Могут быть неправильно специфицированные модели с высоким коэффициентом детерминации.

Проверяется также гипотеза общей значимости (о равенстве 0 всех коэффициентов регрессии):

Проверяется также равенство 0 части коэффициентов регрессии. Для модели $Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_m X_m$ рассчитывается R_1^2 , для модели с k удаленными последними переменными R_2^2 .

Используется статистика: $F = ((R_1^2 - R_2^2) / (1 - R_1^2)) * (n - m - 1) / k$

Если $F_{\text{набл}} > F(\alpha, m, n-m-1)$, то исключение k переменных некорректно. При этом необходимо, чтобы зависимая переменная была представлена в одной и той же форме и число наблюдений было одинаково.

Возможна проверка совпадений уравнений регрессии для отдельных групп наблюдений с использованием теста Чоу. Имеется 2 выборки объемом n_1 и n_2 , для каждой из выборок оценено уравнение регрессии $\sum e_{i,k}^2 = Sk$.

Оценивается S_0 для объединенной выборки объемом n_1+n_2 и $F = ((S_0 - S_1 - S_2) / (S_1 + S_2)) * (n_1 + n_2 - 2m - 2) / (m + 1)$

$$v_1 = m + 1, v_2 = n_1 + n_2 - 2m - 2.$$

Если $F_{набл} < F(\alpha, v_1, v_2)$, то уравнения регрессии для обеих выборок практически одинаковы.

2.2. Гетероскедастичность

2.2.1 Обнаружение гетероскедастичности

Тесты и критерии для обнаружения гетероскедастичности не являются однозначными.

2.2.1.1 Графический анализ остатков

Строится зависимость отклонения e_i (или e_i^2) от объясняющей переменной X (либо $Y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m$). При наличии систематических изменений отклонений от X или Y , говорят о наличии гетероскедастичности. При множественной регрессии строятся зависимости отклонений от объясняющих переменных x_j или y (при линейной регрессии).

2.2.1.2 Тест ранговой корреляции Спирмена

x_i и e_i сортируются по возрастанию. Затем определяется коэффициент ранговой корреляции:

$$r_{x,e} = 1 - 6 \frac{\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \text{ где } d_i = r(x_i) - r(e_i), r(x_i) - \text{ранг } x_i, r(e_i) - \text{ранг } e_i.$$

Рассчитывается статистика

$$t = \frac{r_{x,e} \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{x,e}^2}}$$

Если $t_{набл} > t_{кр} = t(\alpha, n - 2)$, где t - распределение Стьюдента, то отклоняется гипотеза об отсутствии гетероскедастичности. Если имеется несколько объясняющих переменных то проверка осуществляется для каждой отдельно.

2.2.1.3 Тест Парка

Строятся регрессии $y_i = b_0 + b_1x_i + e_i$. Определяются $\ln e_i^2 = \ln(y_i - \bar{y}_i)^2$.

Строится регрессия $\ln e_i^2 = \alpha + (\beta \ln x_1 + v_i$. Проверяется значимость β на основе t -статистики $t = \frac{\beta}{S_\beta}$. Если значим, то имеется гетероскедастичность.

Недостатками теста является зависимость от вида функции, и гетероскедастичности v_i .

2.2.1.4 Тест Глейзера

Похож на тест Парка. Используется уравнение регрессии

$$|e_i| = \alpha + \beta x_i^k + v_i$$

Изменяя k строят различные регрессии ($k = \dots -1, -0.5, 0.5, 1, \dots$). Значимость β соответствует гетероскедастичности.

2.2.1.5 Тест Голдфелда-Квандта

Предполагается, что стандартное случайное отклонение $\sigma_i = \sigma(\varepsilon_i)$ пропорционально значению x_i переменной X в i -ом наблюдении.

Упорядоченная по X выборка разбивается на 3 выборки размером $k, n-2k, k$.

Оцениваются регрессии для 1 и 3 выборки. Определяются $S_1 = \sum_{i=1}^k e_i^2$,

$$S_3 = \sum_{i=n-k+1}^n e_i^2$$

Строится статистика $F \frac{S_3}{S_1}$. Если $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}} = F(\alpha, v_1, v_2)$, где α -уровень

значимости, $v_1 = v_2 = k - m - 1$, m - число объясняющих переменных, F - статистика Фишера, то имеется гетероскедастичность

Для множественной регрессии данный тест проводят для той объясняющей переменной которая в наибольшей степени связана с σ_i , или для всех объясняющих переменных. При этом должно быть $k > m + 1$.

Если стандартное случайное отклонение $\sigma_i = \sigma(\varepsilon_i)$ обратно пропорционально значению x_i переменной X в i -ом наблюдении, то m используется

$$F \frac{S_3}{S_1}$$

2.2.2 Снижение гетероскедастичности.

2.2.2.1 Метод взвешенных наименьших квадратов. Используется при известных σ_i^2 для каждого наблюдения. Рассмотрим парную регрессию.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

Значения каждой пары (x_i, y_i) делят на σ_i . Строится регрессия не имеющая гетероскедастичности.

$$y_i^* = \beta_0 z_i + \beta_1 x_i^* + v_i, \text{ где } z_i = \frac{1}{\sigma_i}, y_i^* = \frac{y_i}{\sigma_i}, x_i^* = \frac{x_i}{\sigma_i}, v_i = \frac{\varepsilon_i}{v_i}$$

2.2.2.2 Неизвестные дисперсии отклонений.

1) предполагается что дисперсии пропорциональны x_i $\sigma_i = \sigma^2 x_i$ (σ^2 - коэффициент пропорциональности), в этом случае уравнение регрессии преобразуется делением обеих частей на $\sqrt{x_i}$;

2) предполагается что дисперсии пропорциональны в этом случае, уравнение регрессии преобразуется делением обеих частей на x_i .

2.3 Автокорреляция

Для обнаружения наиболее известным является критерий Дарбина-Уотсона. Имеет ограничения

1) применяется только для моделей имеющих свободный член;

2) случайные отклонения e_t определяются по авторегрессионной схеме 1-го порядка AR(1) $\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + v_t, v_t$ - случайный член;

3) не должно быть пропусков в наблюдениях;

4) в составе объясняющих переменных не должно быть зависимой переменной с временным лагом в один период, т.е. модель не должна иметь вид

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_m x_{tm} + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Для устранения автокорреляции меняют спецификацию модели, вид зависимости. Если не помогает можно выполнить авторегрессионное преобразование. Для линейной регрессионной модели используется AR(1).

3 Реализация в математической системе

В качестве инструментальной системы выбрана система Mathcad. Которая является достаточно мощной и простой по реализации. Используется функция множественной полиномиальной регрессии – regress. Документ для её использования приведен ниже.

Число переменных:

$$n = 12$$

$$z := \text{regress}(X, Y, k)$$

$$i := 0..N - 1$$

Полином, соответствующий функции:

$$\text{fit}(x) := \text{interp}(z, X, Y, x)$$

$$\text{pred}Y_i := \text{fit}\left[\left(X^T\right)^{\langle i \rangle}\right]$$

Коэффициенты уравнения регрессии $y = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$

$$\text{coeffs} := \text{submatrix}(z, 3, \text{length}(z) - 1, 0, 0)$$

Отклонение:

$$\text{resid} := \text{pred}Y - Y$$

Заключение

В области статистики постоянно возникают проблемы, с которыми сталкиваются наука и промышленность. Эти проблемы часто возникают в результате сельскохозяйственных и промышленных экспериментов. С появлением компьютеров и информационной эры статистические задачи резко возросли как по масштабам, так и по сложности. Проблемы в области хранения, организации и поиска данных привели к появлению новой области “интеллектуального анализа данных”; статистические и вычислительные задачи в биологии и медицине привели к появлению “биоинформатики”. Огромные объемы данных обрабатываются данные генерируются во многих областях, и задача статистика – разобраться во всем этом: выделить важные закономерности и тенденции и понять, “о чем говорят данные”. Используется понятие – обучение на основе данных.

Список использованных источников

1. С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Экспериментальные исследования Клинические испытания Анализ фармацевтического рынка - К: МОРИОН, 2001.
2. Manish Rana, Dr.R.R.Sedamkar Design of expert system for medical diagnosis using fuzzy logic International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 6, June-2013 pp.2914-2921
3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Тропшн Л.И. Многомерные статистические методы. - М.: Финансы и статистика, 1988.

**Интеллектуальные технологии обработки
данных и прогнозирования.
Анализ и моделирование сложных систем
и физических процессов**

СРЕДСТВА ДЕМОНСТРАЦИИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Д. О. Петров, М. Ю. Стасюкевич

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

The problems of developing neurocontrollers for controlling dynamic objects are described, including the complexity of generating training data sets. It is indicated that one of the known methods of training an artificial neural network to control an autonomous driving agent is the neuroevolutionary approach, which involves the use of a genetic algorithm to adjust the synaptic weighting coefficients of the artificial neural network. The idea of using a tool for demonstrating the evolutionary approach to setting the weighting coefficients of an artificial neural network for practical training of students in the basics of the neuroevolutionary approach is proposed. The general structure of the genetic algorithm as a multicriteria optimization method is described. Basic information about the structure, principle of operation and methods of training multilayer artificial neural networks with the direct direction of information propagation is provided. Software has been developed to demonstrate the neuroevolutionary approach using the example of the evolution of an artificial neural network of a given structure designed to control a simplified computer model of an autonomous vehicle. The problems of empirical selection of the selection operator and the crossover operator when using evolutionary methods for training artificial neural networks are described. The known negative consequences of rearranging the values of the weighting coefficients of interneuron connections in the interval between two successive layers of artificial neural networks when implementing the crossover operator for artificial neural networks are indicated. The situation of stagnation of the evolutionary process, characteristic of a genetic algorithm, when the function being optimized reaches a local extremum in the process of searching for an optimal solution to the problem is described. A method for resolving the problem of stagnation when using an evolutionary approach for training an artificial neural network is described. A comparison was made of the effectiveness of using proportional selection and tournament selection during the trial operation of the developed software to demonstrate the neuroevolutionary approach using the example of the evolution of an artificial neural network of a given structure designed to control a simplified computer model of an autonomous vehicle. Options for using the developed software when teaching students the basics of artificial intelligence technologies and evolutionary methods of multi-criteria optimization are proposed.

Введение

В настоящее время интерес к практическому применению и изучению технологий искусственного интеллекта находится на стабильно высоком

уровне. Одной из популярных областей применения технологий искусственного интеллекта является разработка нейроконтроллеров для управления динамическими объектами к которым можно отнести и автономные транспортные средства. Основной проблемой при обучении управляющей искусственной нейронной сети (ИНС) адаптивной коррекцией весовых коэффициентов синаптических связей на основе эталонных входных и выходных сигналов является сложность формирования адекватного обучающего набора данных [1]. Один из выходов для решения подобной проблемы – использование эволюционного метода для обучения ИНС. В предлагаемой статье рассматриваются особенности применения генетического алгоритма в качестве эволюционного метода обучения нейронной сети для управления упрощенной компьютерной моделью автономного транспортного средства пригодной для обучения студентов основам технологий искусственного интеллекта.

Генетический алгоритм как эволюционный метод оптимизации

Генетический алгоритм (ГА) представляет собой адаптивный направленный стохастический метод поиска решения оптимизационных задач на основе использования аналогий механизма естественного отбора и генетического наследования в живой природе [2, 3]. ГА оперирует множеством возможных решений задачи оптимизации как некоторой популяцией особей, подвергаемой моделируемому процессу естественного отбора в процессе смены поколений с использованием механизмов селекции и скрещивания. Потенциальные решения оптимизационной задачи, по терминологии ГА называемые хромосомами, представляются последовательностями значений своих параметров-генов. С каждой хромосомой-решением связана величина приспособленности, соответствующая эвристической оценке близости потенциального решения к ожидаемому оптимуму.

Работу генетического алгоритма можно представить выполнением следующих шагов:

- Согласно сущности оптимизационной задачи представить потенциальные ее решения в виде фиксированного набора искомым значений параметров;

- Определить количество N потенциальных решений (размер популяции хромосом), поступательную эволюцию которых будет моделировать генетический алгоритм;

- Разработать эвристическую функцию, которая на основе значений параметров-генов входящих в состав решения-хромосомы будет вычислять величину близости потенциального решения к ожидаемому оптимуму (величину приспособленности хромосомы в популяции);

- Выбрать способ отбора пар хромосом-родителей на основе рассчитанной величины приспособленности (оператор селекции) для последующего создания на их основе пар хромосом-потомков;

- Выбрать способ порождения пары хромосом-потомков на основе обработки генов пары хромосом-родителей (оператор скрещивания);
- Определить вероятность и способ случайного изменения величин генов хромосом-потомков (оператор мутации);
- Сформировать начальную популяцию из N потенциальных решений-хромосом задавая значения искомым параметрам-генам при помощи генератора случайных чисел;
- Вычислить величину приспособленности каждой хромосомы в популяции согласно разработанной эвристической функции;
- На основе анализа величин приспособленности определить необходимость остановки процесса эволюционного поиска решения оптимизационной задачи и в случае положительного ответа завершить работу алгоритма, приняв в качестве результата хромосому с наивысшим значением значения приспособленности – в ином случае продолжить выполнение шагов алгоритма;
- Применить оператор селекции к популяции хромосом;
- Применить оператор скрещивания к парам хромосом-родителей для формирования хромосом-потомков, составляющих на следующей итерации алгоритма очередное поколение потенциальных решений задачи;
- В соответствии с установленной ранее вероятностью применить к хромосомам-потомкам оператор мутации;
- Продолжить выполнение алгоритма с шага 7.

Искусственная нейронная сеть как вычислительная система

Искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой вычислительную систему, действующую по аналогии с биологическим головным мозгом и состоящую из следующих конструктивных компонентов: вычислительных узлов (искусственных нейронов) и межузловых соединений (синаптических связей) с назначенными им весовыми (синаптическими) коэффициентами [4]. Множество вычислительных узлов вместе с топологией соединений между ними называют архитектурой ИНС. Архитектуру ИНС можно в дальнейшем разбить на три иерархических уровня [5]:

- микроструктурный – на этом уровне описываются характеристики отдельных вычислительных узлов сети;
- мезоструктурный – описывает топологическую организацию соединений между вычислительными узлами и направление распространения информации по сети;
- макроструктурный – способ соединения отдельных ИНС между собой при создании сети модульной структуры.

На микроструктурном уровне искусственный нейрон как вычислительное устройство (рисунок 1) функционирует следующим образом:

- по входным синаптическим связям искусственный нейрон получает сигналы x_i и вырабатывает один выходной сигнал u ;
- сигнал, поступающий по конкретной синаптической связи, модифицируется путем умножения на весовой коэффициент w_i ;

– модифицированные входные сигналы суммируются (агрегируются) и результирующая величина называется совокупным возбуждением искусственного нейрона;

– для получения выходного сигнала у величина совокупного возбуждения нейрона преобразуется нелинейной функцией F, которая называется функцией активации искусственного нейрона.

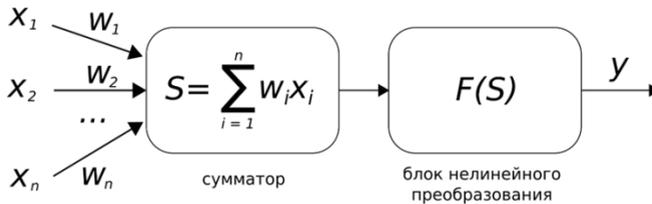


Рисунок 1 – Искусственный нейрон на микроструктурном уровне

В качестве функции активации часто используют логистическую, пороговую, гиперболического тангенса и реже – линейную.

На мезоструктурном уровне наиболее известной является многослойная архитектура ИНС с прямым направлением распространения информации (рисунок 2).

Многослойные ИНС с прямым направлением распространения информации состоят из последовательно соединенных синаптическими связями слоев искусственных нейронов: слой, принимающий сигналы из внешней среды, называется входным или распределительным, за ним следует произвольное количество так называемых скрытых слоев (на рисунке 2 изображен единственный скрытый слой) и самым последним в цепочке расположен выходной слой, который выдает реакцию всей сети на входное воздействие.

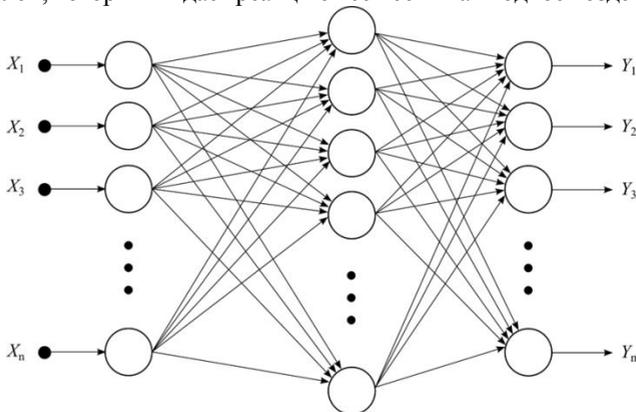


Рисунок 2 – Многослойная архитектура искусственной нейронной сети

Функционирование ИНС зависит от величин весовых коэффициентов синаптических связей, поэтому при заданной структуре ИНС, отвечающей какой-либо задаче, необходимо найти оптимальные значения весовых коэффициентов [55].

Процесс нахождения оптимальных значений весовых коэффициентов синаптических связей называется обучением ИНС, в котором можно выделить два подхода: обучение с учителем и обучение без учителя [4]. При обучении с учителем необходимо наличие конечного набора значений входных сигналов и соответствующего набора ожидаемых значений выходных сигналов (обучающей выборки). Целью обучения становится подбор весовых коэффициентов таким образом, чтобы фактические выходные сигналы сети принимали значения наиболее близкие к ожидаемым значениям. При невозможности применения такого подхода необходимо использовать обучение без учителя. Подбор весовых коэффициентов синаптических связей сети проводится либо на основании конкуренции нейронов между собой, либо с учетом корреляции обучающих и выходных сигналов.

Для нахождения оптимальной структуры ИНС и значений весовых коэффициентов синаптических связей при затруднительности или невозможности формирования обучающей выборки возможно применять нейрорезволюционные методы, в арсенал которых входит генетический алгоритм [6, 7, 8]. В простейшем случае генетический алгоритм используется для эволюционного подбора значений весовых коэффициентов связей между нейронами ИНС фиксированной структуры при этом потенциальные решения оптимизационной задачи представлены хромосомами, генами которых являются искомые вещественные значения весов межнейронных связей [9].

Идея средства демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов ИНС

В качестве отправной точки для практического ознакомления учащихся с основами генетического эволюционного алгоритма оптимизации, был использован видеокурс «Self-Driving Car with JavaScript Course – Neural Networks and Machine Learning» (https://www.youtube.com/watch?v=Rs_rAxEsAvI), с сопутствующим исходным кодом приложения на языке JavaScript (<https://github.com/gniziemazity/Self-driving-car>), демонстрирующим применение эволюционного метода обучения нейронной сети для управления упрощенной компьютерной моделью автономного транспортного средства (рисунок 3), автором которого является Раду Мариеску-Истордо (<https://scholar.google.com/citations?user=rZYWtcAAAAJ&hl=en>) из Университета Восточной Финляндии (<https://www.uef.fi/ru>).

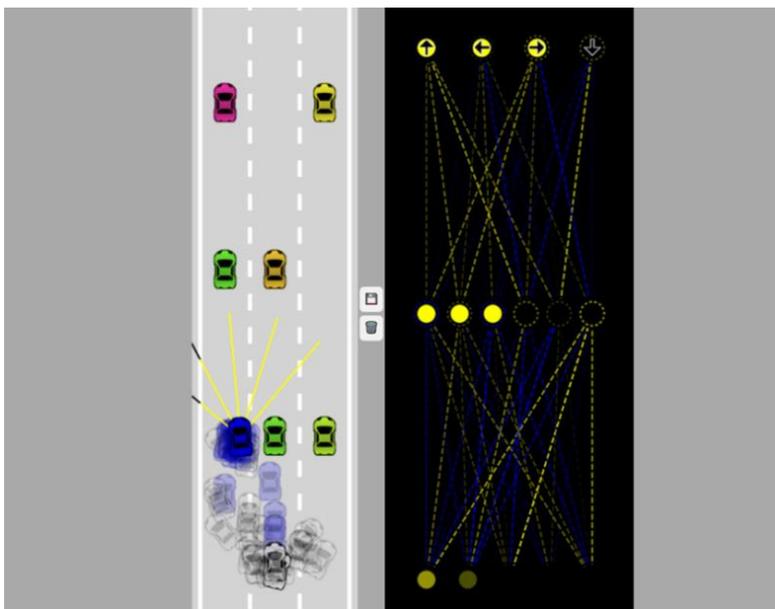


Рисунок 3 – Демонстрация эволюции ИНС, управляющей моделью автомобиля

Модель транспортного средства (автомобиль) в форме прямоугольника способная под управлением ИНС к ускорению, торможению, поворотам направо и налево относительно своего геометрического центра движется по прямолинейному участку дороги фиксированной ширины. На участке дороги перед движущимся управляемым автомобилем расположены 7 перемещающихся с низкой скоростью неуправляемых автомобилей играющих роль препятствий.

Для возможности обнаружения препятствий при движении вперед модель обладает набором датчиков приближения в виде пяти отрезков прямых фиксированной длины, расходящихся веерообразно из геометрического центра прямоугольника. При пересечении отрезков прямых с границами дороги и прямоугольниками, представляющими собой иные автомобили, формируется вещественное значение находящееся в промежутке от нуля до единицы пропорционально положению расчетной точки пересечения на отрезке («0» – нет пересечения, «1» – точка пересечения совпадает с началом отрезка в центре прямоугольника модели автомобиля).

Автомобиль управляется искусственной нейронной сетью прямого распространения с одним скрытым слоем из шести нейронов – входной слой состоит из пяти нейронов, связанных с датчиками приближения, а выходной слой непосредственно связан с органами управления. В управляющей ИНС используется пороговая функция активации (функция Хевисайда) – величина порога активации каждого нейрона и величины весовых коэффициентов связей между нейронами подбирается генетическим алгоритмом.

Цель эволюции популяции, состоящей из 100 управляемых автомобилей – получение особи успешно обходящей все встречающиеся на пути препятствия при поступательном движении по дороге вперед без пересечения ее боковых границ.

Процесс эволюции нейроконтроллера интерактивно отображается в окне браузера, разделенном по горизонтали на две части: слева можно наблюдать движение всей популяции автомобилей, а справа изображается управляющая искусственная нейронная сеть наилучшей особи популяции (рисунок 3).

Отличительной чертой представленной реализации генетического алгоритма является то, что функция оператора селекции возложена исключительно на пользователя и состоит в своевременном сохранении управляющей ИНС особи, которая опережает в движении все остальные. На пользователя также возложена задача управления началом процесса формирования новой популяции и запуска очередной итерации алгоритма, причем новая популяция состоит из сохраненной на предыдущей итерации особи, а остальные 99 членов представлены ее случайными мутациями.

Развитие средства демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов ИНС

Старая реализация генетического алгоритма была подвергнута значительному пересмотру в сторону наглядной демонстрации различных операторов селекции и применения одного из возможных операторов скрещивания. Так как структуру ИНС было решено оставить неизменной, то объектом нейроэволюции являются величины порога активации каждого нейрона и весовых коэффициентов межнейронных связей, представляющие собой в этом случае отдельные гены хромосомы. В качестве оператора скрещивания выбрана промежуточная рекомбинация (whole arithmetic recombination), подходящая к хромосомам состоящим из вещественных значений [10]. Промежуточная рекомбинация формирует гены хромосомы-потомка на основе генов хромосом-родителей следующим образом:

$$C_i = A_i + \alpha \cdot (B_i - A_i), \quad (1)$$

$$\alpha \in [d, 1 + d], \quad (2)$$

где A_i , B_i – вещественные значения генов хромосом-родителей,
 C_i – значение гена хромосомы-потомка, полученное в результате вычислений по формуле (1),
 d рекомендуется принять равным 0,25 .

Операторы скрещивания, основанные на перекрестном обмене генами между парой хромосом-родителей были исключены из рассмотрения по следующей причине: исследованиями установлено, что перестановка значений весовых коэффициентов межнейронных связей в промежутке между двумя последовательными слоями и даже перестановка самих нейронов в пределах скрытых слоев могут не оказать значительного влияния на функционирование ИНС [11, 12]. Более того, исследования показывают,

что в процессе нейроэволюции скрещивание между особями со сравнимыми значениями приспособленности чаще всего ведет к ухудшению приспособленности потомков, на основании чего делается вывод о деструктивности оператора скрещивания и приемлемости лишь оператора мутации при использовании генетического алгоритма для эволюции ИНС [13].

Для возможности использования операторов селекции необходимо определить эвристическую функцию, результат вычисления которой будет определять приспособленность управляющей ИНС в популяции, поэтому, учитывая что целью нейроэволюции в данном случае является получение особи успешно обходящей все встречающиеся на пути препятствия, то мерой приспособленности нужно считать расстояние со знаком, показывающее положение относительно последнего движущегося неуправляемого автомобиля-препятствия. Признаком остановки итераций генетического алгоритма является опережение последнего препятствия лучшей особью текущего поколения на 800 пикселей экранного пространства.

Для наглядной оценки эффективности применяемых операторов селекции созданы две версии программного обеспечения (ПО): в одной из них используется селекция методом рулетки, а в другой – турнирная селекция. Обе упомянутые версии ПО расположены в общедоступном репозитории в сети Интернет:

- селекция методом рулетки – <https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution/tree/main/roulette-wheel-selection>,
- турнирная селекция – <https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution/tree/main/tournament-selection>.

При отборе хромосом-родителей методом рулетки (пропорциональный отбор), каждому потенциальному родителю ставится сектор воображаемого колеса рулетки, площадь которого пропорциональна мере приспособленности особи – чем выше приспособленность, тем больше площадь соответствующего сектора и выше вероятность отбора особи в качестве родителя. Турнирная селекция состоит в случайном отборе из текущей популяции фиксированного количества особей (описываемом случае отбирается 80 особей из 100) и выборе в качестве родителя экземпляра с наивысшим значением функции приспособленности.

Как и любой метод многокритериальной оптимизации, генетический алгоритм при проведении нейроэволюции способен попасть в локальный экстремум оптимизируемой функции – индикатором такой ситуации является отсутствие повышения приспособленности особей в популяции при проведении серии очередных итераций алгоритма на пути к требуемому условиям оптимизационной задачи результату функционирования ИНС. Одним из выходов при стагнации генетического алгоритма является формирование нового поколения на основе переноса в неизменном виде наилучшей особи из предыдущего поколения и формирование остальных членов популяции на основе проведения над ней случайных мутаций [14, 15].

Такой подход и был реализован в разработанном программном обеспечении при обнаружении отсутствия улучшения приспособленности членов популяции на протяжении пяти последовательных итераций генетического алгоритма.

Работа программного обеспечения организована в виде проведения экспериментов – серии итераций генетического алгоритма, приводящих к подбору оптимальных значений весовых коэффициентов межнейронных связей управляющей ИНС и позволяющих модели автомобиля преодолеть все препятствия в процессе движения. В целях повышения информативности наблюдения за ходом нейроэволюции в консоли разработчика браузера отображается нумерация проходящих экспериментов, информация о обнаружении ситуации стагнации в эволюции ИНС, выводится итоговая статистика проведения эксперимента, а именно: количество выполненных итераций и обнаруженных стагнаций (рисунок 4).

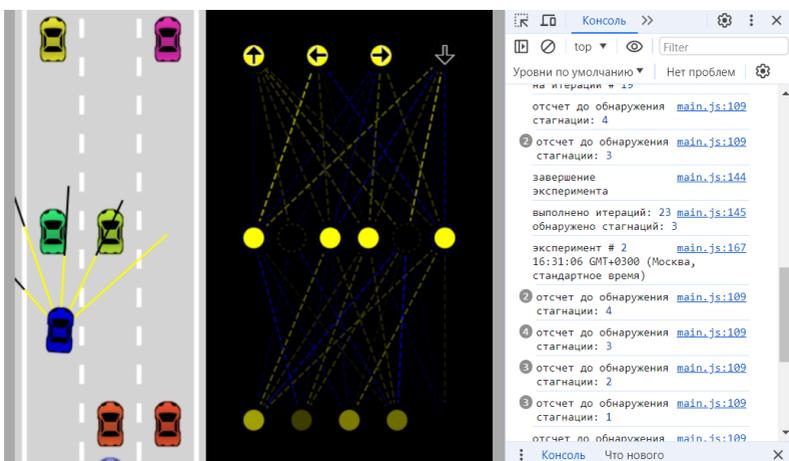


Рисунок 4 – Отображение дополнительной информации в консоли браузера (Google Chrome)

Результаты и их обсуждение

Разработанное средство демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов ИНС размещенное в общедоступном репозитории в сети Интернет (<https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution>) возможно творчески применять при чтении лекций и проведении практических занятий по соответствующим предметам у студентов специальностей «Компьютерная инженерия», «Программная инженерия», «Искусственный интеллект», «Системы управления информацией».

При изучении основ генетического алгоритма как метода многокритериальной оптимизации представленное в статье программное обеспечение может наглядно служить примером необходимости эмпирического подбора оператора селекции для эффективного решения

поставленной задачи. В данном случае селекция особей на основе пропорционального отбора показала неспособность к решению задачи при сравнении с использованием турнирной селекции, которая показала многократно повторяющийся успешный результат: при проведении серии из 100 экспериментов генетический алгоритм эволюции управляющей ИНС добивался поставленной перед ним цели в среднем за 30 итераций причем среднее количество обнаруженных стагнаций достигало значения равного 4.

Предлагаемый практический подход к ознакомлению студентов с основами технологий искусственного интеллекта на базе изучения нейроэволюционного алгоритма является перспективным по следующим причинам:

- Наличие стабильного интереса к технологиям беспилотного управления наземными транспортными средствами;
- Возможность ознакомления с основами функционирования искусственных нейронных сетей;
- Изучение основ генетического алгоритма как метода многокритериальной оптимизации;
- Наглядность процесса эволюции искусственной нейронной сети;
- Отсутствие необходимости в использовании сложных средств разработки и тестирования программ на языке JavaScript – единственными минимальными требованиями являются наличие текстового редактора и современного веб-браузера;
- Возможность изучения основ языка программирования JavaScript для написания веб-приложений;
- Реализация ИНС на JavaScript без использования сторонних библиотек и сложного математического аппарата.

Исходный код разработанного автором программного обеспечения может послужить основой для управляемой самостоятельной работы студентов при изучении искусственных нейронных сетей и методов оптимизации на основе генетического алгоритма. В целях облегчения ориентации в исходном коде для заинтересованных лиц следует сказать, что реализация ИНС представляет собой класс `NeuralNetwork` размещенный в файле `network.js`, а функции реализующие операторы селекции расположены в файле `main.js` под именами `selectCarFromRouletteWheel()` и `getTournamentWinner()`. Для дальнейшего развития изложенной в статье идеи имеет смысл использовать платформу `Node.js` совместно библиотекой `TensorFlow.js`, что даст возможность сэкономить время и усилия при реализации более сложных структур ИНС.

Список использованных источников

1. Чернодуб, А. Н. Обзор методов нейроуправления / А. Н. Чернодуб, Д. А. Дзюба // Проблемы программирования, 2011, № 2, С. 79–94.

2. Katoch, S. A Review on Genetic Algorithm: Past, Present, and Future / S. Katoch, S. S. Chauhan, V. Kumar // *Multimed Tools Appl.* 2021. Vol. 80, P. 8091–8126.
3. McCall, J. Genetic Algorithms for Modelling and Optimisations / J. McCall // *Journal of Computational and Applied Mathematics.* 2020. Vol. 184, № 1. P. 205–222.
4. Васенков, Д. В. Методы обучения искусственных нейронных сетей / Д. В. Васенков // *Компьютерные инструменты в образовании.* 2007, № 1. С. 20–29.
5. Maren, A. J. A Logical Topology of Neural Networks / A. J. Maren // *Proceedings of the Second Workshop on Neural Networks, Auburn, USA, February 11–13, 1991.* – Auburn : Auburn University, 1991. P. 17–44.
6. Мищенко, В. А. Использование генетических алгоритмов в обучении нейронных сетей / В. А. Мищенко, А. А. Коробкин // *Современные проблемы науки и образования.* 2011, № 6.
7. Шумков, Е. А. Использование генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей / Е. А. Шумков // *Научный журнал КубГАУ.* 2013, № 91.
8. Montana, D. J. Training Feedforward Neural Networks Using Genetic Algorithms / D. J. Montana, L. Davis // *IJCAI'89: Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence.* Vol. 1, August 20, 1989, P. 762–767.
9. Yao, X. Evolving Artificial Neural Networks / Xin Yao // *Proceedings of the IEEE.* 1999. Vol. 87, № 9. P. 1423–1447.
10. Picek, S. On the Recombination Operator in the Real-Coded Genetic Algorithms / S. Picek, D. Jakobovic, M. Golub // *2013 IEEE Congress On Evolutionary Computation, June 20–23, Cancun, Mexico, 2013.* P. 3103–3110.
11. Zankinski, I. Effects of the Neuron Permutation Problem on Training Artificial Neural Networks with Genetic Algorithms / I. Zankinski // *International Conference on Numerical Analysis and Its Applications, June 15–22, Lozenetz, Bulgaria, 2016.* P. 777–782.
12. Haflidason, S. On the Significance of the Permutation Problem in Neuroevolution / S. Haflidason, R. Neville // *GECCO '09: Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 8, 2009.* P. 787–794.
13. Pretorius, K. Neural Network Crossover in Genetic Algorithms Using Genetic programming / K. Pretorius, N. Pillay // *Genetic Programming and Evolvable Machines.* 2024. Vol. 25, № 7.
14. Gomez, F. J. Active Guidance for a Finless Rocket Using Neuroevolution / F. J. Gomez, R. Miikkulainen // *Proceedings of the 2003 International Conference on Genetic and Evolutionary Computation: Part II, July 12, San Francisco, California, USA, 2003.* P. 2084–2095.
15. Gomez, F. J. Co-Evolving Recurrent Neurons Learn Deep Memory POMDPs // F. J. Gomez, J. Schmidhuber // *GECCO '05: Proceedings of the 7th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 25–29, Washington DC, USA, 2005.* P. 491–498.

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: ОТ ИДЕИ ДО РАБОТАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ

В. В. Касьяник, Е. С. Макаревич

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

Digital engineering and modeling technologies offer significant opportunities for optimizing production processes through virtual simulations. This article explores the application of digital twins in industrial settings, highlighting their role in improving efficiency, reducing operational costs, and enhancing sustainability. Practical examples illustrate how digital twins contribute to predictive maintenance and process optimization across various industries.

Введение

В условиях стремительного развития промышленных технологий и повышающейся конкуренции предприятия всё чаще обращаются к решениям, которые позволяют оптимизировать производственные процессы и снизить издержки. Одним из таких решений стало внедрение цифровых двойников — виртуальных моделей реальных объектов, которые помогают анализировать, тестировать и предсказывать работу системы, не вмешиваясь в реальное производство.

В Республике Беларусь особое внимание к цифровому инжинирингу уделяется в учебно-научно-практической лаборатории «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета. Эта лаборатория занимается разработкой и внедрением инновационных технологий в автоматизацию и роботизацию производственных процессов, активно используя коллаборативных роботов и системы технического зрения.

Данная статья освещает этапы создания цифровых двойников, их значимость для современного производства и роль лаборатории «Промышленная робототехника» в подготовке квалифицированных специалистов для промышленности Беларуси.

Процесс создания цифрового двойника и его роль в оптимизации производства

Учебно-научно-практическая лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета, основанная 15 января 2019 года, активно занимается развитием автоматизации и роботизации производственных процессов в Республике Беларусь, уделяя особое внимание применению коллаборативных роботов и систем технического зрения. Лаборатория сотрудничает с рядом крупных предприятий, включая «Санта Бремор», «Савушкин Продукт» и Rozum Robotics.

Лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета имеет четко структурированную систему управления, в основе которой лежат функциональные рабочие группы [1]. Эти группы выполняют ключевые задачи по разработке и внедрению инновационных

технологий в области робототехники, технического зрения и цифрового инжиниринга.

Группа цифрового инжиниринга разрабатывает виртуальные модели и цифровые двойники производственных объектов, что позволяет анализировать и визуализировать производственные процессы. Инженеры-программисты создают алгоритмы управления и программное обеспечение для корректного функционирования моделей, а инженеры-конструкторы и специалисты по автоматизированным системам управления проектируют оборудование и настраивают системы, обеспечивая слаженную работу всех компонентов. Финальный этап работы осуществляется группой экономистов, которые анализируют рентабельность проектов и обосновывают целесообразность внедрения разработанных решений, способствуя оптимизации производственных процессов и повышению их эффективности.

Одним из ключевых направлений работы лаборатории является цифровое моделирование. Для этого используется программный пакет R-Про (Рациональное Производство), построенный по модульному принципу. Он сочетает простоту создания трехмерных моделей производственных участков, цехов и предприятий с возможностью визуализации результатов, учетом реальных технических показателей оборудования и специалистов, а также применением эффективных методов статистического анализа производственных процессов.

Основой цифрового инжиниринга являются цифровые двойники — виртуальные копии производственных объектов, которые позволяют оптимизировать процессы без вмешательства в реальное производство [2]. Эти модели помогают визуализировать работу системы, тестировать сценарии, предсказывать поведение объектов и выявлять проблемы на стадии проектирования. Для выполнения этих задач используется программный пакет R-Про (Рациональное Производство), который позволяет создавать трёхмерные модели производственных цехов, визуализировать их с учётом реальных характеристик оборудования и проводить статистический анализ.

Процесс разработки цифрового двойника включает несколько этапов, начиная со сбора и обработки данных. Для создания точной модели производственного объекта выполняется 3D-сканирование, что позволяет зафиксировать все характеристики помещения и оборудования. В случаях, когда полноценное сканирование невозможно, применяется фотограмметрия. В результате создается цифровая копия производственного участка, которая станет основой для дальнейшего моделирования. Например, для предприятия «Гродно Азот» была успешно создана цифровая модель производственного участка с применением комплексного 3D-сканирования.

После сбора данных создается каталог компонентов: оборудование, станки, линии и прочие элементы производства. Каждый объект моделируется с учетом его реальных параметров, включая размеры, вес и функциональные возможности. Так, разрабатываются 3D-модели, которые точно отражают поведение элементов в процессе работы, обеспечивая

реалистичное представление производственной системы. На рисунке 1 представлен общий вид зоны паллетизации готовой продукции.

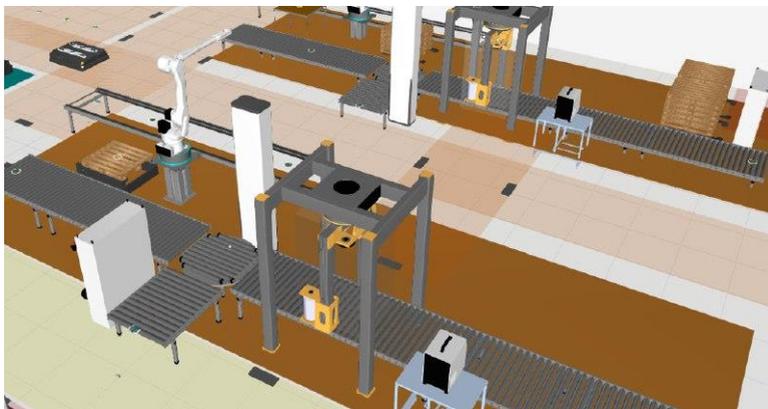


Рисунок 1 - Общий вид зоны паллетизации готовой продукции

На этапе прототипирования исследуются различные компоновки оборудования с целью оптимизации его взаимодействия и увеличения эффективности использования пространства. Тестируются несколько вариантов расположения, учитываются реальные ограничения помещения, создаются визуальные модели. Это позволяет избежать ошибок на этапах внедрения и выявить узкие места в производственном процессе, предлагая пути их оптимизации.

После этого происходит программирование логики работы цифрового двойника, что позволяет создать алгоритмы для моделирования всех производственных процессов. Это минимизирует ошибки и сокращает время на пуско-наладочные работы. Эксперименты с различными параметрами системы позволяют заранее выявить узкие места и оптимизировать маршруты, обеспечивая эффективную эксплуатацию. На рисунке 2 представлен общий вид производственного помещения



Рисунок 2 - Общий вид производственного помещения

Цифровой двойник позволяет проводить эксперименты с различными параметрами системы, моделируя сценарии под увеличенную нагрузку или измененные условия работы. Это дает возможность заранее обнаружить и устранить потенциальные узкие места, оптимизировать маршруты и скорости операций, минимизировать издержки. Таким образом, система становится готовой к эффективной эксплуатации даже в нестандартных условиях. На рисунке 3 представлен промышленный робот Kawasaki RS015X [3].

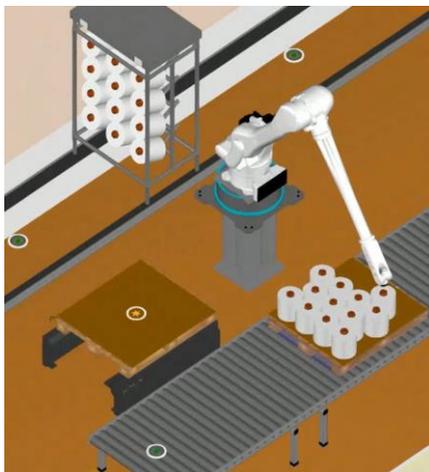


Рисунок 3 - Промышленный робот Kawasaki RS015X

На завершающем этапе формируется отчет, который включает структуру цифрового двойника, его настройки, параметры, рекомендации и перечень оборудования с характеристиками. Это позволяет заказчику получить всю необходимую информацию для реализации проекта и принятия обоснованных решений.

Заключение

Цифровые двойники становятся важным элементом современного производства, способствуя оптимизации процессов, снижению издержек и минимизации экологического следа. Внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые перспективы для создания гибких производственных систем. Лаборатория «Промышленная робототехника» Брестского государственного технического университета активно использует технологии цифрового моделирования, помогая предприятиям повышать эффективность и снижать затраты, а также обучая студентов современным технологиям автоматизации и роботизации.

Список использованных источников

1. Лаборатория робототехники БрГТУ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://robotics.bstu.by/partners/>. – Дата доступа: 03.10.2024

2. IT – Концерн | R-Про [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.r-p-c.ru/>. – Дата доступа: 03.11.2024

3. Kawasaki RS080N [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.robowizard.ru/products/industrial-robots/small-medium-payloads/kawasaki-rs080n/>. – Дата доступа: 03.11.2024

УДК 004.93

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ УГРОЗ В СИСТЕМАХ «УМНОГО» ГОРОДА

Е. М. Косарева, Д. В. Лихачевский

Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, Минск, Беларусь, e.kosareva@bsuir.by

In this article the description of the problem of recognizing potential anthropogenic threats is given. The methods used to recognize potential anthropogenic threats are analyzed.

Введение

Антропогенные угрозы представляют собой группу потенциальных угроз «умного» города, которые являются результатом реализации социальной опасности отдельных лиц или групп. Применение методов машинного обучения и нейросетевых алгоритмов позволяет повысить скорость и точность предиктивного обнаружения и реагирования на возможную реализацию социальной опасности.

Методы, применяемые для распознавания антропогенных угроз

Для распознавания антропогенных угроз в качестве исходных данных используется фото/видеопоток, получаемый из систем общественного видеонаблюдения.

Предиктивное распознавание потенциальных антропогенных угроз представляет собой трехкомпонентную задачу. Ввиду того, что оценку потенциальной опасности предполагается производить на основании анализа предыдущего криминального опыта (т.е. наличия/отсутствия конкретного лица в базе данных правонарушителей), а также текущего психоэмоционального состояния человека суть задачи сводится к следующим компонентам:

- обнаружение лица;
- извлечение признаков;
- оценка психоэмоционального состояния и прошлого криминального опыта (классификация).

Существует обширный набор методов для решения задачи обнаружения, однако в рамках настоящего исследования интерес представляют методы обнаружения по внешним признакам.

К классификаторам, решающим задачу обнаружения по внешним признакам, относятся:

- искусственные нейронные сети (Neural network: Multilayer Perceptrons);
- метод главных компонент (Principal Component Analysis (PCA));
- метод опорных векторов (Support Vector Machines (SVM));
- наивный байесовский классификатор (Naive Bayes classifier);
- скрытые марковские модели (Hidden Markov model);
- метод распределения (Distribution-based method);
- совмещение факторного анализа и метода главных компонент (Mixture of PCA, Mixture of factor analyzers);
- адаптированное улучшение и основанный на нём метод Виолы-Джонса и др [1].

Все перечисленные методы могут быть успешно применены для решения задачи больше обучающих пар, тем выше качество распознавания при том же соотношении размеров обучающей выборки и тестовой. При сравнении величины ошибки первого рода, было выявлено, что у нейросети она меньше по сравнению с *SVM*.

Одним из основных преимуществ *SVM* можно считать высокую скорость обучения алгоритма, а, следовательно, и возможность использовать для обучения достаточно большое количество векторов. Кроме того, ошибка первого рода у *SVM* меньше, чем у нейросети [2].

Исследование [3] показало, что алгоритм Виолы-Джонса может быть эффективно применен в системах слежения реального времени. В [4] была получена эффективность распознавания 98,4% для данного алгоритма. Вместе с тем алгоритм Виолы-Джонса возможно успешно применять для обнаружения любых объектов, при условии обучения классификатора и использования соответствующих задаче признаков.

Согласно [5], наиболее эффективными методами извлечения признаков являются методы на основе моделей внешнего вида. К методам на основе моделей внешнего вида относятся:

1 Фильтр Габора (Gabor filter) [6]. Он является классическим методом выделения черт выражений лиц, который позволяет выделить различные модели деформации для каждой эмоции [5]. Пример использования фильтра представлен в [7].

2 Локальный дескриптор Вебера (Weber local descriptor) [8]. Метод извлекает признаки в два этапа, первый этап разделяет изображение на локальные участки (рот, нос и т. д.) и нормализует изображения, второй этап извлекает отличительные текстурные признаки, используя ориентацию градиента, описывающую выражения лица [5].

3 Дискретное вейвлет-преобразование (Discrete wavelet transform, DWT) [9]. Метод извлекает текстурные признаки, разбивая исходное изображение на участки низких и высоких частот [5]. Например, авторы статьи [10] используют данный дескриптор.

Классификация является последней стадией в распознавания эмоций. На этой стадии осуществляется классификация извлеченных признаков на выражения лица: счастье, удивление, гнев, страх, отвращение, грусть и нейтральность.

К методам классификации эмоций можно отнести:

1 Метод опорных векторов (Support vector machine, SVM) строит гиперплоскость, разделяющую объекты выборки, чем больше расстояние между разделяющей гиперплоскостью и объектами разделяемых классов, тем меньше будет средняя ошибка классификатора [5]. Например, авторы в [11, 12, 13] используют метод SVM.

2 Многослойный перцептрон (Multilayer perceptron, MLP).

3 Многослойная прямая нейронная сеть (Multilayer feed forward neural network, MLFFNN).

4 Сверточная нейронная сеть (Convolutional neural network, CNN). В [5] была получена 90% точность работы данного алгоритма, при тестировании на наборе данных FERR.

5 Рекуррентная нейронная сеть (Recurrent neural network, RNN).

6 Комбинация сверточной и рекуррентной нейронных сетей.

Согласно результатам [5] при достаточном наборе обучающих данных лучшим методом классификации являются глубокие нейронные сети, так как они автоматически изучают и извлекают признаки из входных изображений, и обнаруживают эмоции на лице с более высокой точностью и скоростью в сравнении с другими методами.

Заключение

Задача распознавания потенциальных антропогенных угроз в общем случае является задачей классификации. Для ее решения применяются классификаторы, обученные на соответствующих данных исходя из специфики объекта обнаружения.

Для обнаружения лиц на фото/видеопотоке могут применяться такие методы как искусственные нейронные сети, метод опорных векторов, методы Виолы-Джонса и т.д. При сравнении нейросетей и метода SVM было выявлено, что нейросеть показывает лучшее качество распознавания при увеличении обучающих пар, а также имеет меньшую ошибку второго рода по сравнению с SVM. В то же время SVM обладает более высокой скоростью обучения и меньшим значением ошибки первого рода.

В ходе анализа имеющихся исследований было выявлено, что наибольшей эффективностью обладает метод Виолы-Джонса, демонстрирующий до 98% точности обнаружения. Данный метод имеет множество модификаций, одна из которых используется в библиотеке *OpenCV*.

Наиболее эффективными методами извлечения признаков для классификации эмоций являются методы на основе моделей внешнего вида, а в качестве классификатора лучше всего подходят сверточные нейронные сети. При тестировании сверточной нейронной сети на датасете *FERR* [5] была достигнута точность распознавания 90%.

Таким образом, анализ современных методов показывает, что комбинация классических методов машинного обучения и нейронных сетей является эффективным подходом к предиктивному обнаружению и оценке потенциальных антропогенных угроз «умного» города.

Список использованных источников

[1] Татаренков, Д.А. Анализ методов обнаружения лиц на изображении // Молодой ученый. – 2 015. – № 4 (84). – С. 270-276.

[2] Жданов Ф.М., Карасева М.Ю. Обнаружение лиц на изображении с помощью адаптивных методов / Компьютерная графика и Приложения(ГрафиКон'2006) Шестнадцатая Международная конференция: труды ГрафиКон'2006 (1-5 июля 2006 г., Новосибирск). – Н.: МГУ им. М.В. Ломоносова, – 2006.

[3] Тымчук, А.И. Метод Виолы-Джонса для распознавания объектов на изображении / А.И. Тымчук // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2017. – № 6. – С. 63-68.

[4] Чанг, Б.Т. Распознавание лиц на основе применения метода Виолы–Джонса, вейвлет-преобразования и метода главных компонент / Б.Т. Чанг, Ф.Н. Хоанг, В.Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – № 5. – С. 54-59.

[5] Рюмина Е.В., Карпов А.А. Аналитический обзор методов распознавания эмоций по выражениям лица человека / Рюмина Е.В., Карпов А.А. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 163-176.

[6] Ahsan T., Jabid T., Chong U.P. Facial expression recognition using local transitional pattern on Gabor filtered facial images / Ahsan T., Jabid T., Chong U.P. // IETE Technical Review. – 2013. – V. 30. – № 1. – P. 47-52.

[7] Бобе А.С., Коньшев Д.В., Воротников С.А. Система распознавания базовых эмоций на основе анализа двигательных единиц лица / Бобе А.С., Коньшев Д.В., Воротников С.А // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2016. – № 9. – С. 7.

[8] Li S., Gong D., Yuan Y. Face recognition using Weber local descriptors / Li S., Gong D., Yuan Y. // Neurocomputing. – 2013. – V. 122. – P. 272-283.

[9] Addison P.S. The illustrated wavelet transform handbook. / Addison P.S. // introductory theory and applications in science, engineering, medicine and finance. – CRC Press. – 2017. – 464 p.

[10] Nigam S., Singh R., Misra A.K. Efficient facial expression recognition using histogram of oriented gradients in wavelet domain // Multimedia Tools and Applications. – 2018. – V. 77. – № 21. – P. 28725-28747.

[11] Varma S., Shinde M., Chavan S.S. Analysis of PCA and LDA features for facial expression recognition using SVM and HMM classifiers. Techno-Societal 2018. Proc. 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications, vol. 1, 2020, pp. 109-119.

[12] Dino H.I., Abdulrazzaq M.B. Facial expression classification based on SVM, KNN and MLP classifiers. Proc. International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE 2019), Zakho-Duhok, Iraq, 2019, pp. 70-75.

[13] Tripathi A., Pandey S. Efficient facial expression recognition system based on geometric features using neural network / Tripathi A., Pandey S. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2018, vol. 10, pp. 181-190.

УДК 378.2+51.7+004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Т. В. Зыкова, Ю. В. Вайнштейн, М. В. Носков

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия, zkovatv@mail.ru

The paper discusses an approach to analyzing the curricula of educational programs of higher education in the context of current federal state educational standards. Based on the competency-based approach, a model for representing the curriculum in the form of a mixed graph is proposed. This approach will be used to create automated tools for assessing the quality and comparative analysis of educational programs. Visualization of the graph representation is carried out using a set of plugins from the open source software package Gephi, developed in Java (NetBeans platform).

Введение

Одной из важнейших задач реализации образовательной программы в вузе выступает оценка сформированности образовательных результатов. Несмотря на интенсивный рост интереса к развитию и применению инструментов анализа данных и учебной аналитики в этой области, единого подхода к решению этой задачи в настоящее время не существует. В связи с необходимостью решения данной задачи актуальность приобретает поиск методов и технологий измерения уровня сформированности компетенций образовательной программы [1]. Важным этапом на этом пути является анализ процесса формирования этих компетенций, позволяющий моделировать и визуализировать все этапы, которые необходимо пройти обучающемуся для достижения поставленных образовательных результатов: формирования набора компетенций, закладываемых в учебный план (УП) образовательной программы (ОП). Целью данной статьи выступает создание подхода к моделированию и визуализации данных учебных планов образовательных программ вуза на основе теории графов.

Графовая модель

Представим модель формирования образовательных результатов, заложенных в УП при его разработке. За основу возьмем подход, представленный авторами в [2, 3], но будем учитывать, что математическая

модель должна представлять собой структуру данных, содержащую сведения об образовательных результатах обучающихся в разрезе осваиваемых дисциплин, времени и составляющих компетенций ОП. УП формирует множество общепрофессиональных компетенции ОПК, универсальных компетенции УК, а также профессиональные компетенции ПК. Каждая дисциплина, заложенная в УП, может участвовать в формировании от одной до нескольких компетенций. Обратим внимание, что разработчики ОП при проектировании УП самостоятельно решают какие именно компетенции будут освоены при изучении различных дисциплин тем самым определяя и закладывая в УП временные рамки освоения образовательных результатов, а также формируя кластеры связанных между собой дисциплин.

По своей сути освоение ОП по предписанному УП определяет задачу планирования. Для моделирования таких задач могут быть использованы смешанные графы. Задача моделирования УП представляет собой некое подобие дизъюнктивного графа, поскольку ненаправленные ребра могут быть интерпретированы как одновременно выполняемые задачи, а направленные – разделенные каким-либо временным интервалом. Кроме того, граф, определяющий УП будет содержать независимые задачи.

Представим УП в виде смешанного графа $G = (V, E, A)$, где V — множество вершин, определяемое списком дисциплин, заложенных в УП, $E \subset \{uv: u, v \in V\}$ — набор неориентированных ребер, $A \subset \{\overline{uv}: u, v \in V\}$ — набор направленных ребер (дуг), где u - хвост, а v – голова дуги. Обозначим за N общее количество дисциплин, реализованных в УП. Каждой дисциплине – вершине графа v_k будет соответствовать множество компетенций $\{K\}_{v_k}$, заложенных в данную дисциплину. Под ребром графа G будем понимать междисциплинарную связь, определяемую пересечением множеств $\{K\}_u$ и $\{K\}_v$, когда две дисциплины УП участвуют в формировании одной или нескольких одинаковых компетенций. Ребро существует, если $\{K\}_v \cap \{K\}_u \neq \emptyset$. Ребро графа uv будет являться неориентированным, если дисциплины УП (вершины графа) реализуются одновременно, то есть в одних временных рамках, например, учебного семестра или курса. Ориентированным ребром \overline{uv} будем считать такое ребро, когда дисциплины УП (вершины графа) имеют временные приоритеты, то есть дисциплины должны быть реализованы в разные временные промежутки (семестры или курсы).

Поскольку в УП на реализацию различных дисциплин закладывается различное количество часов и зачетных единиц (зе), то определим вес w_{vu} для ребра [2]. Обозначим через ze_v количество зачетных единиц, отведенное некоторой дисциплине УМ, соответствующее вершине графа v . Пусть $\sum ze$ – это общее количество зачетных единиц, отведенное на реализацию УП, тогда удельный вес зачетной единицы можно вычислить как $УДВ_{ze} = \frac{N}{\sum ze}$, если предположить равнозначность зачетных единиц. Таким образом, определим вес ребра (ориентированного, а также неориентированного) как

$$w_{uv}(\overline{uv}) = \frac{1}{2 \text{УДВ}_{\text{зе}}} (\text{зе}_v + \text{зе}_u) |\{K\}_v \cap \{K\}_u|,$$

где вес ребра определяется как среднее арифметическое зачетных единиц, соответствующих вершинам ребра, принимая во внимание $\text{УДВ}_{\text{зе}}$, а $|\{K\}_v \cap \{K\}_u|$ — мощность множества пересечения количества компетенций, заложенных в дисциплины, соответствующие вершинам графа v и u . Здесь стоит отметить, что если дисциплине плана соответствует несколько компетенций, реализуемых в УП, то на данный момент программное обеспечение для создания УП не позволяет закладывать возможности неравнозначности компетенций для дисциплины, при необходимости, может быть модифицирован, если определить относительный вклад компетенций в саму дисциплину.

Смешанный граф G , определяемый УП будет являться простыми ациклическим, так как не будет содержать петель, кратных ребер и циклов.

Визуализация модели

Отдельной задачей является визуализация УП, представляющего собой смешанный граф G . Существует множество подходов к визуализации графов [4]. В данной работе предлагается подход к визуализации модели УП на основе комбинации плагинов пакета программного обеспечения для сетевого анализа с открытым исходным кодом Gephi 0.10.1, разработанный на Java (платформа NetBeans).

Приведем пример работы с небольшим смешанным графом (21 вершина, 84 ориентированных и неориентированных ребер). Также граф содержит вершину без связей. В реальной задаче анализа УП такая графовая модель будет содержать около 60 вершин, отражая количество дисциплин, заложенных в УП. Для отрисовки графа была применена следующая последовательность действий:

1) Применение плагина Force Atlas 3D. Данный плагин был разработан и представлен в начале 2023 г. Визуализация в 3D-пространстве позволяет избегать излишнего эффекта наложения узлов, точнее понимать закономерности и структуру исследуемого объекта. На рисунке 1 представлена графовая модель до обработки (слева) и после применения плагина (справа).

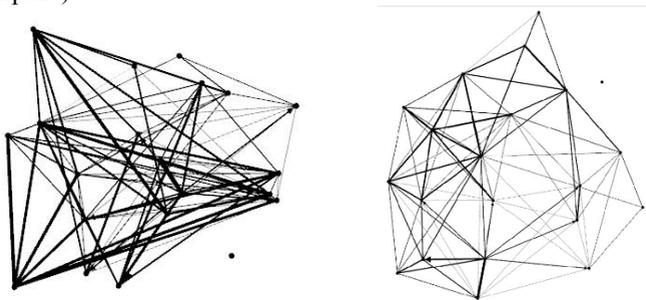


Рисунок 1 – Графовая модель до и после применения плагина

2) Настройка графовой модели, включающая в себя применение ранжирования узлов графа по степеням, отрисовки ребер с учетом их весов, использование свойства модулярности и кластеризации. Результат преобразований представлен на рисунке 2.

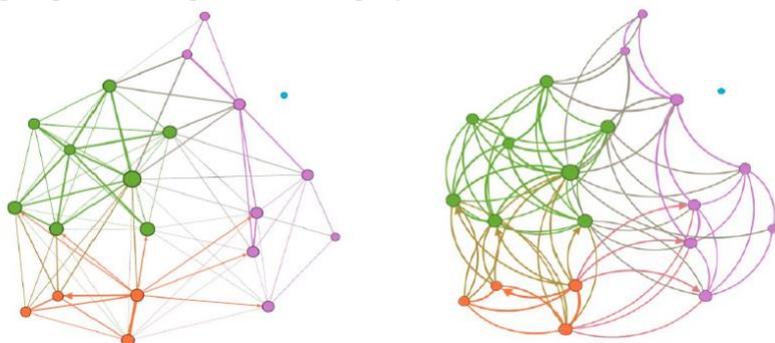


Рисунок 2 – Графовая модель после выполнения второго этапа

3) Применение плагина Network Splitter 3D. Этот плагин позволяет разделить макет графа на отдельные слои, которые являются определяемыми кластерами какой-либо переменной, их можно использовать в процедурах ранжирования и/или разделения. Network Splitter 3D вычисляет и сегментирует уровни относительно значений с любыми диапазонами. Результат сегментирования по курсам изучения дисциплин на рисунке 3.

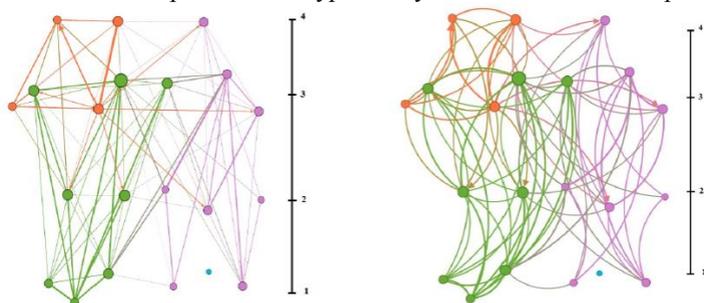


Рисунок 3 – Визуализация итогового этапа обработки графовой модели

Заключение. Представление данных УП в виде смешанного графа делает более наглядной общую структуру УП, демонстрирует поэтапность формирования образовательных результатов, способствует пониманию междисциплинарных связей, заложенных при проектировании УП образовательной программы.

Предложенная модель и подход к визуализации графowego представления позволяет осуществлять сравнительный анализ различных ОП для выявления более сбалансированных решений с точки зрения структурирования УП для повышения качества проектирования новых ОП или модернизации существующих.

Список использованных источников

1. Вайнштейн, Ю. В. Оценка сформированности профессиональных компетенций в цифровой среде вуза / Ю. В. Вайнштейн, Р. В. Есин // Информатика и образование. – 2020. – Т. 315, № 6. – С. 52-60. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-6-52-60.
2. Зыкова, Т. В. Применение силового алгоритма визуализации графов для анализа учебных планов образовательных программ высшего образования / Т. В. Зыкова, А. А. Кытманов, М. В. Носков, Е. А. Халтурин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2023. – Т. 19, № 1. – С. 104-116. DOI: 10.25559/SITITO.019.202301.104-116.
3. Зыкова, Т. В. О графовой модели учебного плана образовательной программы / Т.В. Зыкова, Ю.В. Вайнштейн, М.В. Носков // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : Материалы VIII Международной научной конференции: в трех частях. Том Часть 1, Красноярск, 24–27 сентября 2024 года. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2024. – С. 109-113.
3. Jacomy, M. ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software / M. Jacomy, T. Venturini, S. Heymann, M. Bastian // PLOS ONE. – 2014. –V. 6, № 9. – P. e98679. DOI: 10.1371/journal.pone.0098679.

УДК 004.67

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРА И АНАЛИЗА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Е. А. Алуев

АТЕК, Брест, Беларусь, alooeff@atek.dev

A method for collecting and analyzing data from standard and additional sensors, as well as the truck CAN bus, was developed, on the basis of which a method for intelligent data analysis was created and tested at an operating transport company. The result of the method is an analytical assessment of the driver and vehicle performance during a trip. It allows identifying events of violation of traffic rules, the AETR convention, operating rules and technical condition of vehicles.

Введение

В настоящее время мировой объем автомобильных грузоперевозок неуклонно растет [1]. Выполнение этих грузоперевозок невозможно без использования водителей и транспортных средств (ТС).

В 1993 году Республики Беларусь присоединилась к Европейскому соглашению, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР). Оно регламентирует режим труда и отдыха водителей, который контролируется дорожной полицией в странах, присоединившихся к нему [2].

Для минимизации таких материальных издержек эксплуатации ТС, как расход топлива (затраты на него составляют около 40% всех затрат в грузоперевозках), износ тормозных систем и автошин предприятия стимулируют водителей разными методами, однако для эффективного анализа этих мер и результата их использования необходим комплексный подход в оценке качества работы водителя.

Для решения этих задач, а также с учетом подходов к созданию интеллектуальных систем [3] и с учетом достижений проекта euroFOT [4] была разработана методика сбора и анализа телеметрических данных работы водителя и транспортного средства [5][6], получаемых от автомобиля во время его работы.

Постановка задачи

Целью проекта является разработка методики, которая позволит:

- Производить фильтрацию и анализ собранных оперативных данных и выделять отдельные события, такие как стоянка, движение, маневрирование и пр.
- Производить анализ полученных событий и данных о дорожной обстановке для оценки работы водителя во время движения.
- Производить анализ собранных оперативных данных для выявления нарушений режима труда и отдыха для повышения безопасности работы.
- Производить анализ оперативных и архивных данных для определения “стиля” вождения каждого водителя и выдачи рекомендаций по улучшению этого стиля в целях улучшения безопасности и экономии материальных ресурсов предприятия - перевозчика.

Существуют работы по сбору некоторых данных о водителе и автомобиле при помощи смартфона [7], однако они имеют ряд таких недостатков, как низкая надежность, зависимость от электропитания и низкая защита от вмешательства в их работу самим водителем.

Исходные данные

Для работы алгоритма используются телеметрические данные, собранные программно-аппаратными системами, которые:

- Собирают техническую информацию об автомобиле, его узлах и расходных материалах (Топливо, жидкость AdBlue) и информацию по передвижению автомобиля по автодорогам (GPS/ГЛОНАСС);
- Передают собранную информацию по беспроводным каналам связи на телематический сервер для хранения, обработки и анализа;

Для данной разработки использовано устройство FM4200 компании Teltonika [8] со следующими возможностями:

- Определение координат при помощи системы GPS [9];
- Сбор информации от дополнительных аналоговых датчиков, например, датчиков уровня топлива в баках;
- Сбор информации от дополнительных импульсных счетчиков для получения информации об объеме топлива на входе в топливную систему из бака и на выходе из нее в бак (так называемая «обратка»);
- Сбор информации от встроенного в устройство акселерометра.
- Сбор информации от внешнего датчика вибрации.
- Датчик нагрузки на ось;
- Передача полученной информации посредством GPRS-трафика на телематический сервер;
- Для контроля бортовых систем автомобиля, используется подключение устройства к бортовой CAN-шине [10]. С нее собираются данные о скорости транспортного средства, уровне топлива в основном баке, данные о работе цифрового тахографа.

Методика оценки работы водителя

Для анализа эффективности работы водителей в части бережного использования топлива и тормозной системы разрабатывается методика выставления баллов и по ней производится анализ. Использование методики позволит анализировать достоинства и недостатки разных стилей вождения, ситуации на дорогах и возможность минимизировать затраты при их возникновении.

Критерии оценки

Для создания методики оценки эффективности езды выбраны критерии для анализа:

- Равномерная скорость движения;
- Поддержание экономичных оборотов двигателя;
- Средняя скорость движения;
- Движение с превышением скорости;
- Использование педалей газа и тормоза;
- Разгон и торможение;
- Использование помощников торможения (ретардер);
- Движение с постоянной скоростью (накатом);
- Остановки (ТС без движения);
- Использование (или отключение) ассистентов водителя;
- Сложность маршрута и его рельеф;
- Оценка оптимальности выбранного маршрута.
- Боковое ускорение;
- Движение с включенной блокировкой ведущего моста;
- Движение по искусственным неровностям (более 10 км/ч);
- Движение по неровной дороге с большой скоростью (в зависимости от показаний датчика вибрации);
- Движение с давлением в шинах, не соответствующем требованиям завода-изготовителя;

Исходные данные

Исходными данными системы являются исходные (наблюдаемые) параметры состояния и работы ТС. После предварительной обработки система имеет окончательные (обработанные) параметры, по которым происходит дальнейший анализ работы водителя и ТС.

Некоторые параметры имеют заданные предельные значения. Причем значения есть как статические (например, максимальные и минимальные обороты двигателя), так и динамически зависящие от других параметров (например, давление в шинах и зависимость его предельных значений от температуры наружного воздуха).

Предварительный анализ данных

Доступ к данным и их обработка осуществляется в соответствии с разработанным алгоритмом. На первом этапе производится предварительная обработка собранных данных (профайлинг) с датчиков и CAN-шины с целью оценки их качества, и при необходимости применения к ним средств фильтрации данных: заполнение пропусков, подавление аномальных значений, исключение дубликатов и противоречий. Для устранения погрешности измерений, которые представляют собой «шум» в данных, производится анализ и устранение заведомо некачественных данных (выход значений за допустимые пределы, пропуски в данных, резкие нереальные изменения некоторых параметров, например, из-за «дребезга» контактов механических датчиков).

Работа с наблюдаемыми и расчетными параметрами

Некоторые параметры предварительно обрабатываются для получения расчетных параметров на основании вариаций вектора изменения наблюдаемых параметров. Например, скорость движения, показания акселерометра позволяют вычислить прямое и поперечное ускорения, а обороты двигателя, скорость ТС и номер передачи КПП позволяет вычислить нагрузку на двигатель.

Алгоритм оценки вождения

Для оценки стиля вождения водителя происходит анализ его действий по управлению ТС (ускорение, замедление, маневрирование, поддержание определенных оборотов двигателя) применительно к допустимым параметрам движения (загрузка ТС, максимально допустимая скорость, загруженность дорог, состояние дорожного покрытия). Алгоритм реализован в пять основных этапов:

- Предварительная обработка собранных данных (профайлинг) с датчиков и CAN-шины с целью оценки их качества, и при необходимости применения к ним средств очистки данных: заполнение пропусков, подавление аномальных значений, исключение дубликатов и противоречий.
- Классификация таких событий поездки как разгон, равномерная езда, торможение, остановка, стоянка;
- Анализ маршрута и дорожной обстановки;
- Классификация таких действий водителя, как расход топлива, движение в потоке, агрессивность езды и соблюдение ПДД и ЕСТР;
- Анализ критериев применительно к выявленным событиям с учетом их веса и длительности.

Результатом работы алгоритма является количественные оценки таких характеристик, как агрессивность вождения, бережность обращения с ТС, экономность распоряжения топливом и выбор оптимального пути и времени движения. Полученные данные позволяют оценить работу водителя по сравнению с другими водителями (после сбора достаточного количества статистики по рейсам), так и выявить нарушения ПДД, ЕСТР и правил эксплуатации ТС.

Сегментирование событий

Для упрощения обработки данных маршрут движения разбивается на сегменты, которые обрабатываются по отдельности для классификации событий во время управления ТС, а затем как единое целое – для классификации действий водителя по время рабочей смены.

Выявление и классификация событий во время управления ТС

Производится классификация таких событий поездки как начало движения, разгон, движение с постоянной скоростью, торможение, движение накатом, маневрирование в движении, маневрирование на стоянке, остановка и отдых.

Для каждого события в системе задан вес, который при анализе данных, вместе с продолжительностью события, влияет на результат критерия.

Анализ маршрута

Производится анализ выбранного водителем маршрута на предмет дорожной обстановки (транспортные заторы, дорожные ограничения) для анализа, насколько скорость движения ТС соответствует разрешенной на отдельных участках пути с использованием данных WebAPI от ООО «МИТ» [11].

Классификация действий водителя во время работы

Производится классификация действий водителя, связанных с выполнением рейса:

- Заправка топливом;
- Расход топлива в пределах нормы;
- Расход топлива сверх нормы;
- Слив топлива;
- Движение со скоростью потока;
- Агрессивность езды;
- Нарушение ПДД;
- Нарушение режима эксплуатации ТС;
- Нарушение технического состояния ТС;
- Нарушение конвенции ЕСТР;
- Невыработка рабочего времени.

Анализ статистики вождения

На основании данных за текущий и предыдущие рейсы производится анализ статистики вождения в разрезе маршрута, автомобиля, водителя. Результатом анализа являются вычисленные рейтинг поездки и стиль вождения водителя.

Система имеет возможность анализировать статистику как в пределах работы одного водителя, так и нескольких. В первом случае удается оценить изменение стиля на шкале времени в зависимости от маршрута. Во втором случае можно сопоставить стили вождения разных водителей на одних и тех же маршрутах, но принимая во внимание изменение дорожной обстановки (заторы, сезонные ограничения).

Применение на практике

Описанный способ сбора и анализа данных о работе водителей и транспортных средств была применена на практике. Результатом запуска системы стал больший объем данных для анализа. В результате проведения этого анализа были выявлены ряд кадровых, технических и организационных вопросов. Они были проанализированы и по результатам были приняты решения, позволяющие улучшить работу автотранспортного предприятия как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Заключение

Разработана методика анализа оценки работы водителя и ТС на основе данных, получаемых от грузового автомобиля. В дополнение к событиям управления ТС и поведения на дороге и работы водителем получена возможность анализа маршрута. Согласно [12], заметна положительная динамика в соблюдении ПДД и использования более плавного стиля езды после внедрения таких систем оценки вождения.

Практическое применение методики показало потенциал расширения функций в части сбора еще большего количества данных с CAN.

Список использованных источников

- 1 Глобальные показатели целей в области устойчивого развития (ЦУР) для стран Европейской экономической комиссии ООН: Объем грузоперевозок (автомобильный транспорт), тонна-километры.
<https://w3.unece.org/SDG/ru/Indicator?id=88>
- 2 Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 ноября 1992 г. № 721 О присоединении РБ к международным договорам, регламентирующим перевозку грузов в международном автомобильном сообщении
<https://etalonline.by/document/?regnum=c29200721>
3. Шуть В.Н. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В.Н.Шуть, Л.Персия – Брест: Издательство УО «БрГТУ». 2017.-230с.- ISBN 978-985-6744-41-2
4. Benmimoun M., Incident Detection Based on Vehicle CAN-Data within the Large Scale Field Operational Test “euroFOT”. Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University
5. Alooef E. ML Based Methodology of the Truck Driving Evaluation // Proceedings of 2nd International Conference on Mechanical Engineering and Power Engineering (MEPE) 2023 Wuhan, China pp.26-29.
6. ГОСТ 19619-74 Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. — 1975

7. Лашков И.Б. Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона. Информационно-Управляющие Системы 4(89)б 2017 с.7-17

8. Руководство пользователя FM4200 <https://www.euromobile.ru/upload/iblock/5c0/5c0e969470cfb9983dc220e54aabab50.pdf>

9. Global Positioning System: Papers Published in Navigation, Institute of Navigation, 1980.

10. ISO 11898-1:2015 Road vehicles. Controller area network (CAN) <https://www.iso.org/standard/63648.html>

11. WebAPI <https://probki.net/b2b/webapi.html>

12. Блог Лаборатории Умного Вождения <https://smartdriving.io/blog/kak-telematika-vliyaet-na-stil-vozhdeniya-avtomobilya/>

УДК 004.77

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИИ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ

А. О. Заречный, И. А. Иванищева

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
adrian_zare@mail.ru

Time series data is a valuable resource for analyzing various processes but can be challenging to work with due to the presence of anomalies. Autoencoder neural networks offer an effective solution for detecting these outliers by compressing and reconstructing data, identifying deviations. This approach is particularly useful in fields like finance, where anomaly detection help manage risks and improve decision-making.

Введение

Временные ряды – вид информации, являющийся крайне информационно-емким ресурсом для изучения различных процессов. Их наличие можно обнаружить во многих, как научных, так и бытовых сферах деятельности. Временные ряды является отношением выборки n -мерных данных к изменению переменной времени [1].

Анализ и обработка данных временных рядов в некоторых случаях может быть трудоемким процессом. Существует множество статистических методов для преобразования временных данных в информацию и знания. Но не всегда временные данные отражают действительность. Одной из существенных помех являются выбросы(аномалии) данных, появляющиеся в следствии различных причин: от несовершенства измерительных приборов до геополитических влияния.

Основная часть (должна иметь название)

С точки зрения данных, аномалия – это значение, не подчиняющееся общему тренду на данном временном промежутке. Как бы не были совершенны алгоритмы анализа, не всегда представляется возможным отсеять аномалии.

В виду развития искусственных нейронных сетей, задача отсеивания выбросов, стала решаться проще. Так одной из возможностей автоэнкодерных нейронной сети является способность к обнаружению аномалий. Автоэнкодер – архитектура нейронной сети, характеризующаяся прямым и обратным преобразованием данных. Автоэнкодер состоит из энкодера и декодера. При прямом преобразовании данных происходит сжатие информации до необходимого количества компонент, которые позволяют вобрать в себя главные признаки, которые наиболее полно отображают сжимаемые данные. При обратном распространении происходит восстановление данных до исходного размера, которые с некоторой допустимой погрешностью отражают данные до сжатия [2, 3].

Преимущества автоэнкодера для анализа данных состоит в методе обучения – обучение без учителя. Данный метод подразумевает, что нам нет необходимости предварительно размечать данные, что существенно снижает требования к применению задачи на различных наборах данных. Архитектура, представленная на рис. 1, сжимающей и восстанавливающей части предполагает использование нелинейных преобразований, которые и позволяют наиболее точно сжимать данные в сравнении с статистическими методами, такими как, к примеру, метод главных компонент.

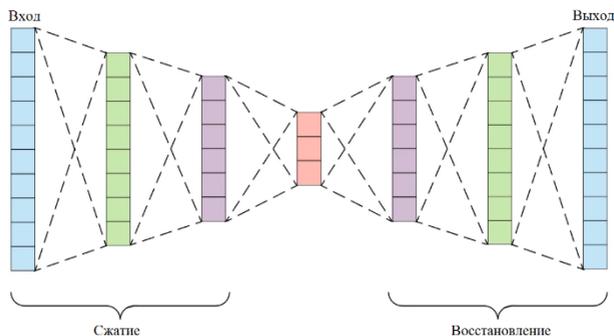


Рисунок 1 – Архитектура автоэнкодерной нейронной сети

Задача выявления аномалии при помощи автоэнкодера подразделяется на 2 глобальных этапа: обучение автоэнкодерной сети и выявление аномалий. Обучение производится на данных, не содержащих аномалии, что позволяет сети обучиться выявлять наиболее значимую информацию. Выявление аномалий же сводится к следующим шагам: сжатие входных данные, восстановление сжатых данных и сравнение их с исходными при помощи существующих метрик вычисления ошибки восстановления, к примеру, среднеквадратическое отклонение (1). Увеличение ошибки свидетельствует о наличии в

данных выбросов, что не свойственно данным, на которых происходило обучение.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2, \quad (1)$$

где n – размер входных данных,

x_i – компонента образа, подаваемого на автоэнкодер,

\bar{x}_i – компонента образа, полученного на выходе автоэнкодера.

Важным примером применения методов выявления аномалий во временных рядах является работа с финансовыми данными. Финансовые временные ряды, такие как цены акций, валютные курсы или процентные ставки, подвержены существенным колебаниям из-за множества факторов: изменений на рынке, новостей, экономических событий и даже неожиданных кризисов. В таких данных выбросы могут свидетельствовать о значительных изменениях.

Применение автоэнкодеров для анализа финансовых временных рядов становится полезным инструментом для выявления этих аномалий. Важно не только распознать аномалии, но и правильно их интерпретировать. Это позволяет снизить риски и корректировать торговые стратегии. Анализ исторических данных позволяет выявлять потенциальные риски и отклонения от нормального тренда, которые могут сигнализировать о возможных проблемах или новых возможностях на рынке [4].

Преимущества: применение автоэнкодера для выявления аномалий позволяет отфильтровать данные для применения в дальнейшем, снижая возможности принятия нерациональных решений в виду нестабильности исходных данных. Так же позволяет выделять временные участки, на которых поведение данных не стабильно, что может быть полезно для выявления корреляции между различными процессами.

Недостатки: необходимо располагать достаточным объемом данных, не содержащих аномалии, что не всегда является возможным.

Заключение

Выбросы данных во временных рядах могут существенно влиять на анализ данных и игнорирование их обработку может кардинально поменять картину представления о ситуации, характеризуемой этими данными. Автоэнкодерные сети – один из возможных вариантов фильтрации данных, который уже на данный момент показывает хорошие результаты, хоть и имеет свои ограничения.

Список использованных источников

1. Михняев, А. Л. Обнаружение аномалий в данных технологического процесса / А. Л. Михняев, А. В. Пархоць, И. В. Абоимов, Д. А. Дворанинович // Цифровая среда: технологии и перспективы. DETP 2022, Брест, 31 октября 2022 / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 62–65.

2. Головки В. А. Нейросетевые методы обработки хаотических процессов // VII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика. – 2005. – С. 43-91.

3. Головки, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учебное пособие / В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. – Минск : Белорусский государственный университет, 2017. – 263 с. – (Классическое университетское издание). – ISBN 978-985-566-467-4. – EDN GLVGIE.

4. Charu C. Aggarwal Outlier Analysis. - 2 изд. - New York: Springer International Publishing AG, 2017. - 465 с.

УДК 004.932

АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКИХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

Е. Р. Адамовский

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь, e.adamovsky@psu.by

The paper reviews existing methods for detecting smoke in video images, taking into account accuracy and performance. Smoke images and their sequences have visual features: specific brightness and color characteristics, indefinite shape, directed low-speed movement, reduction in the energy of high-frequency background components. Approaches that use and combine these features to achieve high accuracy of smoke detection are analyzed, and their advantages and disadvantages are highlighted.

Компьютерное зрение широко применяется в различных прикладных направлениях и позволяет успешно автоматизировать многие задачи. Среди них высокую актуальность имеет автоматическое детектирование дыма, в том числе, в условиях открытого пространства, где применение традиционных датчиков дыма не представляется возможным. Для решения этой задачи перспективен анализ данных видеонаблюдения.

Дым визуально характеризуется: широким диапазоном яркостно-цветовых характеристик; различной плотностью, в зависимости от которой изменяется видимость объектов на динамической сцене; неопределенностью формы; медленным движением [1, 2]. При видеонаблюдении происходит преобразование трехмерного реального изображения в отображаемое на кадре двумерное, что приводит к потере важной информации при выделении признаков. Данные особенности и ограниченность вычислительных ресурсов аппаратных средств привели к созданию ряда подходов обнаружения с учетом анализируемой динамической сцены и решаемой задачи.

В работе [3] алгоритм требует анализа видеокадров путем выделения связанных областей по признакам движения и цвета в пространстве YUV с применением морфологической обработки. Результирующие области обрабатываются мультискерпентной системой. Авторы отмечают точность детектирования около 90%, которая может быть повышена за счет анализа большего количества признаков.

В работе [2] предложен частотный анализ для получения дополнительных признаков путем вейвлет-преобразования исходных кадров с целью выделения областей, для которых выполняется условие падения энергии высокочастотных (ВЧ) компонент. Кроме этого, в [2] анализируется поведение границ дыма с помощью скрытой марковской модели. Особенностью алгоритма является то, что дым с его помощью может быть обнаружен с высокой степенью вероятности, когда он возникает перед детализированными объектами.

Частотный анализ способен повысить точность детектирования при его комбинации с другими методами. Такой алгоритм описан в [4], он использует признаки уменьшения резкости объектов, движения, направления, цвета, и реализует оценку направления движения связанных областей, что позволило улучшить точность обнаружения, поскольку дым состоит из продуктов горения, которые, как правило, увлекаются восходящими потоками воздуха от источника возгорания. Общим недостатком работ [3, 4] является ограниченная оценка направления движения дыма, которая может определить его только в одном из трех направлений: вертикально и под углами $\pm 45^\circ$.

В [5] предложен подход, при котором анализируются цвет, форма и пиксельная структура границ связанных объектов. Авторы рассматривают актуальную проблему низкой производительности многоэтапных алгоритмов детектирования и предлагают использовать для ускорения обработки технологию параллельных вычислений CUDA на графических процессорах, с помощью которой показано повышение скорости в несколько раз по сравнению с вычислениями на центральном процессоре, обеспечив режим работы алгоритма в реальном времени. Однако специфика многих алгоритмов детектирования не всегда позволяет эффективно разделять их шаги на параллельные потоки.

Для обнаружения областей дыма применяются сверточные нейронные сети (СНС), включая архитектуры ResNet, DenseNet, а также специальные архитектуры [6, 7], которые направлены на уменьшение размера обучаемых моделей с целью повышения их быстродействия. В работе [6] предлагаемая искусственная нейронная сеть (ИНС) имеет три слоя свертки (convolution) и четыре полносвязных слоя (dense), а обученная модель занимает объем памяти всего 8 МБ. Также в области визуального детектирования пожаров применяются СНС класса YOLOv2 [8], YOLOv3-v8 [9] с покадровым анализом видеоданных. Общим недостатком алгоритмов на основе ИНС является необходимость в большой базе данных с реальными изображениями, полученными в различных условиях и фоновых вариациях [9, 10]. Кроме этого, необходимо учитывать признаки движения объектов, что приводит к значительному усложнению архитектур СНС и увеличению времени обработки и обучения. Соответственно, для эффективного применения в режиме реального времени СНС используются автономные специализированные вычислители или нейроускорители.

Обучаемые классификаторы применяются после алгоритмического выделения признаков. В работе [11] используются фильтр Калмана и СНС, детекторы движения и цветовых характеристик. Однако такой подход не демонстрирует высокую точность по сравнению с аналогичными решениями и обладает низкой производительностью. Работа [12] посвящена развитию алгоритма из [11] и включает дополнительно контурный и пространственно-временной анализ, что позволяет исключить не содержащие дым области на первых этапах алгоритма с целью снижения нагрузки на классификаторы. Описанный алгоритм позволяет достичь большей точности детектирования дыма по сравнению с подходом из [11], однако не способен обеспечить работу в режиме реального времени на одноплатных компьютерах Raspberry Pi или Jetson Nano (JN), которые перспективны для реализации дополнительных функций в распределенных системах компьютерного зрения без изменения их архитектуры [7].

Алгоритмы, направленные на одновременное обнаружение визуальных признаков пожара, дыма и пламени [13, 14], позволяют уменьшить общие вычислительные затраты, однако характеризуются меньшей точностью детектирования. Напротив, учитывающие множество признаков методы способны достигать высоких значений точности, но имеют низкую производительность [15]. Поэтому алгоритмы, выполняющие детектирование дыма, должны обладать хорошими качественными характеристиками, которые могут быть обеспечены только при учете многих признаков для раннего обнаружения, и низкими вычислительными затратами.

Сравнение точности и производительности рассмотренных алгоритмов представлено в таблице. Указаны стандартные метрики: процент ложноположительных (FP) и ложноотрицательных (FN) срабатываний, ассгау (ACC), recall (REC), precision (PREC) и F₁-score.

Таблица – Сравнение характеристик существующих алгоритмов детектирования дыма в реальном времени

Метод	Метрики точности, %						Производительность, к/с
	FP	FN	ACC	REC	PREC	F ₁	
LBP-SVM [15]	0	2.2	97.8	-	-	-	0.2 (240p, Xeon E5-1620)
Wavelet-k-NN [15]	0.5	2	97.4	-	-	-	
Lightweight CNN [7]	1.9	0.8	97.9	97.2	98.3	97.7	24 (Pi4)
FireNet [6]	1.2	2.3	96.5	97.5	95.5	96.5	-
YOLOv2 [8]	3.4	2.9	96.8	97	97	95.4	21 (1080p, JN)
R-CNN [8]	8.5	0	96.5	-	-	-	-
De-Lascio et al. [3, 8]	13.3	0	92.9	-	-	-	-
Fu et al. [8, 10]	14	8	91	-	-	-	-

Продолжение таблицы

Метод	Метрики точности, %						Производительность, к/с
	FP	FN	ACC	REC	PREC	F ₁	
Filonenko et al. [5, 8]	-	-	85	96	85	90	-
CWC-YO-LO v5s [9]	-	-	-	88.1	91.8	90	43 (GTx1050)
Gagliardi et al. [11]	-	-	84.4	-	86.4	88.4	3 (480p, Pi3) 18 (480p, JN)
Advised [11, 12]	-	-	85	-	88.9	87.5	1 (720p, Pi3)
YOLO v5s [9]	-	-	-	83.5	90.4	87	46 (GTx1050)
YOLOv8 [9]	-	-	-	77.1	91.2	84	41 (GTx1050)
SSD [9]	-	-	-	81.3	85.3	83	52 (GTx1050)
YOLOv3 [9]	-	-	-	77.1	75.5	76	50 (GTx1050)
YOLOv7 [9]	-	-	-	69.1	73.4	71	12 (GTx1050)

Таким образом, с учетом минимизации вычислительных затрат и обеспечения высокой точности обнаружения с низким уровнем ложных тревог является построение алгоритма, включающего этапы: детектирование движения; пространственно-временной анализ для движущихся областей; цветовая сегментация с целью выделения предварительных областей, которые могут содержать дым. Данные шаги направлены на обеспечение минимизации пропуска областей с дымом, не допуская вероятности ложного обнаружения.

Затем для таких областей может быть применен анализ наличия ВЧ компонент и изменения контраста на кадрах видеопоследовательности с учетом фона контролируемой динамической сцены. Такой подход позволит выявить регионы, в которых элементы фона подвергаются скрытию дымовой завесой. С учетом характеристик дыма, перспективным является применение оценки направления движения в выявленных областях и анализа изменения направленности движущихся областей во времени.

Список использованной литературы

1. Hashemzadeh M. Smoke detection in video using convolutional neural networks and efficient spatio-temporal features / M. Hashemzadeh, N. Farajzadeh, M. Heydari // *Applied Soft Computing*. – 2022.– P. 128.
2. *Methods and Techniques for Fire Detection: Signal, Image and Video Processing Perspectives* / A. Cetin et al. // Elsevier. – 2016.
3. Di Lascio R. Improving Fire Detection Reliability by a Combination of Video-analytics / R. Di Lascio et al. // 11th International Conference on Image Analysis and Recognition, ICIAR. – 2014.

4. Bohush R. Smoke and flame detection in video sequences based on static and dynamic features / R Bohush, N. Brouka // *Signal Processing Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications Proceedings (SPA)*. Proc. of the Conference, Poznan, 26-28th September 2013. – P.20–25.
5. Filonenko A. Fast Smoke Detection for Video Surveillance Using CUDA / A. Filonenko, D. C. Hernández, Jo. Kang-Hyun // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. – 2018. – №14. – P. 725–733.
6. Jadon A. FireNet: A Specialized Lightweight Fire & Smoke Detection Model for Real-Time IoT Applications / A. Jadon et al. // 10.48550/arXiv.1905.11922. – 2019.
7. Sankarasubramanian P. Realtime Pipeline Fire & Smoke Detection Using a Lightweight CNN Model / P. Sankarasubramanian, V. Kumar // *IEEE International Conference on Machine Learning and Applied Network Technologies (ICMLANT)*, Soyapango, El Salvador. – 2021.
8. Saponara S. Real-time video fire/smoke detection based on CNN in antifire surveillance systems / S. Saponara, A. Elhanashi, A. Gagliardi // *Journal of Real-Time Image Processing*. – 2021.
9. Zou Y. Smoke Detection of Marine Engine Room Based on a Machine Vision Model (CWC-Yolov5s) / Y. Zou et al. // *Journal of Marine Science and Engineering*. – 2023. – №11(8). – P. 1564.
10. Fu T. J. Forest Fire Recognition Based on Deep Convolutional Neural Network Under Complex Background / T. J. Fu et al. // *Computer and Modernization*. – 2019.
11. Gagliardi, A. A real-time video smoke detection algorithm based on Kalman filter and CNN / A. Gagliardi, F. Gioia, S. Saponara // *Journal of Real-Time Image Processing*. – 2021. – №18(5).
12. Gagliardi A. AdViSED: Advanced Video Smoke Detection for Real-Time Measurements in Antifire Indoor and Outdoor Systems / A. Gagliardi, S. Saponara // *Energies*. – 2020. – №13(8). – P. 2098.
13. Богуш, Р.П. Алгоритм комплексного обнаружения дыма и пламени на основе анализа данных систем видеонаблюдения/ Р.П. Богуш, Д.А. Тычко // *Доклады БГУИР*. – 2015. – №6(92). – С. 65–71.
14. Ye Sh. An Effective Algorithm to Detect Both Smoke and Flame Using Color and Wavelet Analysis / Sh. Ye, Zh. Bai, H. Chen, R. Bohush and S. Ablameyko // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2017. – Vol. 27. – №1. – P. 131–138.
15. Park K. Smoke detection in ship's engine room based on video images / K. Park, C. Bae // *IET Image Processing*. – 2020.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫБОР ГИПЕРПАРАМЕТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ DENSENET-121 ДЛЯ РЕИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЮДЕЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ

С. А. Игнатьева, Р. П. Богуш

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь, s.ignatieva@psu.by

Hyperparameter choice is one of the key methods to improve accuracy for people re-identification. For this task, we used a two-stage approach. Our methodology allowed us to find among many possible values the most effective combination for batch size, learning rate and number of epochs of CNNs training for DenseNet-121. Training and testing were performed on the four largest and most used datasets such as Market-1501, DukeMTMC-ReID, PolReID1077 and MSMT17.

Развитие аппаратной базы систем видеонаблюдения, увеличение пропускной способности каналов связи, облачных решений, методов искусственного интеллекта для обработки информации приводит тому, что видеоаналитика данных все шире используется в распределенных системах видеонаблюдения. Интеллектуальность видеоаналитики заключается в способности автоматически анализировать видеопотоки с целью выявления заданных объектов или оценки их действий. К задаче видеоаналитики относится реидентификация людей. Реидентификация предполагает определение присутствия заданного человека по его изображениям на видеоданных в другом месте или в разное время в пространственно-распределенных системах видеонаблюдения [1]. Однако высокая сложность реидентификации обусловлена рядом мешающих факторов, включая, сложный фон, перекрытия, вариативность поз, неоднозначный внешний вид, пересечение множества траекторий движения и др. (см.рис.1). Поэтому для эффективного решения таких задач актуальна проблема выбора дескриптора для описания изображения человека [2]. Эмпирический поиск дескриптора неочевиден и очень сложен, а сверточные нейронные сети (СНС) позволяют автоматизировать процесс формирования набора признаков. Однако для высокой результативности СНС на этапе обучения необходимо обеспечить выбор наиболее оптимальных гиперпараметров сети, к которым относятся количество итераций обновления весовых коэффициентов, скорость обучения, размер пакета. В алгоритмах реидентификации людей широко используется СНС DenseNet-121 [1]. Следовательно, выбор наиболее оптимальных параметров для данной СНС позволит повысить точность реидентификации с применением ряда алгоритмов на основе DenseNet-121. Архитектура СНС Darknet-53 [3] состоит из Res-блоков, но отличается от ResNet-50 порядком и количеством сверточных слоев на разных уровнях сети, а также

тем, что на выходе каждого нейроны вместо функции активации ReLU, которая традиционно используется в ResNet-50, в DarkNet-53 применяется Leaky-ReLU [4].



Рис.1. Примеры изображений, отражающие проблему неоднозначности внешнего вида людей при реидентификации:

- а) разные люди имеют схожий внешний вид;
- б) – изменение визуальных признаков одного и того же человека

Архитектура DenseNet-121 отличается наличием соединений между слоями (рис.2), при которых карты признаков всех предыдущих слоев используются в качестве входных для всех последующих в блоке. Кроме этого, карты признаков не суммируются от слоя к слою, что характерно для ResNet, а конкатенируются. Dense-блоки объединяются в структуры, состоящие из нескольких одинаковых блоков, называемых уровнями сети.

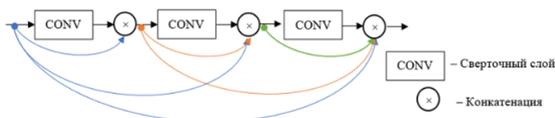


Рис. 2. Общая структура Dense-блока

Сложность выбора гиперпараметров обусловлена несколькими факторами. Слишком малый размер пакета не позволяет выявить эффективные признаки для реидентификации и приводит к невозможности высокой обобщающей способности сети. Большой пакет приводит к снижению точности обученной модели, но при этом уменьшает время обучения СНС. Малая скорость обучения приводит к тому, что при фиксированном числе эпох модель не успевает обучиться, следовательно, требуется большее количество эпох, что приводит к увеличению времени тренировки. Увеличивая скорость обучения можно повысить точность, но при этом возникает риск взрывных градиентов, явление, при котором функция потерь начинает очень быстро увеличиваться. Поиск наилучшего сочетания значений скорости обучения, размера пакета и количества эпох зависит от большого числа случайных факторов, решаемой задачи и обучающих данных. Поэтому чаще всего значения гиперпараметров определяются опытным путем.

Для определения наиболее эффективных гиперпараметров СНС DenseNet-121 при реидентификации экспериментальные исследования проводились в два этапа. Для обучения использовался набор данных Market-1501, а для оценки использовались такие критерии как время обучения и метрики точности Rank1, mAP и mINP.

На рис. 3 представлена методика проведения первого этапа экспериментов. На первом этапе необходимо определить наиболее эффективную скорость обучения и размер пакета изображений. Обучение СНС осуществляется с использованием пакетов размером $b = 2, 4, 8, 16, 32$ и 64 изображений. Скорость обучения устанавливается $\eta = 0,001, 0,002, \dots, 0,009, 0,01, 0,02, \dots, 0,09, 0,01, 0,02, \dots$. Скорость обучения скрытых слоев меньше, чем скорость обучения классификационного слоя в 10 раз. После 40 эпохи скорость согласно базовой модели алгоритма уменьшается в 10 раз.



Рис.3. Методология первого этапа экспериментов

Второй этап предполагает определение количества эпох обучения с учетом изменения размера пакета и скорости в процессе обучения нейронной сети. Начальные значения гиперпараметров были использованы с первого этапа. В процессе обучения размер пакета увеличивался. В табл. 1 представлены экспериментальные результаты, в которых наилучшие показатели точности были получены для трех метрик: Rank1, mAP, mINP.

Табл.1. Значения метрик оценки точности реидентификации людей с различными гиперпараметрами DenseNet-121

b	η	Время обучения	Rank1	mAP	mINP
8	0.04	185m 32s	0,840261	0,642903	0,281465
8	0.05	189m 50s	0,838777	0,648412	0,288388
16	0.06	135m 01s	0,835214	0,639111	0,277537
16	0.08	135m 27s	0,830760	0,626875	0,269123

При двух изображениях в пакете максимальная точность была менее 0,001 для всех метрик, поэтому СНС не обучается. Когда количество изображений в пакете составляет 32 или более и менее 8, это не позволяет повысить точность повторной идентификации по сравнению с данными в таблице 1. При низких

скоростях для достижения сходимости модели требуется большее количество эпох. Использование высокой скорости обучения приводит к более быстрой сходимости, но может привести к взрывным градиентам. Чем больше размер пакета, тем выше может быть скорость обучения. Уменьшение скорости обучения во время обучения СНС снижает значение функции потерь и увеличивает точность повторной идентификации.

На основе анализа полученных экспериментальных данных были исследованы различные подходы к изменению размера пакета и скорости обучения при тренировке нейронной сети. Для первого эксперимента размер пакета удваивался каждые 20 эпох. Скорость обучения изменялась так же, как и для базовой модели, каждые 40 эпох. Для второго и третьего этапов экспериментов пакет изображений увеличивался в 2 раза каждые 30 эпох, но скорость обучения корректировалась аналогично предыдущему этапу. Размер пакета варьировался аналогично предыдущему эксперименту для четвертого этапа. Скорость обучения уменьшалась каждые двадцать эпох в два раза. Для пятого эксперимента размер пакета удваивался после сороковой и шестидесятой эпох, а скорость обучения уменьшалась вдвое каждые десять эпох. Размер пакета увеличивался после пятидесятой и семидесятой эпох для шестого эксперимента. В этом случае мы получили лучшую точность по сравнению с предыдущим экспериментом. Для седьмого эксперимента скорость обучения уменьшалась каждые две эпохи с разными коэффициентами. Наилучшие результаты по точности повторной идентификации были получены для гиперпараметров эксперимента номер восемь: $b=8, 16; \eta_0=0,04; \eta_0=0,05; \eta_0=0,06; \eta_1=k \cdot \eta_1 - 1, k \in [0,9; 0,99]_{h=0,01}; k=0,98$. В ходе экспериментов было установлено, что для повышения точности повторной идентификации следует уменьшать скорость обучения после каждой эпохи.

Анализ результатов показывает, что увеличение размера пакета после шестидесятой эпохи позволяет ускорить рост точности повторной идентификации по трем метрикам. Экспериментально определено, что точность повторной идентификации не увеличивается или увеличивается незначительно после восьмидесятой эпохи (рис.4).

В табл. 2 представлены результаты тестирования предложенного подхода на наборах данных DukeMTMC-ReID, MSMT17 и новый набор изображений, рассмотренный в [5] с использованием СНС ResNet-50 и DenseNet-121. Обучение осуществлялось на протяжении 80 эпох.



Рис.4. Точность повторной идентификации человека на тестовой выборке набора данных Market-1501 для разного количества эпох обучения DenseNet-121

Табл.2. Сравнение точности повторной идентификации для базовых и предложенных гиперпараметров

Набор данных	Гиперпараметры	Rank1	mAP	mINP
DukeMSMT-ReID	Базовые	0,7280	0,5316	0,1588
	Предложенные	0,7500	0,5514	0,1727
PolReID1077	Базовые	0,9033	0,6839	0,2343
	Предложенные	0,9235	0,7060	0,2604
MSMT17	Базовые	0,5498	0,2667	0,0261
	Предложенные	0,5711	0,2788	0,0355

Данные в табл.2 свидетельствуют о том, что экспериментально найденные значения гиперпараметров повышают точность повторной идентификации людей для различных наборов данных с использованием СНС DenseNet-121.

Литература

1. Чен Х. Повторная идентификация людей в системах видеонаблюдения с использованием глубокого обучения: анализ существующих методов / Х. Чен, С.А. Игнатъева, Р.П. Богущ, С.В. Абламейко // Автоматика и телемеханика. – 2023. – № 5. – 61–112.
2. Игнатъева С.А. Увеличение точности реидентификации людей на основе двухэтапного обучения сверточных нейронных сетей и аугментации / С.А. Игнатъева, Р.П. Богущ // Информатика. – 2023. – № 1. – С. 40 – 54.
3. Redmon, J. YOLOv3: An Incremental Improvement / J. Redmon, A. Farhadi // *ArXiv* abs/1804.02767. – 2018.
4. Maas A. Rectifier non linearities improve neural network acoustic models / A.L. Maas, A.Y. Hannun, A.Y. Ng // *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning*, Vol. 28.
5. Игнатъева С.А. Формирование обучающей выборки для сверточных нейронных сетей при реидентификации людей по видеоданным / С.А. Игнатъева, Р.П. Богущ // Доклады БГУИР. – 2023. – № 3. – С. 87 – 95.

ЛИНЕЙНОЕ СГЛАЖИВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ВЕРОЯТНОСТИ ДЛЯ МАЛЫХ ВЫБОРОК ДАННЫХ

Н. Н. Мешечек

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
e-mail: cm@bstu.by

The main advantage of nonparametric statistics, including ordinal (rank) statistics, is their independence both from the parameters and from the type of distribution of the random variable.

The proposed two methods for estimating the empirical distribution function, based on order statistics: a reliable estimate of the quantiles of the desired selected level, as well as an estimate of the quantile level for the available points (sample data) have shown their effectiveness for small samples of empirical data. Both methods include setting the required level of confidence level for the result. By specifying the statistical reliability of the interval estimate of the function, it is then possible to approximate the empirical distribution function.

Введение

На начальном этапе статистического (как параметрического, так и непараметрического) анализа эмпирических данных обычно требуется определить эмпирическую функцию распределения как оценку (эмпирическую меру) неизвестной функции распределения генеральной совокупности по имеющейся выборке данных измерений.

Ранее предложенные методы оценивания эмпирической функции распределения, основанные на непараметрических (порядковых) статистиках весьма эффективны для случая выборок данных малого объема [1]. Важнейшим их достоинством является возможность задания достоверности (статистической обеспеченности) одно- или двусторонней интервальной оценки функции. Это позволяет затем аппроксимировать эмпирическую функцию распределения [2].

Способы аппроксимации с последующей экстраполяцией эмпирической функции распределения.

Одним из способов непараметрической статистики является построение эмпирической функции распределения.

Эта функция определяет частотное (эмпирическое) распределение, которое может быть найдено, например, по формуле

$$\hat{F}(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i < X) \quad (1)$$

Известно, что эмпирическая функция распределения является несмещенной состоятельной оценкой неизвестной функции распределения $F(X)$ для гипотетически бесконечной выборки случайной величины. Однако данное теоретическое утверждение формулируется для случая наращивания числа членов выборки (до 35 и более) [3]. При малых же размерах выборок уже интуитивно понятно, что такая оценка оказывается завышенной на правом конце (возрастающего) вариационного выборочного ряда. Аналогично, равная нулю оценка эмпирической функции распределения левее начала вариационного ряда будет заниженной. Наиболее приближенными к истинным значениям представляются оценки в области среднего, соответствующего величине $F(X) = 0,5$.

Таким образом, получаемые соотношением вида (1) оценка сопротивления элемента (в левой части вариационного ряда) и оценка внешней нагрузки (в правой) являются неточными. Это весьма проблематично с точки зрения безопасности, поскольку может привести к неверным расчетам вероятности отказа, например, к переоценке надежности конструкции.

Как ранее отмечалось, оценивание квантилей распределения случайной величины с известной достоверностью может быть выполнено с применением аппарата непараметрических (порядковых, ранговых) статистик [3]. Квантиль $X_{p,\beta}$ уровня p имеет свою функцию распределения $G(X_p)$.

Преимущества применения ранее рассмотренных методов оценивания эмпирической функции распределения является возможность задания достоверности (статистической обеспеченности) одно- или двусторонней интервальной оценки функции. Это позволяет затем аппроксимировать эмпирическую функцию распределения.

Аппроксимация предусматривает замену одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным. Другими словами, можно сказать, что это метод приближения, при котором для нахождения дополнительных значений, отличных от исходных данных, приближенная функция проходит не через узлы интерполяции, а между ними.

Применение аппроксимации (в сравнении с интерполяцией) имеет ряд преимуществ:

1. преимущество использования аппроксимации при значительном количестве табличных данных (интерполирующая функция становится громоздкой);
2. интерполирующей функцией невозможно описать данные при повторении эксперимента в одних тех же начальных условиях (требуется статистическая обработка);
3. преимущество использования аппроксимации для сглаживания погрешностей эксперимента. Данные x_i и y_i обычно содержат ошибки, поэтому интерполяционная формула повторяет эти ошибки.

Для аппроксимации функции $G(X_p)$ с экстраполяцией могут быть использованы следующие методы:

1. Линейная аппроксимация;
2. Нелинейная (например, логарифмическая) аппроксимация;
3. Линейная в нелинейной шкале фактора.

В качестве линейной аппроксимации может использоваться:

- линейное трёхточечное (или 5-точечное) сглаживание порядковых статистик как оценок эмпирической функции распределения,
- линейная комбинация порядковых статистик (*L3*-оценка квантилей).

Сглаживание данных эксперимента является процедурой усреднения с помощью интерполяционных полиномов, обеспечивающей получение уточненного значения \tilde{y}_i по заданному значению y_i и ряду близлежащих значений $(\dots, y_{i-1}, y_i, y_{i+1}, \dots)$, известных со случайной погрешностью.

Сглаживание осуществляется по группам точек скользящих вдоль всей таблицы. При линейном сглаживании по трем точкам берут первую группу точек (x_1, y_1) (x_2, y_2) (x_3, y_3) и сглаживают (находят значение аппроксимирующего многочлена) среднюю точку y_2 заменяя ее вычисленным значением \tilde{y}_2 . Затем берут следующую группу точек (x_2, y_2) (x_3, y_3) (x_4, y_4) , вычисляют значение многочлена для средней точки этой группы \tilde{y}_3 и сглаживают ее, заменяя вычисленным значением \tilde{y}_3 . И так проходят до конца таблицы. После этого производят сглаживание двух первых и двух последних точек по специальным менее точным формулам [4]. На рисунке 1 показан пример сглаживания данных.

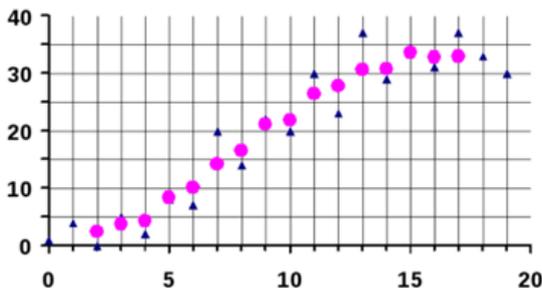


Рисунок 1 — Пример сглаживания экспериментальных данных:
 Δ - экспериментальные данные, \circ - результаты сглаживания

L-оценки параметров распределений формируются как линейные комбинации порядковых статистик. L-оценки обладают хорошими свойствами робастности [5]. Под робастностью в статистике понимают нечувствительность к малым отклонениям от предположений. Они устойчивы к наличию аномальных ошибок измерений, к малым отклонениям от исходных предположений о виде наблюдаемого закона распределения. Это позволяет использовать L-оценки в процедурах параметрической отбраковки наблюдений [6]. При больших объемах выборок строить L-оценки с исполь-

зованием всего множества порядковых статистик весьма затруднительно и более экономично для вычисления оценок параметров воспользоваться выборочными квантилями.

Оценка квантили необходимого уровня p с заданной обеспеченностью β можно представить как нормированную линейную комбинацию трех первых порядковых статистик эмпирического ряда измерений:

$$X_{p,\beta} = aX_{(1)} + bX_{(2)} + cX_{(3)}, \text{ при } p \rightarrow 0 \text{ либо}$$

$$X_{p,\beta} = aX_{(N)} + bX_{(N-1)} + cX_{(N-2)}, \text{ при } p \rightarrow 1.$$

Параметры a, b, c – коэффициенты линейной комбинации, нормированные условием $a+b+c=1$.

Нормировка коэффициентов a, b и c означает, что корректно учитывается параметр положения случайной величины f и обеспечивается несмещенность оценки искомой квантили. Поскольку оценка включает величины интервалов между порядковыми статистиками, в ней учтен также параметр масштаба, т.е. степень рассеяния случайной величины.

Все коэффициенты оценки зависят от параметров p и β , а также общего числа N результатов единичных испытаний [6].

- Модификация метода наименьших квадратов (интегральное сглаживание на неэквидистантных интервалах) [7].

Типичной задачей обработки данных является установление функциональной зависимости некоторой величины (отклика) от одной или нескольких переменных (факторов). В теории вероятностей функция, приближенно представляющая статистическую зависимость случайных величин, определяется как регрессия, в частности – средняя квадратическая регрессия.

Регрессии (представляющие собой приближенно статистическую зависимость случайных величин), найденные классическим методом наименьших квадратов, равно как и соответствующий им коэффициент детерминации R -квадрат, оказываются недостаточно корректными в случае нерегулярного расположения отсчетов на шкале фактора.

Для оценки качества регрессии предлагается более точный коэффициент интегральной детерминации R_{DD} - квадрат (definite determinative), равный доле полного квадрата отклонения кусочно-гладкого приближения эмпирических данных, которая объяснена регрессионной моделью [7]. Вычисления при этом выполняются на интервале изменения фактора.

Заключение

Как отмечалось ранее [3] в практических задачах анализа надежности строительных конструкций оценивание параметров сопротивления и нагрузок зачастую выполняется на основе сравнительно малых выборках результатов реальных измерений. Статистическая обработка этих результатов обычно связана с построением эмпирических функций распределения. Предложены и рассмотрены способы аппроксимации эмпирической функции вероятности, которые могут быть эффективно применены для малого объема исходных данных.

Список цитированных источников

- [1] Дереченник, С.С., Мешечек, Н.Н. Решение задачи анализа функции состояния на основе приближения хвостовых частей распределений случайных величин нагрузки и сопротивления // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – С. 7-9.
- [2] Шуленин, В.П. Математическая статистика Ч. 2. Непараметрическая статистика: учебник // Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – 388 с.
- [3] Дереченник, С.С., Мешечек, Н.Н. Численное решение задачи оценивания эмпирической функции распределения для малых выборок с заданной достоверностью // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2024. – С. 67-71.
- [4] Румшицкий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство // – М: Главная редакция физико-математической литературы издательства “Наука”, 1971. – 192 с.
- [5] Шуленин, В.П. Математическая статистика Ч. 3. Робастная статистика: учебник // Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – 520 с.
- [6] Дереченник, С.С., Тур, В.В. Д 36 Оценивание соответствия прочности бетона: теория и практика : монография. - Брест : Издательство БрГТУ, 2023. - 160 с.
- [7] Дереченник. С.С. Интегральная оценка качества регрессионных моделей / С.С.Дереченник, А.В.Дмитриева, С.С.Дереченник-мл. // Вестник Брестского государственного технического университета. - 2009. - № 5 (59): Физика, математика, информатика. - С. 77-80.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДНО ОТКРЫТОГО
ГЕТЕРОПЕРЕХОДНОГО ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА
НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ**

**Н. Н. Ворсин, А. А. Гладышук, Т. Л. Кушнер, Н. П. Тарасюк,
С. В. Чугунов**

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
phys@bstu.by

AlGaIn ternary alloys with a band gap of 3.4 to 6.2 eV are promising materials for the construction of various electronic devices: diodes, transistors, lasers, microwave circuits. Replacing silicon with GaN allows several times to increase the operating temperature, the cutoff frequency, and to reduce several times the switching and conduction losses in power devices. A necessary element in the development of new electronic devices is computer modeling of physical processes in them. In this work, a model of heterojunction field-effect transistor based on $Al_xGa_{x-1}N$ was developed.

Гетеропереходные полевые транзисторы (далее – ГПТ, в англоязычной литературе – НЕМТ) на основе нитрида галлия обладают некоторыми характеристиками, которые недостижимы для приборов на основе кремния [1]. Наличие у полупроводника GaN запрещённой зоны величиной 3,4 эВ позволяет устройствам на основе этого соединения работать при высоких температурах. Кроме того, GaN имеет высокое значение напряжённости поля пробоя, примерно 3,3 МВ/см. Это на порядок выше по сравнению с аналогичным параметром у кремния, что позволяет создавать на основе GaN так называемые высоковольтные приборы.

Гетеропереход на границе AlGaIn/GaN создаёт двумерный электронный газ (далее – ДЭГ) высокой плотности, порядка 10^{13} см⁻². Высокая подвижность электронов, образующих ДЭГ позволяет утверждать, что ГПТ на основе AlGaIn/GaN могут быть использованы для создания мощных высокоскоростных приборов, так как обладают низким сопротивлением канала и высокой плотностью тока [2]. В настоящей работе описана созданная компьютерная модель ГПТ AlGaIn/GaN с простым плоским затвором и размерами, использованными в опытном производстве.

Структура и размеры (в микронах) моделируемого транзистора показана на рисунке 1. Она состоит из, канального слоя GaN толщиной 0,4 мкм, который через промежуточный слой AlN опирается на подложку. Толщина этого слоя должна быть сравнительно большой для уменьшения напряжений в верхней его части, обусловленных рассогласованием кристаллической структуры в нижней части его решётки с решёткой подложки. Сверху на канальный слой нанесён барьерный слой AlGaIn толщиной 0,02 мкм. На рисунке 1

канальный слой обозначен жёлтым цветом, барьерный слой – красным (почти незаметным). Рисунок 2 иллюстрирует структуру в увеличенном виде у правого края затвора.

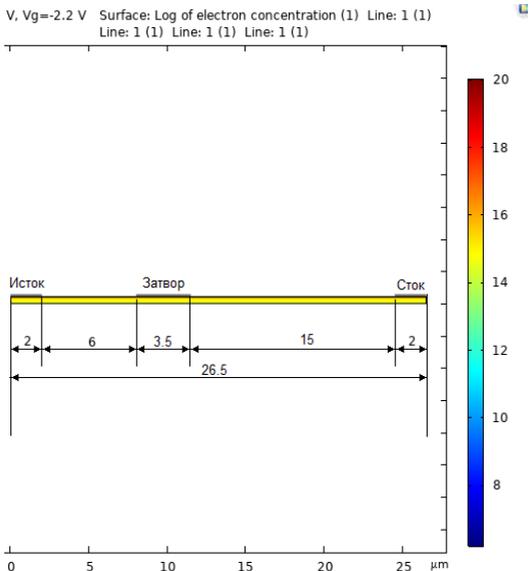


Рисунок 1 – Размеры структуры ГПТ

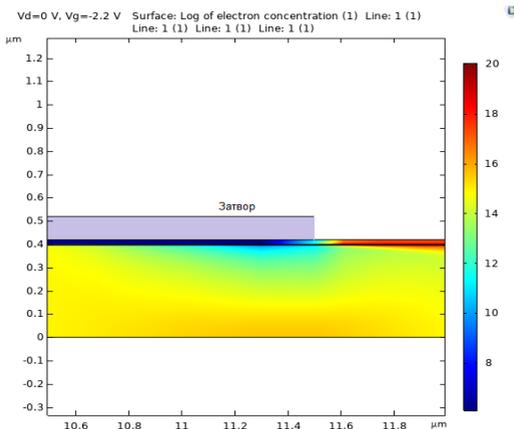


Рисунок 2 – Цветовая картина «распрямления» электронной плотности у правого края затвора

Из-за разности ширины запрещённой зоны барьерного и канального слоев на границе их соприкосновения образуется двумерный слой электронного газа, выполняющий роль канала транзистора. На рисунках с цветовым пред-

ставлением концентрации свободных электронов этот слой окрашен в темно-красный цвет. Над каналом расположен металлический затвор Шоттки (предполагается Ni) с достаточной работой выхода.

Гексагональная кристаллическая структура GaN приводит к эффектам внутренней поляризации в материале и появлению внутреннего электрического поля [3]. Эти эффекты учитываются в модели путём введения в неё связанных зарядов на поверхностях раздела. Предварительно рассчитываются модули векторов собственной и пьезоэлектрической поляризации, затем в модель вводится соответствующий поверхностный заряд [4].

Результаты моделирования представлены ниже в виде графиков некоторых зависимостей. На рисунке 3 показана зависимость концентрации свободных электронов от вертикальной координаты. Видно, что на вершине канального слоя имеет резкий пик, соответствующий наличию в этой области ДЭГ.

Если проинтегрировать распределение плотности свободных электронов по всей высоте структуры, то получим так называемую листовую плотность электронного газа. Этот параметр легко измеряется, и его экспериментальное значение составляет $9 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. Значение этой же физической величины, получаемое путём интегрирования, равно $7,3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, что можно считать хорошим соответствием измерению.

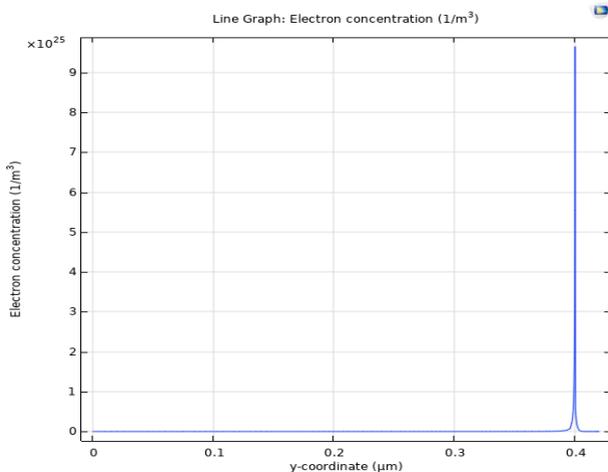


Рисунок 3 – Распределение плотности свободных электронов по вертикальной координате

На рисунке 4 показаны графики плотности канального (стокового) тока, как функция вертикальной координаты. Поскольку представлены графики для всех возможных напряжений смещения, вся область двумерного газа оказывается «заполненной» графиками. Однако, видно, что ток течет только в области двумерного газа.

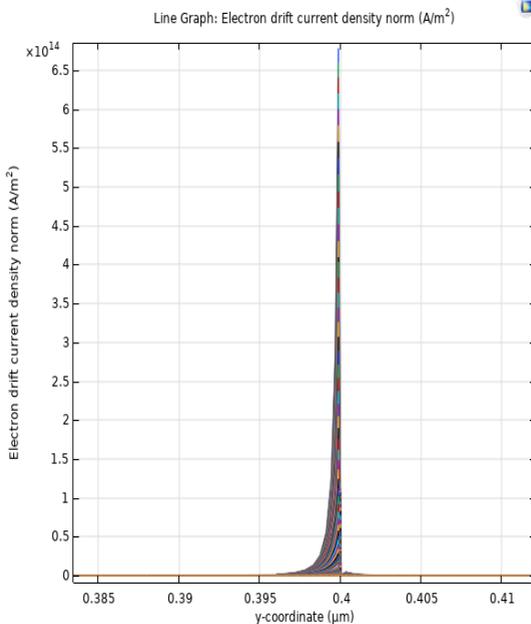


Рисунок 4 – Распределение плотности канального тока по вертикальной координате

Оценить точность моделирования позволяют также вольтамперные характеристики транзистора, поскольку являются легко измеряемыми. На рисунке 5 представлены графики выходных ВАХ, выдаваемых моделью. Форма кривых типична для транзисторов, величины стокового тока несколько отличаются от полученных экспериментальных данных, однако, погрешность не превышает 20 %.

Созданная компьютерная модель нитридного ГПТ даёт результаты, близкие к экспериментальным данным, что позволяет оптимизировать изготовление таких приборов по параметрам размеров и изучить влияние легирования областей структуры на некоторые параметры. Применение моделирования на этапе подготовки опытных образцов, элементной базы электроники, является эффективным. Моделирование и оптимизация играют существенную роль в технологии при создании новых материалов, гетероструктур, электронных устройств на их основе.

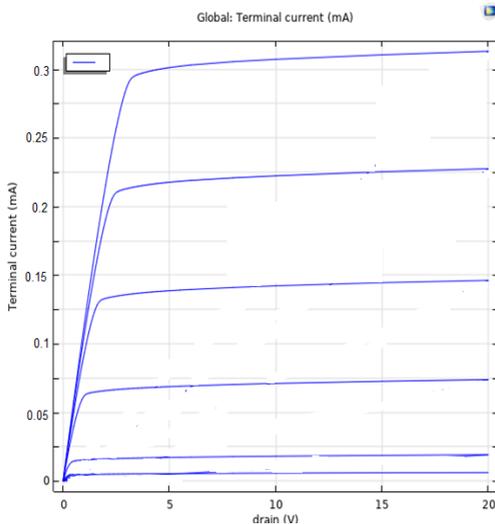


Рисунок 5 – Графики семейства выходных ВАХ, рассчитанных компьютерной моделью

Список использованной литературы

1. Куэй, Р. Электроника на основе нитрида галлия : пер. с англ. / Р. Куэй ; под ред. А. Г. Васильева. – М. : Техносфера, 2011. – 592 с.
2. Zine-eddine, T. Zahra, H. Zitouni, M. Design and analysis of 10 nm T-gate enhancement-mode MOS-HEMT for high power microwave applications. / T. Zine-eddine, H. Zahra, M. Zitouni // J. of Sci.: Adv. Mater. Devices. – 2019 – № 4. – P. 180–187.
3. Супрядкина, И. А., Абгарян, К. К., Бажанов, Д. И., Мутигуллин, И. В. Исследование поляризаций нитридных соединений (Al, Ga, AlGa)N и зарядовой плотности различных интерфейсов на их основе / И. А. Супрядкина [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2013. – Том 47, вып. 12. – С. 1647–1652.
4. Моделирование и разработка AlGaN гетеропереходного полевого транзистора / Н. Н. Ворсин, А. А. Гладышук, Т. Л. Кушнер [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 1 (130). – С. 76–82.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЦ ПЕРЕНОСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ГЕТЕРОСТРУКТУР InGaAs/AlGaAs/GaAs

Н. П. Тарасюк, А. В. Лазарчук

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
tarasiuk@bstu.by

The method of transfer matrices for calculating optical properties of InGaAs/AlGaAs/GaAs heterostructures with different number of quantum wells is considered. The maximum optical confinement factor depending on the number of quantum wells and thicknesses of waveguide layers are calculated.

Введение

Для эффективного создания приборов оптоэлектроники необходимо применение сложных многослойных гетероструктур. В данном случае для расчета используются численные методы. Одним из методов расчета многослойных гетероструктур является метод матриц переноса (ММП).

Метод матриц переноса и его применение для расчета многослойных гетероструктур

Рассмотрим многослойную волноводную структуру [1]. Рассмотрим случай ТЕ – мод, распространяющихся в направлении оси z , направленной вдоль слоев. Выражение для напряженности электрического поля имеет вид:

$$E_y(x, z, t) = E_{y,j}(x) \exp[i(\omega t - \beta z)] \quad (1)$$

для j -го слоя. Амплитуда напряженности электрического вектора $E_{y,j}(x)$ удовлетворяет волновому уравнению:

$$\frac{\partial^2 E_{y,j}(x)}{\partial x^2} - (\beta^2 - k_0^2 \tilde{n}_j^2) E_{y,j}(x) = 0, \quad (2)$$

где $\beta = \beta_{re} + i\beta_{im}$ – проекция волнового вектора $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ на плоскость структуры, $\tilde{n}_j = n + ik$ – комплексный показатель преломления j -го слоя.

Решение уравнения (2) имеет вид

$$E_{y,j}(x) = A_j \exp[\gamma_j(x - L_j)] + B_j \exp[-\gamma_j(x - L_j)], \quad (3)$$

где $\gamma_j = \sqrt{\beta^2 - k_0^2 \tilde{n}_j^2}$, L_j – координаты границы между j и $j+1$ слоями, A_j и B_j – комплексные коэффициенты, определяемые из граничных условий.

Граничные условия следуют из непрерывности тангенциальной составляющей вектора напряженности электромагнитного поля и его производной вдоль нормали к поверхности. В данном случае они будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} A_j \exp[\gamma_j d_j] + B_j \exp[-\gamma_j d_j] &= A_{j+1} + B_{j+1} \\ A_j \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}} \exp[-\gamma_j d_j] - B_j \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}} \exp[\gamma_j d_j] &= A_{j+1} - B_{j+1} \end{aligned}, \quad (4)$$

где d_j – толщина j -го слоя. Выражения (4) можно представить в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_{j+1} = T_j \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_j, \quad (5)$$

где $T_j = \begin{bmatrix} (1 + \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}) \frac{\exp[\gamma_j d_j]}{2} & (1 - \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}) \frac{\exp[-\gamma_j d_j]}{2} \\ (1 - \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}) \frac{\exp[\gamma_j d_j]}{2} & (1 + \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}) \frac{\exp[-\gamma_j d_j]}{2} \end{bmatrix}$.

Рекурсивные соотношения для коэффициентов первого и последнего слоев имеют вид:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_m = T_{m-1} T_{m-2} \dots T_3 T_2 T_1 \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_1 = T_{tot} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_1 \quad (6)$$

Для направляемых мод напряженность электромагнитного поля на бесконечности стремится к нулю $E_y(x \rightarrow \pm\infty) \rightarrow 0$. Поэтому $B_1 = 0$, $A_m = 0$.

В результате получаем:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ B_m \end{bmatrix} = T_{tot} \begin{bmatrix} A_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

В итоге граничные условия сводятся к уравнению:

$$t_{11}(\beta) = 0 \quad (8)$$

Для решения уравнения (8) использовался алгоритм скоростного спуска.

По известной величине β , определялся фактор оптического ограничения структуры. Он выражается следующей формулой [2]:

$$\Gamma = \frac{\int_{x_a}^{x_b} E_y^2(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y^2(x) dx}, \quad (9)$$

где в числителе интегрирование производится по области квантовых ям.

В качестве примера применения ММП [3-5] покажем на расчете фактора оптического ограничения и удельного фактора оптического ограничения (фактора, приходящегося на одну яму) гетероструктур InGaAs/AlGaAs/GaAs, содержащих 1–11 квантовых ям InGaAs толщиной 8 нм каждая с барьерами GaAs толщиной 12 нм. Переходные слои GaAs слева и справа от квантовых ям равны по 36 нм.

Геометрия гетероструктуры с двумя квантовыми ямами приведена на рисунке 1.

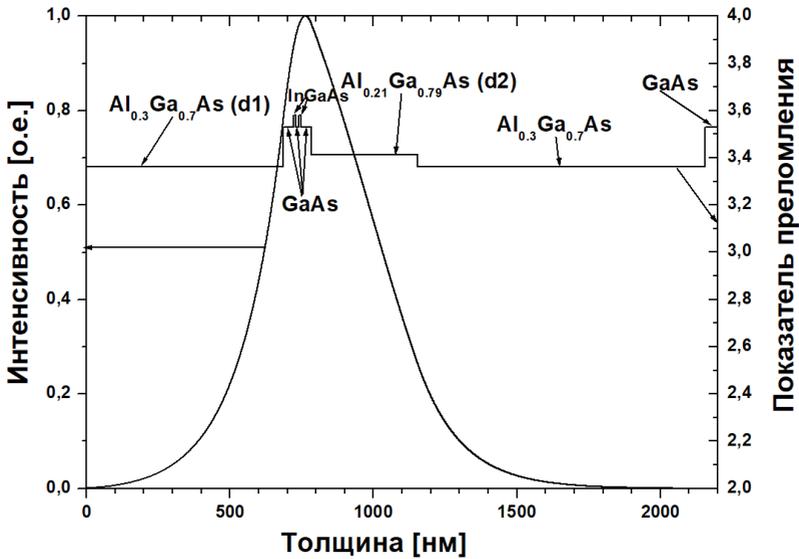


Рисунок 1 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей две квантовые ямы

Фактор оптического ограничения и удельный фактор оптического ограничения рассчитывался для длины 980 нм. Для получения максимального значения фактора оптического ограничения изменялись толщины волноводных слоев d1 и d2. Результаты моделирования приведены на рисунке 2 и в таблице 1.

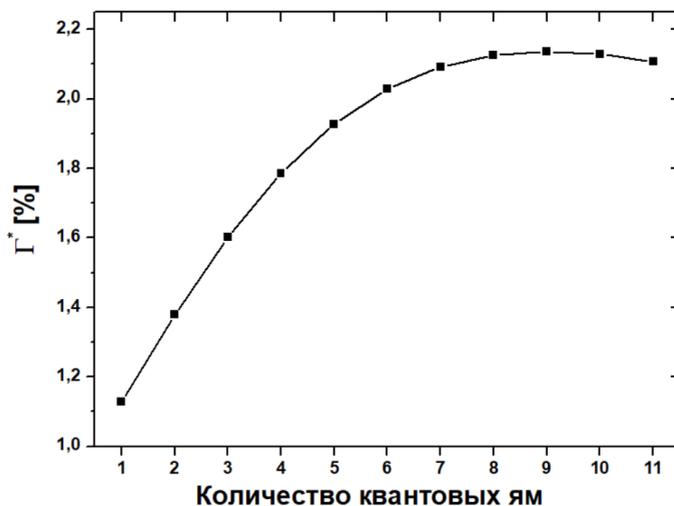


Рисунок 2 – Зависимость удельного фактора оптического ограничения Γ^* от количества квантовых ям

Таблица 1 – Зависимость фактора оптического ограничения и удельного фактора оптического ограничения в зависимости от количества квантовых ям и толщины волноводных слоев

Количество квантовых ям	d1, нм	d2, нм	Фактор оптического ограничения, %	Удельный фактор оптического ограничения, %
1	885	410	1,128	1,128
2	685	370	2,757	1,379
3	540	330	4,806	1,602
4	440	285	7,145	1,786
5	365	250	9,638	1,928
6	305	210	12,168	2,028
7	260	180	14,647	2,092
8	225	150	17,015	2,127
9	200	120	19,237	2,137
10	175	95	21,291	2,129
11	155	75	23,171	2,106

На рисунке 1 видно, что максимальное значение удельного фактора оптического ограничения соответствует гетероструктуре с 9 квантовыми ямами и равно 2,14 %. Однако, начиная с гетероструктур с 6 квантовыми ямами прирост удельного фактора замедляется и составляет 5 % и менее по отношению к максимальному значению. А структура с меньшим количеством квантовых ям обладает меньшими механическими

деформациями за счет рассогласования постоянных кристаллических решеток.

Из таблицы 1 видно, что суммарная толщина волноводных, переходных слоев и активной области для гетероструктур с 1 и 6 квантовыми ямами соответственно в 2,5 и 1,2 раза больше, чем у гетероструктуры с 9 квантовыми ямами и составляет соответственно 1375 нм и 695 нм.

Заключение

Рассмотрен ММП для расчета оптических свойств гетероструктур InGaAs/AlGaAs/GaAs с различным количеством квантовых ям. Рассчитаны максимальные фактор оптического ограничения и удельный фактор оптического ограничения в зависимости от количества квантовых ям и толщин волноводных слоев.

Список использованных источников

1. Bergmann, M. J. Optical-field calculations for lossy multiple-layer $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ laser diodes / M. J. Bergmann, and H. C. Casey, Jr. // *J. Appl. Phys.* – 1998. – Vol. 84, Iss. 3. – P. 1196–1203.
2. Адамс, М. Введение в теорию оптических волноводов / М. Адамс. Москва: Мир, 1984. – 512 с.
3. Богатов, А. П. Оптимизация волноводных параметров лазерных гетероструктур InGaAs/AlGaAs/GaAs с целью наибольшего увеличения ширины пучка в резонаторе и получения максимальной лазерной мощности / А. П. Богатов, Т. И. Гущик, А. Е. Дракин, А. П. Некрасов, В. В. Поповичев // *Квантовая электроника.* –2008. –Т. 38, № 10. –С. 935939.
4. Lutsenko, E. V. Investigation of photoluminescence, stimulated emission, photoreflectance and 2DEG properties of double heterojunction AlGaIn/GaN/AlGaIn HEMT heterostructures grown by ammonia MBE. / E. V. Lutsenko, M. V. Rzheutski, A. G. Vainilovich, I. E. Svitsiankou, N. P. Tarasuk, G. P. Yablonskii, A. Alyamani, S. I. Petrov, V. V. Mamaev, A. N. Alexeev // *Phys. Stat. Sol. (a).* –2018. –V.215, Iss.9. –1700602.
5. Lutsenko, E. V. Optically pumped InGaIn/GaN MQW lift-off lasers grown on silicon substrates / E. V. Lutsenko, A. V. Danilchuk, N. P. Tarasuk, L. Rahimzadeh Khoshroo, H. Kalisch, R. H. Hansen, Y. Dikme, B. Schineller, M. Heuken // *Superlattices and Microstructures.* – 2007. – V.41, Iss.5–6. – P. 400–406.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ КОЛИЧЕСТВА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИССЛЕДУЕМОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Пискун, Д. Ю. Крупенько

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, krupenkodaniil10@gmail.com

The finite element method (FEM) is a vital tool in the engineering field, enabling detailed temperature distribution analysis in complex systems like processor radiators. This study highlights the process and methodology of FEM, emphasizing its flexibility and precision in modeling intricate geometries and heat distribution. By breaking down complicated structures into manageable elements, FEM provides a comprehensive approach to thermal behavior analysis, making it an essential technique for designing efficient cooling systems.

Введение

Моделирование является эффективным процессом и неотъемлемой частью научных и инженерных исследований, позволяя предсказывать поведение устройств и систем в различных условиях без необходимости проведения дорогостоящих и затратных по времени экспериментов. Оно находит применение в самых разных областях, от создания микро- и наноконструкций до проектирования мегасооружений.

Сегодня в радиоэлектронике активно используются различные виды моделирования, нацеленные на анализ протекающих физических процессов, например, механических, электрических, тепловых и т.д.

В работе рассматривается тепловое моделирование, что особенно важно при проектировании систем охлаждения, таких, например, как башенные радиаторы для высокомоощных процессоров. Правильное построение модели позволит обеспечить эффективное рассеивание тепла, предотвращая перегрев и повышение надежности процессоров.

Использование метода конечных элементов

Для температурного анализа часто применяются метод конечных элементов (МКЭ) и метод конечных разностей. Особенностью метода конечных элементов является разбиение сложных объектов на простые, дискретные элементы, позволяя проводить детальный анализ процессов. Вместо того, чтобы решать уравнение теплопроводности для всего объекта сразу, получается решить его для каждого элемента. Затем полученные решения объединяются, чтобы получить полную картину распределения тепловой энергии в объеме.

Рассмотрим последовательность использования МКЭ для анализа физических процессов в исследуемой области.

1. Объект разбивается на множество мелких частей, называемых конечными элементами. Эти элементы могут иметь различные формы, такие как треугольники, квадраты и тетраэдры;

2. Для каждого конечного элемента формулируются уравнения, которые описывают физические процессы в этом элементе;

3. Уравнения для всех элементов объединяются в единую систему, описывающую поведение всей системы через наложение условий непрерывности на границах элементов;

4. Полученная система уравнений решается с использованием численных методов;

5. Полученные решения анализируются для определения поведения системы в целом, что может включать визуализацию результатов и построение графиков.

Известно, что число конечных элементов напрямую влияет на точность и детализацию анализа протекающих процессов. Однако, чем больше элементов, тем более детализированной будет модель, и это приведет к увеличению вычислительной нагрузки и времени обработки данных. Поэтому всегда нужно искать баланс между точностью и эффективностью.

Исходные данные для проведения эксперимента

Для оценки точности моделирования физических процессов при увеличении количества конечных элементов в исследуемой области, авторами в программной среде *SolidWorks Flow Simulation* была разработана модель башенного радиатора, установленного на центральный процессор [1, 2].

Модель башенного радиатора соответствует характеристикам ID-Cooling SE-226-XT Black [3].

Для источника тепловой энергии была создана модель процессора AMD Ryzen™ 7 5600X [4]. Мощность – 65 Вт.

Технические характеристики персонального компьютера, на котором проводилось моделирование: RAM24GB CPU AMD Ryzen 5 5600X 6-Core Processor 3.70 GHz GPU MSI GeForceRTX 3060 12GB.

При проведении моделирования, авторами были использованы исходные данные из [1, 2], а также скорректированы параметры теплопроводности материалов для составных частей модели (материал очень высокой теплопроводности для тепловых трубок (4 кВт/м×К), алюминий для ребер радиатора, медь для теплораспределительной крышки процессора и основания радиатора, а также кремний для кристалла процессора).

Исследуемая область была разбита на сетку из конечных элементов, как показано на рисунке 1.

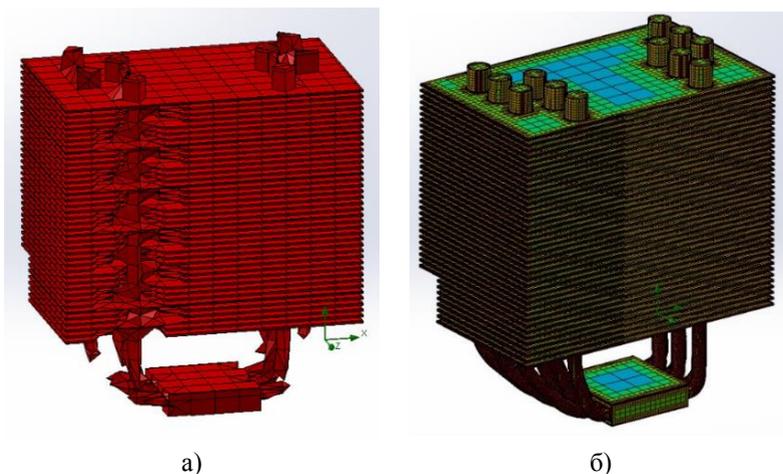


Рис. 1 – Разбиение области моделирования на сетку, состоящую из 7 тысяч (а) и 500 тысяч (б) элементов

Экспериментальная часть

В результате экспериментов установлены следующие значения температур и времени, затраченного на моделирование (таблица 1).

Таблица 1 – Значения температур и времени анализа от количества конечных элементов

Количество конечных элементов, шт.	Установившаяся температура, °С	Время анализа, с
7 000	80.07	32
15 000	77.77	51
50 000	77.14	127
150 000	78.07	345
500 000	78.20	1 127

В результате эксперимента установлено, что при увеличении количества элементов с 7 000 до 15 000 шт., температура на крышке процессора снижается с 80.07°С до 77.77°С. Дальнейшее увеличение числа элементов не приводит к весомым изменениям температуры, однако значительно увеличивается время анализа – с 32 до 1 127 с.

Следовательно, для получения точных результатов достаточно разбиения области на 50 000 элементов, что обеспечивает наилучшее соотношение между точностью и временем вычислений. Зависимость установившейся температуры от количества элементов представлена на рисунке 2.

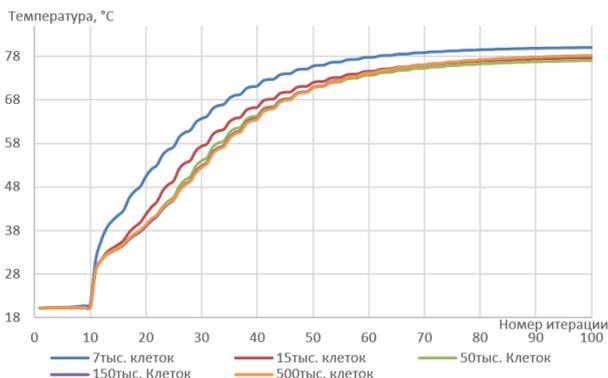


Рис. 2 – Зависимость изменения температуры от количества элементов сетки

Из рисунка 2 видно, что вначале температура быстро растет, а затем постепенно стабилизируется. Конечная установившаяся температура для всех кривых находится около 78 °С. Однако скорость, с которой достигается эта температура, варьируется в зависимости от числа конечных элементов. Например, при 7 000 элементов температура стабилизируется быстрее, чем при 500 000.

Заключение

Проведенный анализ показал, что метод конечных элементов является эффективным инструментом для моделирования тепловых характеристик радиатора процессора. Оптимальное число конечных элементов в данном исследовании для достижения баланса между точностью и временем вычислений составляет около 50 000 элементов.

Список использованных источников

1. Пискун Г.А., Алексеев В.Ф., Беликов А.Н., Рыбаков Д.Г. Влияние ориентации каналов в кулерах воздушного охлаждения на эффективность отведения тепла от процессоров. Доклады БГУИР. 2023;21(5):33-41.
2. Пискун Г.А., Алексеев В.Ф., Беликов А.Н., Рыбаков Д.Г. Моделирование отведения тепловой энергии от процессоров при помощи кулеров воздушного охлаждения. Доклады БГУИР. 2023;21(4):54-62.
3. ID-Cooling SE-226-XT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.idcooling.com/product/detail?id=269&name=SE-226-XT%20BLACK>. Дата доступа: 17.10.2024.
4. AMD Ryzen™ 5 5600X [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.amd.com/en/products/processors/desktops/ryzen/5000-series/amd-ryzen-5-5600x.html>. Дата доступа: 17.10.2024.

АНАЛИЗ ПЕРЕНОСА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Г. А. Пискун, Н. А. Павловец, Р. А.Скоринов

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, nikita.pawlavets@gmail.com

This article deals with the modeling of thermal energy transfer processes in hydrodynamic environments. This research is important for the development of efficient cooling systems, especially in the context of radio electronics and mobile devices. The main heat transfer mechanisms are analyzed, as well as the numerical simulation methods applied.

Введение

Современные электронные средства обладают высокой степенью производительности и компактности, что, в свою очередь, приводит к значительным выделениям тепловой энергии. Эти факторы приводят к необходимости усовершенствования систем охлаждения, которые должны обеспечивать эффективное отведение тепла для поддержания надежной работы устройств. В условиях повышенных тепловых нагрузок, возникающих из-за миниатюризации компонентов и увеличения их функциональности, корректный и обоснованный выбор системы охлаждения становится критически важным [1 – 3].

Данная статья направлена на рассмотрение особенностей переноса тепловой энергии в гидродинамической среде, в частности, в системах жидкостного охлаждения (СЖО) высоконагруженных процессоров.

Общая характеристика

Системы охлаждения являются ключевыми элементами в оптимизации теплового режима работы электронных средств (ЭС). Их проектирование строится на понимании процессов теплопроводности, конвекции и испарения, с использованием различных холодоносителей (воздуха, жидкостей, хладагентов и т.д.), каждый из которых имеет свои особенности.

Классификация систем по типу холодоносителя и физическим явлениям помогает выявить их преимущества и ограничения. Воздушные системы широко распространены из-за доступности, но их эффективность снижается при высоких температурах. Жидкостные системы обеспечивают более высокую интенсивность теплоотведения, но требуют сложной инфраструктуры.

Основными преимуществами использования жидкостей являются:

– высокая теплоемкость, так как жидкости, как правило, обладают большей теплоемкостью, чем воздух, что позволяет им поглощать большее количество тепла при меньших изменениях температуры;

– эффективная теплопередача, обусловленная тем, что гидродинамическая среда обеспечивает более эффективный теплообмен благодаря высокой теплопроводности. Это позволяет уменьшить температурные градиенты и обеспечивать более равномерное распределение температуры по всей системе.

– компактность СЖО, которые могут быть более компактными, чем воздушные.

Критериальные уравнения для гидродинамических систем

При разработке СЖО процесс движения жидкости можно рассматривать как 2 вида: естественный (происходит естественным образом без воздействия внешних факторов) и принудительный (происходит при использовании внешних факторов, влияющих на процесс теплообмена). Однако данные процессы наиболее эффективно описываются следующими показателями.

Число Прандтля (Pr) – это безразмерная физическая величина, которая описывает соотношение между вязкостью и теплопроводностью жидкости. Формула (1) для расчета выглядит следующим образом:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (1)$$

где ν – кинематическая вязкость ($\text{м}^2/\text{с}$), α – теплопроводность ($\text{м}^2/\text{с}$)

Число Прандтля помогает определить, когда теплопередача в жидкости будет осуществляться преимущественно за счет конвекции, а когда – за счет теплопроводности. Высокие значения указывают на большую вязкость жидкости по сравнению с ее способностью проводить тепло, что может привести к более эффективному теплоотведению.

Число Грасгофа (Gr) – это безразмерная величина, которая характеризует значимость силы тяжести по сравнению с вязкими силами в жидкости. Формула (2) для расчёта выглядит следующим образом:

$$Gr = \frac{gL^3\beta(tc - t_0)}{\nu^2}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения ($\text{м}/\text{с}^2$), β – коэффициент объемного расширения (К^{-1}), t_c и t_0 – температуры поверхности теплообмена и теплоносителя соответственно (К), L – характерная длина (м), ν – кинематическая вязкость ($\text{м}^2/\text{с}$).

Число Грасгофа используется для анализа естественной конвекции в жидкостях, позволяя оценить, когда потоки в жидкости будут доминировать над вязкими силами. Высокие значения указывают на доминирование естественной конвекции и, соответственно, на более интенсивный теплообмен.

Число Нуссельта (Nu) – это безразмерная величина, которая характеризует эффективность переноса тепла в конвективных процессах. Формула (3) для расчета выглядит следующим образом:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}, \quad (2)$$

где α – коэффициент конвективной теплопередачи (Вт/(м²·К)), l – характерная длина (м), λ – теплопроводность жидкости (Вт/(м·К)).

Число Нуссельта помогает оценить, насколько эффективно тепло передается от поверхности к жидкости в процессе конвекции. Высокие значения указывают на более эффективный теплообмен.

Стоит отметить, что параметры, описанные формулами (1) – (3) взаимосвязаны и часто используются в комплексном анализе теплопередачи в жидкостях. Например, число Прандтля влияет на распределение температур и скорость теплообмена и с учетом этого, можно прогнозировать, какой тип конвекции (естественная или принудительная) будет более эффективен; число Грасгофа позволяет оценить, в каких условиях естественная конвекция будет доминировать, а число Нуссельта, в свою очередь, показывает, насколько эффективно осуществляется конвективный теплообмен.

Принцип построения СЖО в радиоэлектронике

В радиоэлектронике зачастую используются СЖО, не включающие в себя процесс испарения, а работающие лишь за счет отличных теплопроводных свойств жидких хладагентов (рисунок 1).

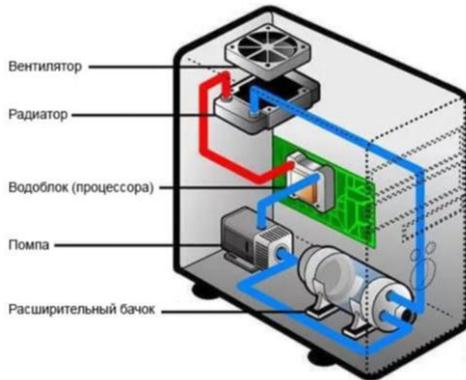


Рис. 1 – Пример построения СЖО в персональных компьютерах

В данном примере мы видим систему, в которой жидкость циркулирует за счет работы помпы через систему трубопроводов. Охлаждающая жидкость циркулирует через водоблок процессора, поглощая выделяемое им тепло. После этого жидкость попадает в радиатор, где передает тепло металлическим ребрам. Вентиляторы помогают охладить жидкость. После жидкость попадает в резервуар и цикл повторяется снова и снова.

На рисунке 2 приведена разработанная авторами трехмерная модель водоблока, разработанного в программной среде *SolidWorks Flow Simulation*.

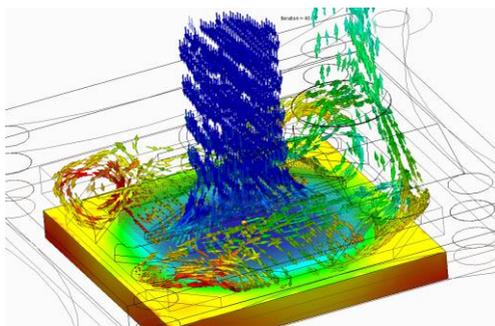


Рис. 2 – Трехмерная модель водоблока СЖО с отображением векторов турбулентного движения жидкости

Заключение

Моделирование переноса тепловой энергии в гидродинамических средах играет ключевую роль в разработке достаточно эффективных СЖО. Оно позволяет не только оптимизировать конструкции, но и улучшать их надежность и эффективность.

Список использованных источников

1. Оценка влияния длины и количества тепловых трубок на эффективность отведения избыточной тепловой энергии от процессора = Assessment of the influence of the length and number of heat pipes on the efficiency of the removal of excess thermal energy from the processor / Г. А. Пискун [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2024. – Т. 69, № 2. – С. 139–150.
2. Пискун, Г. А. Влияние конфигурации и формы внешних ребер герметичных корпусов технических средств на эффективность отведения тепла от процессора = Effect of the Configuration and Shape of External Ribs of Sealed Enclosures of Electronic Devices on Heat Removal Efficiency / Г. А. Пискун [и др.] // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2023. – Т. 26, № 5. – С. 63–75.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ ДВУМЕРНЫХ КОДОВ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Е. С. Пискун, Д. Г. Ершов

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, d.ershov@bsuir.by

The study identified the types of defects that have the greatest impact on the accuracy and efficiency of fixed assets when using different methods. Certain parameters made it possible to establish the impact of errors and the costs of correcting them, which confirmed the economic feasibility of using matrix two-dimensional codes.

Введение

В современных условиях динамичного развития технологий, автоматизация бизнес-процессов становится неотъемлемой частью эффективного управления активами предприятий [1]. Одним из ключевых аспектов такого управления является инвентаризация и мониторинг основных средств, которые требуют точного и оперативного учета. Традиционные методы инвентаризации, основанные на ручной обработке данных, часто оказываются трудоемкими, затратными и подверженными человеческому фактору, что приводит к ошибкам и снижению эффективности управления.

В связи с этим, все большее распространение получают такие современные технологии идентификации и учета, как матричные двумерные коды (*QR*-коды, *DataMatrix* и др.), которые предоставляют предприятиям новые возможности для автоматизации и оптимизации процессов инвентаризации и управления основными средствами [2]. Применение этих кодов позволяет ускорить сбор и обработку данных, минимизировать количество ошибок, улучшить контроль за состоянием активов и повысить общую прозрачность учета.

Цель работы заключается в проведении анализа возможности и перспективы использования матричных двумерных кодов в автоматизации управления основными средствами, рассмотрении основных преимуществ применения этих технологий, а также возможные проблемы их внедрения и перспективы дальнейшего развития в условиях цифровой трансформации бизнеса.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение матричных двумерных кодов сталкивается с рядом вызовов, которые необходимо учитывать при планировании их использования.

Рассмотрим основные преимущества и трудности интеграции матричных кодов в систему управления основными средствами предприятия.

Преимущества использования матричных кодов

1. *Ускорение и упрощение инвентаризации.* Одно из ключевых преимуществ применения матричных кодов заключается в значительном сокращении времени, необходимого для проведения инвентаризации[3]. В отличие от традиционных методов, которые требуют ручного ввода данных, сканирование QR-кодов или других матричных кодов позволяет моментально фиксировать информацию об объекте. Это не только ускоряет процесс, но и минимизирует количество ошибок, связанных с человеческим фактором, таких как опечатки или неправильные записи.

2. *Точность и актуальность данных.* Сканирование матричных кодов обеспечивает мгновенный доступ к базе данных, что позволяет автоматически обновлять информацию о состоянии основных средств. В результате у компании всегда есть актуальная информация о местонахождении, состоянии и техническом обслуживании активов. Это значительно упрощает управление и позволяет принимать своевременные и обоснованные управленческие решения.

3. *Удобная интеграция с информационными системами.* Матричные коды легко интегрируются с современными системами управления активами (ERP-системами, системами учета и планирования ресурсов, и т.д.). Это позволяет создать единую информационную платформу для автоматического обмена данными между различными подразделениями предприятия, что способствует прозрачности учета и управляемости активов.

4. *Экономическая эффективность.* Матричные коды могут быть более экономичным решением для автоматизации инвентаризации. Они уменьшают затраты на ручной труд и ошибки, повышая общую производительность компании. Дополнительное преимущество – возможность использования смартфонов или планшетов вместо дорогостоящего оборудования для сканирования.

Недостатки использования матричных кодов

1. *Начальные затраты на внедрение.* Несмотря на долгосрочную экономическую выгоду, на начальном этапе внедрения технологии могут потребоваться значительные инвестиции. Это включает затраты на разработку и внедрение программного обеспечения для сканирования кодов, а также создание инфраструктуры для их интеграции с существующими системами управления. Кроме того, потребуется обучение персонала работе с новыми системами, что также потребует дополнительных ресурсов.

2. *Сопrotивление со стороны сотрудников.* Внедрение новых технологий нередко вызывает сопротивление среди персонала, особенно если система учета долгое время базировалась на традиционных методах. Для успешной интеграции матричных кодов необходимо проводить обучение сотрудников и демонстрировать преимущества новых методов работы. Без этого возможны проблемы с внедрением, что замедлит процесс автоматизации.

3. *Технические сложности и совместимость с существующими системами.* Важной проблемой при внедрении матричных кодов является их интеграция с уже существующими информационными системами предприятия. Не все программные решения могут поддерживать работу с матричными

кодами, что может потребовать дополнительной доработки или даже замены некоторых систем. Также могут возникнуть сложности с техническим обслуживанием системы, особенно если на предприятии нет соответствующих специалистов.

4. *Износ и повреждение кодов.* Матричные коды могут подвергаться физическим повреждениям, особенно если речь идет об оборудовании, работающем в сложных условиях, таких как высокие температуры, пыль или влага. Износ кодов может затруднить их считывание, что потребует регулярного контроля и замены наклеек или меток. Это может создать дополнительные затраты и организационные сложности при управлении крупными активами.

Экспериментальная часть

При помощи искусственного интеллекта *Chat GPT* было произведено исследование, в рамках которого был проведен сравнительный анализ трех методов инвентаризации основных средств:

- ручной ввод данных;
- использование линейных штрихкодов;
- использование матричных двумерных кодов.

При проведении эксперимента была смоделирована инвентаризация на выборке из 1000 объектов, и для каждого метода ввода данных оценивались такие ключевые показатели, как:

- время на обработку одного объекта с учетом особенностей ввода данных;
- общее время, которое будет затрачено на обработку всей выборки;
- вероятность возникновения ошибки при обработке данных;
- возможное количество ошибок;
- общая стоимость проведения инвентаризации;
- стоимость проведения инвентаризации на одном объекте;
- стоимость исправления ошибок.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа трех методов инвентаризации основных средств

Параметр \ Метод	Ручной ввод	Штрих-коды	Матричные коды
Время на обработку одного объекта, с	30	10	5
Общее время на всю выборку, с	30 000	10 000	5 000
Ошибки обработки (%)	5	1	0,5
Количество ошибок, шт.	50	10	5
Общая стоимость проведения инвентаризации, ед.	3500	1000	950
Стоимость проведения инвентаризации на одном объекте, ед.	3,50	1,00	0,95
Стоимость исправления ошибок, ед.	2500	500	250

Из проведенных экспериментов видно, что матричные коды показали наименьшие общие затраты (950 единиц) на инвентаризацию, включая затраты на исправление ошибок, что делает их наиболее экономически выгодным вариантом. В то время как ручной ввод ведет к значительно более высоким затратам (3500 единиц) из-за частоты ошибок и высоких затрат на их исправление.

Использование матричных кодов обеспечивает самое быстрое время инвентаризации (5 секунд на объект), что позволяет предприятиям существенно сократить время, необходимое для контроля наличия активов. Это особенно важно в условиях, когда ресурсы и время являются критическими факторами для успеха бизнеса.

Матричные коды обеспечивают наименьшую вероятность ошибок (0.5%), что в свою очередь снижает затраты на исправление данных и улучшает общую надежность учета активов. В отличие от этого, ручной ввод имеет самую высокую вероятность ошибок (5%), что ведет к значительным финансовым потерям и возможным проблемам с учетным процессом.

В целом, результаты анализа подтверждают целесообразность внедрения матричных двумерных кодов в процессы управления основными средствами. Их использование не только способствует повышению эффективности инвентаризации, но и минимизирует риски, связанные с ошибками, что в конечном итоге улучшает финансовые показатели и конкурентоспособность предприятий.

Заключение

Интеграция матричных двумерных кодов в систему управления и контроля основными средствами открывает перед предприятиями значительные возможности для автоматизации и оптимизации учета активов. Использование таких технологий, как QR-коды и DataMatrix, позволяет ускорить процессы инвентаризации, повысить точность и актуальность данных, а также упростить взаимодействие между различными информационными системами предприятия, что выражается в улучшении контроля за основными средствами и принятии своевременных и обоснованных управленческих решений.

Список использованных источников

1. Все об автоматизации бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comindware.ru/blog/complete-basics-of-workflow-automation/>. – Дата доступа: 18.10.2024.
2. DataMatrix код маркировки — что такое. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mertech.ru/vse-o-skanerah-shtrih-koda/datamatrix-kod-markirovki/>. – Дата доступа: 18.10.2024.
3. Как использовать QR-коды для системы управления запасами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qrcode-tiger.com/ru/how-to-use-qr-codes-for-inventory-management-system>. – Дата доступа: 18.10.2024.

ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ВЫКЛАДКИ ТОВАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

К. С. Курочка, К. А. Панарин

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого,
Гомель, Беларусь, kurochka@gstu.by

An innovative approach to optimizing product placement in retail using artificial intelligence is proposed. The method is based on the application of the LLaMA 3 family Large Language Model for analyzing and interpreting regulatory documents, as well as optimization algorithms for creating effective planograms. The approach includes automated processing of unstructured data, consideration of multiple factors in placement planning, and resolution of potential conflicts between various requirements. The proposed method demonstrates increased efficiency in the use of retail space and improved compliance with regulatory requirements.

Введение

В современном ритейле эффективная выкладка товаров играет ключевую роль в увеличении продаж и удовлетворенности покупателей. Однако традиционные методы мерчандайзинга сталкиваются с рядом существенных проблем, ограничивающих их эффективность. Среди основных проблем можно выделить разнообразие торговых пространств, множество регламентирующих критериев и сложность их одновременного учета, а также не структурированность входящей информации [1].

Традиционно подобные задачи решаются классическими оптимизационными методами с применением модели принятия решений [2], однако использование подобных методов требует наличия четко обозначенных условий и критериев оптимизации. Регламентирующие расстановку товаров документы являются текстовыми файлами произвольного формата с описанием требований на естественном языке, что значительно затрудняет их быструю интеграцию в специализированное ПО для построения планограмм традиционным методом. Это приводит к необходимости длительной и сложной ручной обработки данных, что не только замедляет процесс, но и увеличивает вероятность ошибок.

Кроме того, между различными требованиями к выкладке могут возникать неочевидные для человека противоречия. Эти скрытые конфликты условий часто остаются незамеченными при традиционном подходе к планированию, что может привести к нарушениям регламентов.

Эти факторы приводят к неоптимальному использованию торговых площадей, нарушениям нормативных требований и, как следствие, к снижению эффективности продаж. В условиях высокой конкуренции такие недостатки существенно влияют на общую эффективность бизнеса.

Применение искусственного интеллекта к задаче выкладки товаров

Данное исследование предлагает инновационный подход к решению указанных проблем путем внедрения применения технологий искусственного интеллекта в процесс мерчендайзинга для решения задачи обработки естественного языка, что позволяет значительно улучшить оптимизации выкладки товаров и построения эффективных планограмм [3].

Центральным элементом предлагаемого решения является применение большой языковой модели LLaMA 3 для анализа и интерпретации неструктурированной текстовой информации, содержащейся в регламентирующих выкладку товаров документах. Этот подход позволяет преодолеть ограничения традиционных методов и обеспечить более эффективное построение планограмм.

Модель обладает способностью «понимать» и интерпретировать сложные лингвистические конструкции, характерные для официальных документов и внутренних распоряжений, что позволяет автоматизировать процесс анализа регламентирующих документов, значительно сокращая время на их обработку и минимизируя ошибки, связанные с человеческим фактором. Гибкость и адаптивность LLM позволяет работать с документами различного формата и стиля, что обеспечивает легкую адаптацию к изменениям в регулирующих документах без необходимости постоянной доработки системы. Модель учитывает контекст и взаимосвязи между различными требованиями, что помогает выявлять потенциальные конфликты и несоответствия в правилах выкладки.

Для осуществления процесса предложения рекомендуемой выкладки товаров, языковой модели необходимо предоставить полный набор релевантных документов, включая государственные постановления, внутренние регламенты, а также характеристики торгового оборудования и товаров. Согласно заранее подготовленным базовым инструкциям, языковая модель извлекает ключевую информацию о требованиях к выкладке, допустимых комбинациях, приоритетных брендах и параметрах товаров, на основе которых формируется внутренний контекст модели, позволяющий системе сформировать в машиночитаемом виде в формате JSON рекомендации по оптимальному расположению товаров. Результат включает в себя перечень допустимых товаров для каждой полки с учетом физических ограничений, нормативных требований ранжирование товаров, а также видимость товаров, их приоритетность, совместимость с соседними товарами, и эффективное использование пространства полки.

Важной особенностью подхода является возможность динамического планирования. Система способна адаптировать планограммы при изменении ассортимента или поступлении новых регулирующих документов. При этом алгоритм принимает во внимание физические характеристики товаров и полок, обеспечивая реалистичность и выполнимость сгенерированных планограмм.

После формирования рекомендаций по выкладке применяется алгоритмический подход для оптимизации количества товарных единиц. На этом этапе строится математическая модель пространства полки, и при помощи применения методов многокритериальной оптимизации подбирается оптимальное число единиц каждого товара для полного заполнения полки согласно предложенному языковой моделью плану. На данном этапе не происходит изменения расположения товаров, а лишь оптимизируется их количество в рамках заданной выкладки.

Система способна обеспечить визуализацию результатов в виде детальных планограмм и предоставляет аналитические отчеты с обоснованием принятых решений. Это позволяет не только эффективно реализовать оптимизированную выкладку, но и понять логику принятия решений системой.

Заключение

Предлагаемый подход к оптимизации построения планограмм представляет собой инновационное решение, способное значительно повысить эффективность процессов выкладки товаров в розничной торговле и обладает рядом преимуществ. Он обеспечивает повышение эффективности использования торговых площадей, автоматизацию рутинных процессов, гибкость и масштабируемость решения. Ключевым преимуществом предложенного подхода является тесная интеграция языковой модели и классических алгоритмов оптимизации, позволившая создать единую систему, способную автоматически обновлять правила при поступлении новых регулирующих документов, объяснять принятые решения на естественном языке и адаптироваться к локальным особенностям каждой торговой. Система способна быстро адаптироваться к изменениям в ассортименте и новым регламентам. Важным аспектом является обеспечение строгого соблюдения нормативных требований, что минимизирует риски нарушения государственных и внутренних регламентов.

Список использованных источников

1. Shelf space reallocation for out of stock reduction. / Frontoni, E., Marinelli, F., Rosetti, R., & Zingaretti, P. // *Computers & Industrial Engineering*. – 2017. – Vol. 106. – P. 32-40.
2. Масалитина, Н. Н. Математическая модель принятия решений при лечении остеохондроза поясничного отдела позвоночника / Н. Н. Масалитина, К. С. Курочка, Е. Л. Цитко // *Информатика*. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 24–35.
3. Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. / Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. // *Journal of Business Research*. – 2021. – Vol. 122. – P. 502–517. doi:10.1016/j.jbusres.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕКЛАМНЫХ СТРАТЕГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ДОЛГОЙ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ

Е.С. Пискун, Д. В. Нуансенгси

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, diana.nuansengsi@mail.ru

Modern e-commerce advertising requires the use of advanced data analysis technologies to improve the effectiveness of user interaction. One of the effective approaches to managing advertising companies is the use of neural networks such as Long Short-Term Memory (LSTM). In this paper, we consider the process of numerical modeling of advertising strategies using LSTM, which allows us to take into account time dependencies in the data and increase the accuracy of predictions of key campaign performance indicators such as CTR and ROI.

Введение

Рынок рекламы в электронной коммерции стремительно меняется, что требует от маркетологов оперативного принятия решений на основе анализа имеющихся данных. Традиционные методы анализа не всегда учитывают временные зависимости между различными параметрами рекламных кампаний, такими как бюджет, аудитория, время показа и поведение пользователей. В связи с этим, перспективным подходом для предсказания результатов рекламных кампаний является использование рекуррентных нейронных сетей, в частности, нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (англ. *Long Short-Term Memory, LSTM*) [1]. Она обладает возможностью хранить информацию о предыдущих шагах, что делает её особенно полезной для работы с длинными временными рядами данных, характерными для рекламных кампаний.

Описание процесса и математическая модель

Процесс оптимизации рекламных стратегий начинается с анализа данных о предыдущих действиях, выполненных пользователем. Эти данные включают такие параметры, как бюджет, время показа, показатели эффективности, включая показатель кликабельности (англ. *Click-Through Rate, CTR*) и метрику стоимости одного перехода по ссылке (англ. *Cost per Click, CPC*), а также демографические характеристики аудитории. На основе этих данных обучается модель *LSTM*, которая затем прогнозирует результаты будущих рекламных кампаний. Также её важной особенностью является способность сохранять и обновлять информацию о предыдущих шагах в процессе анализа, что позволяет учитывать изменения поведения пользователей со временем [2].

Модель *LSTM* основана на трёх ключевых элементах: забывающий слой, входной слой и выходной слой [3 – 6]. Эти элементы управляют потоком

информации в сети и обеспечивают ее точное предсказание на каждом временном шаге. Рассмотрим данные слои более подробно.

1. Забывающий слой (англ. *forget layer*) необходим для определения информации на каждом шаге, которую целесообразно не учитывать (забыть). Выходной сигнал в модели забывания вычисляется по формуле 1 [7].

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (1)$$

где f_t – коэффициент забывания (значение от 0 до 1); h_{t-1} – скрытое состояние предыдущего шага, x_t – текущие входные данные, W_f – весовые коэффициенты слоя забывания, b_f – смещение, σ – сигмоида, которая преобразует результат в диапазон [0, 1].

Схема забывающего слоя в модели *LSTM* представлена на рисунке 1.

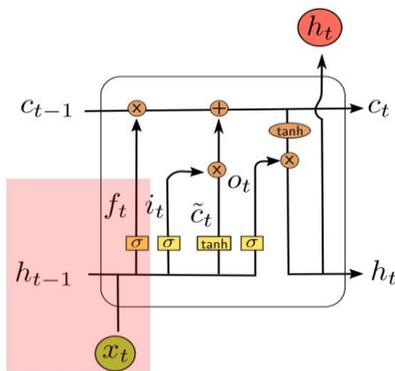


Рис 1. Схема забывающего слоя в модели *LSTM* [7]

2. Входной слой (англ. *input layer*) необходим для определения объема данных к добавлению в память.

Выходной сигнал входного элемента вычисляется по формуле 2 [7].

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i), \quad (2)$$

где i_t – коэффициент входа, определяющий количество новой информации, которое будет добавлено, σ – сигмоида, которая преобразует результат в диапазон [0, 1], W_i – весовой коэффициент входного слоя, h_{t-1} – скрытое состояние предыдущего шага, x_t – текущие входные данные, b_i – смещение.

Новое содержание памяти вычисляется по формуле 3 [7].

$$C_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c), \quad (3)$$

где C_t – новое содержимое памяти, h_{t-1} – скрытое состояние предыдущего шага, x_t – текущие входные данные, W_c – весовой коэффициент, b_c – смещение, \tanh – гиперболический тангенс, который масштабирует значение до диапазона $[-1, 1]$.

Схема входного слоя в модели *LSTM* имеет вид, приведенный на рисунке 2.

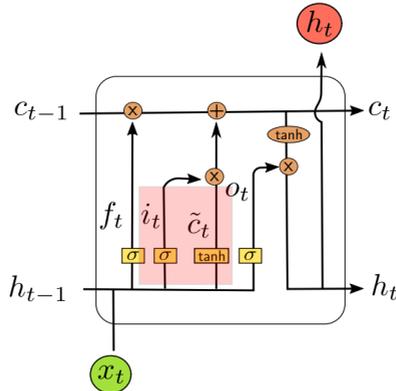


Рис 2. Схема входного слоя в модели *LSTM* [7]

3. Выходной слой (англ. *output layer*) необходим для контроля данных, передаваемых на следующий шаг.

Работа выходного слоя вычисляется по формуле 4 [7].

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o), \quad (4)$$

где o_t – коэффициент выхода (определяет, какую часть состояния нужно передать на следующий шаг), σ – сигмоида, которая преобразует результат в диапазон $[0, 1]$, W_o – матрица весов выходного слоя, h_{t-1} – скрытое состояние предыдущего шага, x_t – входные данные, b_o – смещение.

Обновление скрытого состояния h_t на текущем временном шаге вычисляется по формуле 5 [7].

$$h_t = o_t \times \tanh(C_t), \quad (5)$$

где o_t – коэффициент выхода, \tanh – гиперболический тангенс от текущего состояния памяти C_t , который масштабирует значение до диапазона $[-1, 1]$.

Схема выходного слоя в модели *LSTM* представлена рисунке 3.

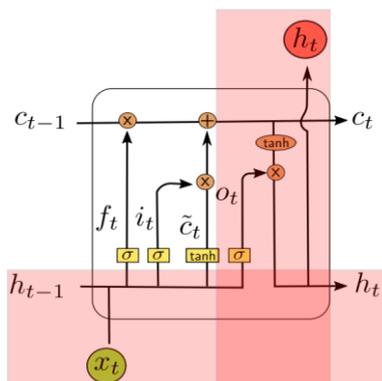


Рис 3. Схема выходного слоя в модели LSTM [7]

Модель обучается минимизировать ошибку прогнозов с помощью функции потерь, например, среднеквадратичной ошибки (англ. *mean square error*, *MSE*) для задач регрессии.

Среднеквадратичная ошибка для задач регрессии вычисляется по формуле 6 [7].

$$MSE(y_i, \hat{y}_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (6)$$

где y_i – реальное значение метрики, \hat{y}_i – предсказанное значение, N – количество примеров в обучающей выборке [3].

Вышеприведённые формулы 1 – 6 описывают способ поступления информации в рассматриваемую модель нейронной сети, ее обработку и дальнейшую передачу. Обучение модели направлено на минимизацию ошибки между реальными и предсказанными значениями ключевых метрик. Для этого используется метод обратного распространения ошибки с оптимизацией весов модели [4].

Стоит также отметить, что одним из важнейших факторов успеха модели LSTM является её способность учитывать долгосрочные зависимости, что особенно важно для рекламных кампаний с длительными временными интервалами. Эффективность модели подтверждена использованием таких стандартных метрик, как среднеквадратичная ошибка для регрессионных задач и кросс-энтропия для классификационных задач, что позволило достичь точности предсказаний, значительно превышающей традиционные методы [5].

В настоящее время, LSTM активно совершенствуется для повышения точности и её адаптации к различным сценариям рекламных кампаний, в частности:

1 Использование *механизма внимания* позволяет ей фокусироваться на ключевых временных шагах, что может повысить точность предсказаний в случае, когда определенные временные моменты имеют особую важность для конечного результата [3];

2 *Многослойность архитектуры LSTM* позволяет сети лучше распознавать сложные зависимости в данных, что позволит обеспечить более глубокую обработку информации и приведет к более точным предсказаниям [4];

3 *Включение дополнительных данных*, таких как время года, праздничные дни и макроэкономические индикаторы, может значительно улучшить прогнозирование модели, в частности, поведение пользователей в преддверии распродаж или праздничных дней, что важно учитывать при планировании рекламных кампаний [5 – 6].

Заключение

В работе показано, что внедрение модели *LSTM* в процесс оптимизации рекламных стратегий позволяет существенно улучшить точность прогнозирования ключевых метрик. Модель успешно учитывает временные зависимости, что делает её эффективным инструментом для автоматизации управления рекламными кампаниями.

Внедрение таких усовершенствований, как механизм внимания, многослойные архитектуры и учет внешних факторов, может дать возможность для создания более точных и адаптивных систем управления рекламой в электронной коммерции.

Список использованных источников

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // *Neural Computation*. 1997. Т. 9, № 8. С. 1735–1780.
2. Olah C. Understanding LSTM Networks [Электронный ресурс] // Colah's Blog. 2015. URL: <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (дата обращения: 16.10.2024).
3. Bengio Y., Courville A., Vincent P. Representation Learning: A Review and New Perspectives // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2013. Т. 35, № 8. С. 1798–1828.
4. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention is All You Need // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Т. 30. С. 5998–6008.
5. Sutskever I., Vinyals O., Le Q. V. Sequence to Sequence Learning with Neural Networks // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2014. Т. 27. С. 3104–3112.
6. Brownlee J. Deep Learning for Time Series Forecasting [Текст] // *Machine Learning Mastery*. 2018.
7. Gao S., Li H. An Application of Innovative Algorithm of Integrated Social Network Analysis with Statistical LSTM Chain Network Analysis (SLSTM-CNA) for Entrepreneurial Team Member Selection // *Journal of Electrical Systems*. – 2024. – Vol. 20, no. 3s. – pp. 1592–1602. DOI:10.52783/jes.1699.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯДРЫШКОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ МИКРОСКОПИИ

К. С. Курочка¹, В. С. Ермашкевич¹, А. Л. Федорович²

¹Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого,
Гомель, Беларусь, kurochka@gstu.by

²Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь,
alinafedorovich28082004@gmail.com

This paper deals with the technique of constructing a density map of distribution of nucleus structures in cells based on digital microscopy data using modern deep learning methods. Nucleus organisers, which are key chromosome sites for rRNA synthesis, play an important role in studying the proliferative activity of cells and their oncological transformation.

Введение

Изучение клеточных структур с использованием методов цифровой микроскопии и анализа изображений имеет важное значение для биомедицинских исследований, особенно в области онкологии. Одной из ключевых структур, играющих важную роль в клеточном метаболизме и пролиферации, являются ядрышковые организаторы (NOR, nucleolar organizer regions). Эти участки хромосом содержат гены, кодирующие рибосомальную РНК (рРНК), что делает их активность важным индикатором уровня синтеза рибосом и общей активности клетки. Увеличение количества ядрышковых организаторов в клетках свидетельствует о повышенной активности этих генов и, как следствие, ускоренном рибосомном биогенезе. Это является одним из признаков трансформации нормальных клеток в опухолевые и связано с их высоким метаболическим и пролиферативным потенциалом. Изучение изменений в структуре и количестве ядрышковых организаторов может быть важным диагностическим критерием при оценке злокачественных новообразований и прогнозировании их агрессивности.

Настоящая работа направлена на разработку методики построения карты плотности распределения ядрышковых структур на основе данных цифровой микроскопии с применением методов глубокого обучения. Предлагаемая методика дает возможность автоматизировать процесс анализа, что способствует улучшению диагностической точности и выявлению ранних признаков злокачественных изменений в клетках.

Роль ядрышковых организаторов в канцерогенезе и методика их определения с помощью нейронной сети

Ядрышковые организаторы, имеющие решающее значение для синтеза рибосомальной РНК, все чаще изучаются в онкологии благодаря их роли в биологии опухолей. Ядрышковые организаторы часто оценивают с помощью

таких методов, как окрашивание серебром (AgNOR staining), которое выявляет их связь с клеточной пролиферацией и злокачественностью. Исследования показали, что изменения в размере, количестве и организации ядрышковых организаторов могут быть использованы для оценки агрессивности различных видов рака, включая карциному молочной железы. Например, высокая вариабельность параметров AgNOR, таких как количество и размер, связана с более поздней стадией рака молочной железы [1].

Из ядрышковых организаторов развиваются ядрышки. Ядрышко – это комплекс белков и рибонуклеопротеидов, которые содержат гены рРНК. Количество ядрышек и ядрышковых организаторов в клетке может не совпадать. Ядрышко играет центральную роль в ответе клетки на различные типы стресса, что имеет ключевое значение в контексте онкологии. Поскольку оно участвует в биогенезе рибосом, этот процесс становится точкой регуляции при стрессе, так как рибосомное производство требует значительных энергетических затрат. При повреждении клетки, влияние стресса может изменить функцию и морфологию ядрышка, что может приводить к опухолевому росту.

Гипоксия (недостаток кислорода) в клетке вызывает стабилизацию гипоксиииндуцируемого фактора (HIF), который активирует гены, способствующие ангиогенезу и росту опухоли. Обычный механизм разрушения HIF нарушается, если он удерживается в ядрышке, что способствует опухолевой прогрессии.

Повреждение ДНК – одна из ключевых причин мутаций, которые могут вести к развитию рака. Ядрышко участвует в реакции на повреждение ДНК через активацию белка p53, который регулирует клеточный цикл, репарацию ДНК и апоптоз. Нарушения в этом механизме могут привести к некорректной регуляции клеточного цикла, что способствует опухолевой трансформации [2].

Для проведения анализа использовались снимки цифровой микроскопии в высоком разрешении из открытых источников. Разрешение снимков превышает 20000 пикселей, что делает задачу анализа затруднительной и ресурсоемкой. Определение объектов малого размера, а именно ядрышковых структур на снимках такого разрешения с помощью нейронной сети целиком невозможно из-за большого разрешения снимка и ограниченности контекста нейронной сети. В качестве решения данной проблемы может применяться разделение изображения на небольшие фрагменты. Для обеспечения высокой результативности обнаружения объектов малого размера необходимо перед обработкой минимизировать их разбиение на части, т.е. важно стремиться чтобы ни на одном из фрагментов, подаваемых на вход нейронной сети, объект не был разделен. Для достижения данной цели используется взаимное перекрытие фрагментов. Чем выше величина перекрытия, тем больших размеров объект может быть обнаружен без вероятности его разделения на части, что, однако потребует дополнительных вычислительных затрат [3]. Фрагмент размером 1024 на 1024 пикселей должен иметь достаточное коли-

чество мелких деталей и при этом быть довольно легковесным для работы нейронной сети. Для сохранения информации на границе фрагмента используется перекрытие 25%. Каждый такой фрагмент сохраняется отдельно, и вся работа с ним выполняется независимо от других. Данный подход имеет сходство с алгоритмом работы нейронной сети YOLO. Принцип её работы состоит в разбиении изображения на фиксированные области, в которых затем происходит поиск наличия объекта. Далее найденные ячейки идентифицируются как принадлежащие к разным объектам. Соседние ячейки, содержащие части одного объекта, объединяются. После объединения обнаруженные объекты передаются классификатору. Таким образом, классификатору передаются лишь фрагменты изображения, гарантированно содержащие объекты, а не все изображение [4].

На фрагменте исходного изображения можно видеть небольшие объекты округлой формы оранжевого цвета – это и есть ядро, а внутри небольшие черные вкрапления – это ядрышковые структуры (рис. 1).

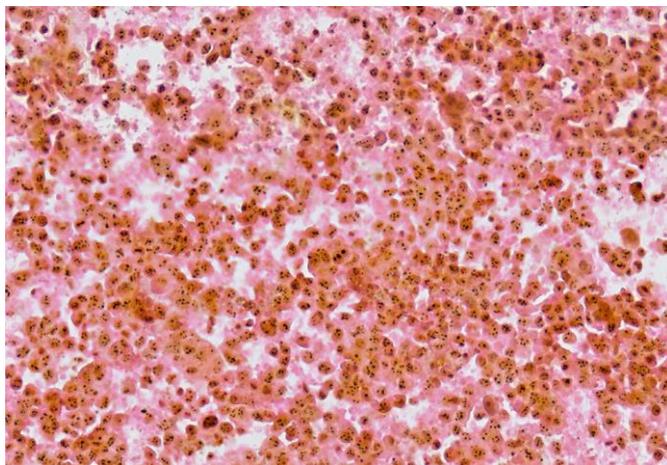


Рис. 1 – Пример фрагмента исходных данных

Предлагается использовать предобработку фрагмента изображения, а именно: автоматическую коррекцию яркости и контрастности, шумоподавление на основе фильтра Гаусса и медианного фильтра, всё это позволяет уменьшить высокочастотный шум и удалить импульсные шумы, сохраняя границы. Можно применить фильтрацию и сегментацию к каждому фрагменту, это значительно упростит работу и улучшит результаты.

Следующим этапом является сегментация ядер, отделение целостных ядер от ядер с размытыми границами. Далее по каждому сегментированному ядру необходимо посчитать количество ядерных структур. Изображение делится сеткой на небольшие области, с целью построения карты плотности, каждая такая область должна вмещать в себя несколько ядер. На основе полученных данных поэлементно фильтруются области со значением целостных ядер

менее заданного, т.е. перестают учитываться регионы, где ядер нет или их слишком мало для репрезентативности результатов. По итогам фильтрации вычисляется среднее значение ядерных структур каждой области, если область входит в часть фрагмента перекрытия с другим фрагментом, то вычисляется среднее значение перекрывающихся областей разных фрагментов. Из полученных результатов строится карта плотности распределения ядерных структур.

При наличии достаточных вычислительных мощностей есть возможность параллельной обработки фрагментов с использованием многопоточности или распределенных вычислений.

Заключение

Предложенная методика построения карты плотности распределения ядерных структур на основе данных цифровой микроскопии с использованием нейронных сетей является эффективным инструментом для визуализации распределения ядерных структур и анализа их участия в канцерогенезе. Этот подход позволяет автоматизировать процесс обработки данных цифровой микроскопии и повысить точность результатов. Дальнейшие исследования в этом направлении могут улучшить наши знания о клеточных процессах и способствовать развитию методик определения онкологии.

Список использованных источников

1. Winzer, K. Long-term analysis to objectify the tumour grading by means of automated microscopic image analysis of the nucleolar organizer regions (Ag-NORs) in the case of breast carcinoma / K. Winzer, J. Bellach, P. Hufnagl // Diagnostic Pathology. – 2013. – Vol. 56, № 8.
2. Weeks, S. E. The nucleolus: a central response hub for the stressors that drive cancer progression / S. E. Weeks, B. J. Metge, R. S. Samant // Cellular and Molecular Life Sciences. – 2019. – Vol. 76. – P. 4511–4524.
3. Богущ, Р. П. Обнаружение объектов на изображениях с большим разрешением на основе их пирамидально-блочной обработки / Р. П. Богущ, И. Ю. Захарова, С. В. Абламейко // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 7–16.
4. Курочка, К. С. Нейросетевая обработка данных: учеб.-метод. пособие / К. С. Курочка, К. А. Панарин // Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2021. – С. 212.

УДК 620

СТАЦИОНАРНЫЙ ТЕПЛООБМЕН МЕЖДУ ШАРАМИ И ПОТОКОМ ВОЗДУХА

К. Джамбыев, А. Матьякубов, Г. Байрамов, С. Батыров

This scientific article is devoted to the experimental study of heat exchange between balls and air flow under stationary conditions. The main objectives of this study were to clarify the available data on stationary heat exchange.

Введение

Для утилизации теплоты уходящих дымовых газов в электростанциях применяются контактные теплообменники различных типов. Из известных конструкций теплообменных аппаратов такого типа наибольшего внимания заслуживает газо-газовые теплообменники, в которых в качестве промежуточного теплоносителя применяются металлические шары. Однако отсутствие данных по теплообмену не позволяет разработать достаточно надёжную методику расчёта теплообменников подобного устройства, что препятствует их широкому применению в промышленности.

Материалы и методы

Установка состоит из трёх основных частей: теплообменник с медной сеткой, в которую помещены металлические шары, измерительные приборы и электрический нагреватель, служащей для нагрева контрольного шара.

Теплообменник представляет собой вертикально расположенную трубу с внутренним диаметром 106 мм и общей высотой 600 мм. По ходу эксперимента заменена вертикальная труба диаметром 60 мм и 168 мм.

Контрольный шар находился в середине слоя. Внутри контрольного шара был вставлен нихромовый нагреватель, диаметром 0,3 мм и сопротивлением 20 Ом, изолированный асбестовым шнуром. Электрическая нагрузка нагревателя чётко поддерживалась при помощи автотрансформатора. Ко внутренней стенке шара припаяны две хромель-копелевые термопары диаметром 0,3 мм. Температура подаваемого воздуха сохранялась постоянной (290° К).

Для стабилизации показаний обоих термопар необходимо было 15-20 минут и после этого определялась величина коэффициента теплоотдачи по формуле:

$$\alpha = \frac{I \cdot U}{\pi \cdot d^2 \cdot \Delta t}; \quad (1)$$

где $\Delta t = T_h - T_g$, T_h -температура шара, T_g - температура воздуха.

В работе Барышева указано на наличие зависимости числа D/d от отношения диаметра трубы теплообменника к диаметрами: 60 мм, 106 мм, 168 мм.

Возможно также, что на теплообмен влияет наличие шероховатостей на поверхности шара и неравномерность тепловыделения по обмену шара [1-2].

С целью проверки этих гипотез в опытах использовались следующие варианты шаров:

1. Шар диаметром 42 мм, промежуток между нагревателем (нихромовой спиралью тороидальной формы в оболочке из стеклоткани) и поверхностью шара заполнен асбестом, на поверхности шара по большому кругу сформирован выступ высотой 2 мм и шириной 3 мм.

2. Гладкий шар диаметром 42 мм, промежуток между нагревателем и поверхностью шара заполнен воздухом.

3. Гладкий шар диаметром 42 мм, промежуток между нагревателем и поверхностью заполнен трансформаторным маслом.

4. Гладкий шар диаметром 11 мм, промежуток между нагревателем и поверхностью заполнен трансформаторным маслом.

В пределе опытных данных приведённых на рис.1, не обнаружено влияние отношения диаметра трубы к диаметру шара (D/d) на значение коэффициента теплоотдачи при одинаковых значениях Gr и Re .

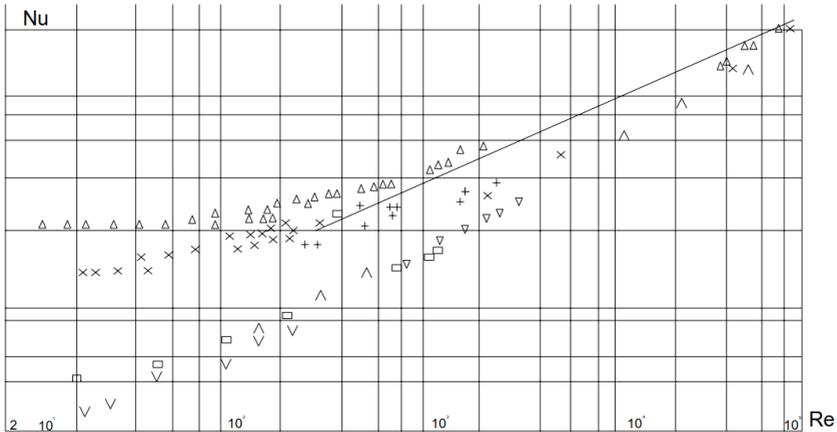


Рисунок-1. Опытные данные эксперимента:
 Δ-шар типа-1, $D=104$ мм; ⊕-шар типа -2, $D=104$ мм;
 о-шар типа-3, $D=104$ мм; х- шар типа-4, $D=168$ мм;
 □-типа -3, $D=168$ мм; ⊗- типа-4, $D=60$ мм; -данные Лойцянского;
 ▽- данные Вырубова; ▢- данные Фреслинга; +-данные Крюкова;
 *-данные Забрдского; v-данные Сокольского; ^-данные Ляховского

Физическая основа этого факта достаточно проста, поскольку теплообмен определяется процессами, протекающими в тонком пристенном слое, влияние стенок, начиная с некоторого значения D/d на теплоотдачу шара отсутствует. Исходя из результатов опыта, следует считать, что число Nu от отношения (D/d) не зависит, по крайней мере, со значения $D/d = 2,5$ для исследуемой области: $14 \leq Re \leq 200$, $1,4 \cdot 10^4 \leq Gr \leq 1,9 \cdot 10^6$.

В работе Барышева [3] делается вывод о наличии зависимости Nu от D/d вплоть до $D/d = 3,3$. Следует заметить, что в работе Барышева опыты ставились не на одиночном шаре, а на группе шаров, расположенных друг за другом так, что их центры находились на оси теплообменника. К тому же полученные данные Барышева свидетельствуют о том, что разность значений Nu , соответствующих различным значениям отношения D/d , при больших D/d настолько мала, что вполне может быть объяснена ошибкой эксперимента.

Экспериментальные данные о коэффициенте теплоотдачи обосновываются эмпирической зависимостью:

$$Nu = 2 \cdot 0,05 Pr^{0,33} \cdot Re^{0,54} + 0,35 Pr^{0,35} \cdot Re^{0,58} + \left[\frac{1}{1 \cdot \ln(1 + Re)} \right]^m \cdot f_1(Gr),$$

где $f_1(Gr) = \left\{ \begin{array}{l} 0,116 Gr^{0,452}, Gr \leq 16800 \\ 3,14Gr^{0,124}, Gr > 16800 \end{array} \right\}$;

$$m = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{Gr}{10^4}, \text{ если } Gr \leq 10^4 \\ 0, \text{ если } Gr \geq 10^4 \end{array} \right\}.$$

Заключение. Полученная нами зависимость показывает, что влияние термогравитационных сил на теплообмен, при $Gr=0$ совпадает с известной зависимостью для теплообмена при вынужденной конвекции и с достаточной точностью описывает опытные данные в случае свободной конвекции.

Список использованных источников

1. К. Джапбиев, А.Ш. Мухаммедова, А.Х. Иллиев, Р.А. Гулмырадов. Использование теплоты дымовых газов парогенераторов, водо- и воздухоподогревателей. Технологические инновации и научные Открытия / Сборник трудов по материалам XI Международного конкурса научно-исследовательских работ (19 декабря 2022 г., г. Уфа). В 3 ч. Ч.1 / – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2022. – с. 207-215.

2. Джапбиев К., Гулмырадов Р.А., Рахманов С.Б., Моммыков С.Б. Регенеративный теплообменник работающих с твёрдым теплоносителем для охлаждения дымовых газов. Всероссийский форум студентов и учащихся - 2023 : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (27 февраля 2023 г.). – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2023. – с. 103-110.

3. Е.Г.Барышев, Е.Ф. Рашников, В.С. Носов. Исследование гидродинамики и теплообмена в каналах с шаровым наполнением. Теплоэнергетика, №8, с.85-87, 1974.

УДК 620

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

А. Овулягулыев¹, Б. Гурбанов²

¹ НПП «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана

² Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

In modern conditions, measurements of heat flux density are becoming important in engineering. They are necessary in thermophysical experiments devoted to the study of the properties of substances and heat exchange processes, as well as for diagnostics of industrial heat and power equipment and control of its operating modes. Heat metering methods can be successfully used for operational quality control of thermal insulation of power plants and pipelines, determination of heat-protective properties of building structures. Such control contributes, on the one

hand, to the rational use of insulating materials, and on the other hand, to saving thermal energy.

Актуальность работы. Теплометрия позволяет эффективно решать задачи измерения коэффициентов теплопроводности материалов с непосредственным определением плотности теплового потока, проходящего через контролируемый образец. С ее помощью можно измерять коэффициенты теплоотдачи и лучистого теплообмена; определять составляющие теплового потока в процессах сложного теплообмена; создавать замкнутые оболочки с контролируемым теплопереносом для высокоточной калориметрии тепловых эффектов при исследованиях удельной теплоемкости веществ, теплот фазовых переходов и т.п.

Введение. Основная проблема на пути широкого использования теплометрии в нашей стране связана с недостаточным уровнем развития теплометрических преобразователей (датчиков) теплового потока, заметно отстающих от современной цифровой измерительной техники. В особенности это относится к датчикам для промышленных экспериментов, которые наряду с приемлемыми метрологическими характеристиками, должны отличаться конструктивной простотой, надежностью и невысокой стоимостью.

Материалы и методы. В последнее время мировое сообщество столкнулось с серьезными энергетическими проблемами, обусловленными ускоренным экономическим ростом, исчерпанием и крайне неравномерным распределением энергетических ресурсов, чрезмерной нагрузкой энергетической инфраструктуры на окружающую среду [1]. Для нашей страны эта ситуация усугубляется проблемами переходного периода, а также тем, вынужденная тратить значительную долю своих энергоресурсов на обогрев производственных и жилых зданий. Поэтому в Энергетической стратегии Туркменистана важнейшей задачей названо повышение эффективности производства и потребления энергии внутри страны, а энергосбережение отнесено к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и входит в перечень критических технологий [2].

Энергосбережение необходимо рассматривать в двух аспектах [3]. Первый предполагает структурную перестройку Туркменской экономики в пользу развития малоэнергоемких обрабатывающих отраслей, наукоемких производств и сферы услуг. Второй включает в себя реализацию потенциала организационного и технологического энергосбережения, т.е. внедрение передовых технологий, техническое перевооружение существующих производств, внедрение энергосберегающих мероприятий, позволяющих заметно сократить затраты энергии на выпуск единицы продукции. Следует отметить, что экономия энергии неразрывно связана со сбережением ресурсов, в частности, пресной воды, которая потребляется в нашей стране в огромных количествах. В свою очередь, экономия ресурсов, стоимость которых содержит значительную энергетическую составляющую, влечет за собой экономию энергии.

Для объективного определения эффективности использования энергии в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, на транспорте и в других отраслях экономики законодательно предусмотрено проведение энергетических обследований предприятий, которые включают и инструментальный контроль составляющих теплового баланса технологического оборудования и помещений [3]. По существу речь идет о проведении теплотехнических экспериментов в производственных условиях, позволяющих проводить диагностику и мониторинг объектов, как в статических, так и в динамических режимах их эксплуатации. Такие промышленные эксперименты являются технической основой энергосбережения и требуют соответствующего метрологического обеспечения.

Основные акценты при этом направлены на теплосбережение за счет организации учета тепловой энергии, поддержания оптимальных параметров теплоносителей и минимизации тепловых потерь в окружающую среду с поверхности теплотехнического оборудования, технологических трубопроводов и наружных ограждений зданий. Последнее предполагает наличие эффективной теплоизоляции и периодический контроль её целостности.

В настоящее время измерения всех основных параметров теплоносителей - давления, температуры, расхода, а также температур стенок - являются привычными и хорошо отработанными. Наиболее сложной процедурой при энергетических обследованиях остается непосредственное измерение плотности тепловых потоков на теплообменных поверхностях (теплометрия) [4]. Причина этого заключается в отсутствии простых, надежных, недорогих, а потому и распространенных датчиков тепловых потоков. Как известно, современные измерительные системы резко шагнули вперед; они позволяют автоматизировать и компьютеризировать эксперименты, регистрировать, хранить и обрабатывать огромные массивы опытных данных. Однако существующие датчики тепловых потоков пока отстают от уровня развития преобразовательной техники. Сложившаяся ситуация сдерживает развитие методов диагностики теплоэнергетических систем промышленных предприятий, ограничивая их тепловизионным контролем распределения температуры на поверхности оборудования. Плотности тепловых потоков на стенках приходится затем определять расчетным путем, причем точность такого их определения невелика.

Вышесказанное в полной мере относится и к экспериментальным исследованиям процессов конвективного, радиационного и сложного теплообмена. Широкий спектр таких исследований проводится как учеными, так и разработчиками энергоэффективных конструкций, оптимальных тепловых схем и режимов эксплуатации промышленных теплоэнергетических установок. Использование теплометрических датчиков, несомненно, следует рассматривать как средство повышения информативности и эффективности теплофизического эксперимента; оно позволит не только облегчить проведение комплексных научных исследований и лабораторных испытаний, но и упростить их автоматизацию.

Достоверность основных научных положений и выводов работы подтверждается применением современной метрологически аттестованной экспериментальной техники и технологического оборудования для вакуумного напыления, воспроизводимостью результатов градуировочных экспериментов тонкопленочных датчиков тепловых потоков и анализом их погрешностей.

Выполнено тестирование тонкопленочных датчиков теплового потока на ряде классических задач теплообмена. Оно было проведено в лабораторных условиях с целью определения плотностей тепловых потоков, эффективности тепловой изоляции и коэффициентов теплоотдачи на элементах теплогидравлического стенда, а также на действующем теплоэнергетическом оборудовании теплового пункта. Тестовые эксперименты подтвердили работоспособность датчиков и корректность теплотрических измерений, осуществляемых с их помощью.

Список литературы

1. В.Е.Фортов, О.С.Попель, Энергетика в современном мире, ИД «Интеллект», М., 2011, 167 с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: <http://minenergo.gov.ru/activitv/energostrategy/pr4.php>.
3. О.Л.Данилов, А.Б.Гаряев, И.В.Яковлев и др., Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях (под ред. А.В.Клименко), М., ИД МЭИ, 2010, 423 с.
4. С.З.Сапожников, В.Ю.Митяков, А.В.Митяков, Градиентные датчики теплового потока, СПб., Изд. СПбГПУ, 2003, 168 с.
5. Теория тепломассообмена // Под ред. А.И.Леонтьева, М., Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997, 683 с.
6. Ф.Ф.Цветков, Б.А.Григорьев, Тепломассообмен, М., Изд. МЭИ, 2001, 549 с.
7. О.А.Герашенко, В.Г.Федоров, Тепловые и температурные измерения, Киев, Наукова думка, 1965, 304 с.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ: РАСПОЗНАВАНИЕ И ДЕТЕКЦИЯ ЛИЦ

Кулик А.Д., Мухачева Е.Г.

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
anastasiakulick33@gmail.com

This article describes the mechanism of neural networks, and in particular the mechanism of facial recognition. The basic principle of face recognition with such stages as detection, normalization, extraction is highlighted.

Современные графические процессоры позволили развивать «глубокое обучение», то есть повышать глубину слоев нейросети. Именно благодаря глубокому обучению появились самообучаемые нейросети, которые не нуждаются в специальной настройке, а самостоятельно обрабатывают входящую информацию.

Каждая нейронная сеть состоит из искусственных нейронов, которые имитируют работу человеческих. Это программные модули или узлы, которые взаимодействуют и обмениваются информацией для решения задачи.

Базовая нейронная сеть содержит три слоя искусственных нейронов: входной — обрабатывает информацию извне, анализирует или классифицирует ее и передает на следующий слой; скрытый (их может быть несколько) — анализирует выходные данные предыдущего слоя, обрабатывает их и передает на следующий; выходной — выдает окончательный результат после обработки всех данных.

Глубокие нейронные сети отличаются тем, что искусственные нейроны в них связаны друг с другом, а каждой такой связи присваивается определенный вес, который отражает ее значимость. Кроме того, связь между нейронами может быть «упреждающей». Это означает, что данные проходят через них только в одном направлении. Такое происходит, если значение «веса» соединения ниже заданного.

Каждому входящему соединению узел присваивает число, известное как «вес». Когда сеть активна, узел получает другой элемент данных — другое число — по каждому из своих соединений и умножает его на соответствующий вес. Затем он складывает полученные продукты вместе, получая одно число. Если это число ниже порогового значения, узел не передает данные на следующий уровень. Если число превышает пороговое значение, узел «срабатывает», что в современных нейронных сетях обычно означает отправку числа — суммы взвешенных входных данных — по всем его исходящим соединениям [1].

Эти «веса» помогают определить важность той или иной переменной во входных данных. При прохождении каждого слоя входные данные умножаются на их «веса», а затем суммируются. Если получившееся значение выше заданного порога, то нейрон активируется и передает данные на следующий уровень.

Нейросети представляют собой мощный инструмент, способный обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, имитируя при этом работу человеческого мозга. Их гибкость и способность к самообучению открывают новые горизонты в решении сложных задач. Однако, несмотря на все теоретические аспекты и принципы работы, важно понять, как эти технологии влияют на нашу жизнь уже сегодня.

В повседневной практике нейросети находят применение в самых разных сферах — от медицины, где они помогают диагностировать заболевания, до развлечений, где создают уникальный контент. Также они играют ключевую роль в транспортной отрасли, оптимизируя маршруты и обеспечивая безопасность.

За последнее десятилетие технологии распознавания лиц значительно продвинулись вперёд, но одновременно стали предметом множества споров и обсуждений. В интернете можно найти множество статей и заметок о том, как работает распознавание лиц, зачем его внедряют и насколько эффективно оно функционирует. Однако в этом обильном потоке информации сложно разобраться и отделить факты от слухов, особенно без соответствующего фона знаний. Например, один автор может утверждать, что современные нейросети способны безошибочно идентифицировать человека в большой толпе, другой будет приводить примеры неудач искусственного интеллекта, а третий раскроет секретные методы, позволяющие обмануть алгоритмы распознавания.

Для ознакомления с технологией нам будет проще всего представлять её чёрным ящиком, который на вход принимает изображение (кадр из видео или фотография), а на выходе возвращает некоторый набор вещественных чисел, который «кодирует» лицо. Этот набор часто ещё называют «вектором признаков» или «биометрическим шаблоном».

Размерность этого вектора у каждой системы может быть своя, обычно это некоторая степень двойки: 128, 256 или 512. Какой бы ни была размерность, норма вектора равна единице.

Эти векторы обладают следующим свойством: если мы попробуем дважды закодировать одно и то же изображение лица, мы получим два одинаковых вектора — угол между ними будет равен нулю, а чем сильнее будут различаться лица, тем дальше друг от друга они будут лежать на сфере и тем больше будет угол между ними. Это означает, что для определения «похожести» двух лиц нам достаточно измерить угол между их векторами; удобнее всего в качестве меры схожести использовать косинус угла, а не сам угол.

Система распознавания лиц не может нам сказать, что на некоторой фотографии изображён конкретный человек. (или наоборот, что на фото совсем не он). Мы можем взять реальное фото этого человека и при помощи системы построить для него вектор признаков. В дальнейшем этот вектор можно будет сопоставить с вектором исследуемого изображения и узнать меру их схожести.

Погружаясь в механизм обработки изображений, поговорим о детекторе. Первым делом, получив на вход картинку, алгоритму нужно отыскать на ней лиц. За это отвечает компонент, называемый детектором, его задача — выделить области, в которых содержится нечто, напоминающее лицо.

До недавнего времени эту задачу решали с помощью метода Виолы — Джонса или HOG-детекторов. Однако сегодня нейронные сети практически полностью заменили эти методы. Они обеспечивают более высокую точность, меньше подвержены влиянию углов съёмки (наклонам, поворотам и т.д.) и демонстрируют большую стабильность в своих предсказаниях по сравнению с классическими подходами. Даже скорость работы, традиционно считающаяся ключевым преимуществом, больше не является проблемой для нейросетей. Благодаря большому объёму доступных данных для обучения и

развитию вычислительных ресурсов можно легко подобрать размер нейросети, который удовлетворит ваши требования.

Лица, которые возвращает детектор, всё ещё пребывают в своём естественном положении: повёрнуты, наклонены, разного размера. Чтобы на следующих этапах нам было проще их обрабатывать и сравнивать, нужно привести их к некоторому универсальному виду. Эту задачу решает компонент системы, который называется нормализатором.

В идеале, мы хотели бы работать только с фронтальными изображениями лица, для чего, в свою очередь, необходимо уметь преобразовывать любое полученное системой, изображение к фронтальному типу, причём преобразовывать просто и быстро, не прибегая к 3D-реконструкции и прочему «ракетостроению». Разумеется, магии не существует, и легко привести любое лицо к фронтальному невозможно, однако мы всё ещё можем попытаться получить изображение, максимально приближённое к фронтальному, — насколько это возможно для имеющейся картинки. В нашем распоряжении имеются три инструмента:

- scale: мы можем «приблизить» или «отдалить» лицо;
- rotation: мы можем повернуть лицо на любой угол в плоскости изображения;
- shift: мы можем сместить лицо на несколько пикселей влево или вправо, вверх или вниз.

Каждое из этих преобразований описывается матрицей 3×3 . Перемножив все три матрицы, мы также получим матрицу 3×3 для суммарного преобразования — его необходимо применить к лицу для приведения к нужному нам виду:

Одним из способов определения преобразования может быть следующий: найти ключевые точки лица (центры глаз, кончик носа) и вычислить такую матрицу, в результате применения которой кончик носа окажется по центру изображения, а глаза выровняются на одном горизонтальном уровне. Способ довольно простой, однако, во-первых, он сильно зависит от качества детектирования ключевых точек, а во-вторых, нет гарантии, что описанные выше эвристики являются оптимальными для распознавания.

Альтернатива, как вы уже, вероятно, догадались — снова нейросеть. С её помощью мы можем предсказать итоговую матрицу преобразования напрямую, не отыскивая ключевые точки и не делая каких-либо предположений о расположении носа и глаз.

Теперь, когда у нас есть нормализованное лицо, настало время строить вектор — этим занимается компонент, называемый экстрактором, основной элемент всей системы. Он принимает на вход картинку фиксированного разрешения — обычно 90–130 пикселей, такой размер позволяет соблюсти баланс между точностью работы алгоритма и его скоростью (картинка большего разрешения могла бы содержать больше полезной для распознавания информации, но и обработка её выполнялась бы дольше).

Экстракция вектора — завершающий этап пайплайна обработки лица. Главное, чего мы ждём от хорошего экстрактора — чтобы он строил как можно более «близкие» векторы для схожих лиц и как можно более «далёкие» — для непохожих. Для этого экстрактор нужно обучить, а для обучения первым делом нам понадобится датасет — набор размеченных данных. Выглядеть он может примерно так:

То есть, у нас есть некоторое множество уникальных людей — «персон» (персона k и персона m — это разные люди, если $m \neq k$), и для каждой из них есть некоторое множество картинок. При этом мы точно знаем, на какой картинке какая персона. Самые передовые системы обучаются на датасетах в миллионы, а то и в десятки миллионов персон, а вот фотографий на каждую из них нам будет достаточно пяти–десяти (персона с единственной фотографией может оказаться полезной для обучения), но опять же: больше — лучше. В наши дни в интернете можно найти большое количество публичных датасетов, а иные исследователи собирают для обучения фотографии знаменитостей [2].

При формировании обучающей выборки следует принимать во внимание тот факт, что экстрактор (на самом деле, это справедливо для любой нейросети) всегда будет лучше работать на данных, похожих на те, на которых он учился.

В последние годы технологии распознавания лиц, основанные на искусственном интеллекте, стали важным направлением в области компьютерного зрения и машинного обучения. Их применение охватывает множество сфер, включая безопасность, маркетинг, здравоохранение и управление ресурсами. В условиях быстрого развития технологий и растущих объемов данных, анализ и совершенствование методов распознавания лиц становятся особенно актуальными. Данная технология пользуется большим спросом на рынке и наличие локальных решений значительно упрощает использование и дальнейшую работу с информацией на собственных базах данных. Именно потому данная тема находит большое распространение на рынке и актуальна в настоящем, а также будет актуальна еще долгое время.

Список использованной литературы

1. Нейронные сети. Популярная сейчас технология «глубокого обучения» идет от идей 70 летней давности [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vc.ru/tech/672836-neironnye-seti-populyarnaya-seichas-tehnologiya-glubokogo-obucheniya-idet-ot-idei-70-letnei-davnosti> - дата доступа: 09.09.2024.
2. Как на самом деле работает распознавание лиц [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ntechlab/articles/586770/> - Дата доступа: 10.09.2024.

**ТЕЛЕГРАМ-БОТ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ
«ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНСУЛЬТАНТ БрГТУ»**

Е. С. Палто, В. В. Касьяник

Брестский государственный технический университет, Брест,
Беларусь, alena_sokolovskau@mail.ru

Telegram-bots are an integral part of modern digital services, and their role in facilitating communication, automating tasks, and providing real-time responses is increasing. The use of artificial intelligence (AI) in such bots ensures their ability to handle complex tasks and provide personalized answers. This article focuses on the development of a Telegram bot with AI capabilities for the Brest State Technical University. The bot is based on the Retrieval-Augmented Generation (RAG) system, which enables it to efficiently search and retrieve information from various sources and generate relevant responses.

Искусственный интеллект (ИИ) сегодня является важнейшей составляющей цифровых технологий, активно применяемых в различных сферах, включая образование, бизнес и повседневную жизнь. Разработка телеграм-ботов с ИИ [1] позволяет автоматизировать процессы взаимодействия с пользователями, обеспечивать оперативную поддержку и предоставление информации в реальном времени. Телеграм-боты могут не только отвечать на типовые запросы, но и адаптироваться под нужды пользователей, анализируя запросы и предоставляя уникальные ответы.

Цифровой помощник БрГТУ – это специализированный телеграм-бот, разработанный для предоставления информации и поддержки студентам, преподавателям и сотрудникам университета. Основная цель проекта – автоматизация ответов на вопросы, предоставление актуальной информации и облегчение взаимодействия между пользователями и учебным заведением.

Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) [2] была выбрана как основа для разработки ИИ-бота. Данная технология сочетает в себе два подхода:

1. Поиск и извлечение информации из заранее подготовленных баз данных, документов и других источников. Бот может быстро находить необходимую информацию по запросам пользователей, основываясь на заранее структурированной информации, хранящейся в базе данных.
2. Генерация ответов на основе извлеченной информации с помощью нейронных сетей и языковых моделей. Это позволяет боту адаптировать ответы под конкретные запросы пользователей и предоставлять уникальные ответы на основе данных.

Основное преимущество RAG [2] заключается в том, что он способен комбинировать высокую скорость поиска информации и адаптацию ответов, что делает взаимодействие с ботом удобным и точным.

При запросах бот обращается к заранее созданной базе данных, в которой содержится информация о БрГТУ: структура университета, информация о кафедрах, транспорт, с помощью которого можно добраться до университета, а также свежие новости БрГТУ и другая важная для студентов, абитуриентов, преподавателей информация. Если ответ на запрос нельзя найти в базе данных, бот использует языковую модель для генерации ответа, опираясь на близкие по смыслу данные. Это позволяет обрабатывать запросы даже в тех случаях, когда необходимой информации нет в явном виде.

Алгоритм работы бота включает в себя:

- Обработка запроса пользователя.
- Поиск релевантной информации в базе данных.
- Генерация ответа на основе найденных данных с возможностью дополнения информации, если необходимо.
- Возврат ответа пользователю в удобной и структурированной форме.

Каждый запрос и ответ сохраняется в базе данных для дальнейшего анализа, что позволяет улучшать работу бота и увеличивать точность его ответов. Также система поддерживает многопользовательскую среду, где бот может обслуживать одновременно множество запросов от студентов и преподавателей.

Бот был протестирован на различных запросах, связанных с учебным процессом БрГТУ. Результаты тестирования показали высокую точность ответов, своевременность и адаптивность бота к разнообразным запросам.

Список использованных источников

1. Искусственный_интеллект // wikipedia URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект (дата обращения: 23.03.2024).
2. Retrieval Augmented Generation // wikipedia URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Retrieval-augmented_generation (дата обращения: 23.03.2024).

FACIAL RECOGNITION SYSTEMS

A. M. Hamrayev, P. S. Myradov, M. M. Hojamammedov

The State Energy Institute of Turkmenistan

On the basis of this program, the program that registers employees by face at the entry-exit points is designed for the security of electronic document exchange and the use of cryptographic methods of data protection. The program allows solving the following problems in data transmission systems and computerized systems, i.e., the reliability of information exchange in electronic document exchange and security, high level of confidentiality of the transmitted information, resistance to various crypto-attacks, it allows to carry out tasks such as simultaneous implementation of data encryption and decryption. This program can be installed and used in any office or business.

Facial recognition systems. The process of face recognition is usually a set of different tasks that serve to recognize a person from a digital image or video clip. In general, the process looks like this: after the system receives an image from the camera, the face boundaries are determined by algorithms (the face extraction phase). After that, the recognition phase begins, where the face is modified (brightness, alignment, resizing, etc.) and brought to a certain shape. The features are then calculated and directly compared to benchmarks stored in the database. This final stage of comparison is called identification or verification, depending on the system.

Verification: Comparison of samples in a "1:1" scheme. To identify an individual, the system compares the biometric sample with a biometric template stored in the database and asks, "Is this person the same person as the template?" answers the question. **Identification:** Comparison of samples in a "1:N" scheme. To determine the identity, the system compares the biometric sample with all facial templates stored in the database and asks "who is this?" answers the question.

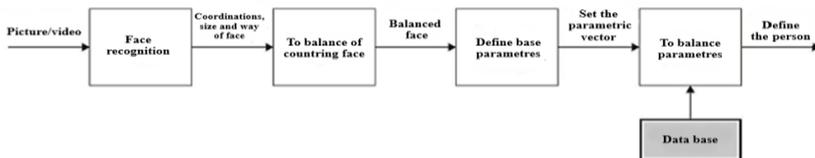


Figure 1. General algorithms of defining face

Recognise face by person. Humans can identify their surroundings in tens of milliseconds. Such a high rate of object recognition is possible because our brains make constant predictions about what we see and compare these predictions with information from the outside world. There are three main steps in human face recognition:

- 1) to determine the physical characteristics of the subject;

- 2) identify the person, based on which we determine whether the person is known to us or not;
- 3) we know the person, but we still don't know whether we know his name or not.

Scientists have found that certain areas of the human brain are activated at each stage. As psychologists point out, face recognition is more related to the cognitive side of emotion. In fact, face recognition occurs as follows: the brain constantly compares what it sees with what it holds in long-term memory. Ironically, this is how almost all face recognition algorithms already embedded in the database work. For example, when we look at an object such as a watch, we compare what we see with the features specific to the mental image of the watch. Not all watches are the same, and although some models of this object may differ from the prototype in mind, each watch has key features that are unique to it, such as the minute and hour hands that aid recognition, and the dial. The image of the object is then classified into a specific category and stored in memory. The more hours our brain stores, the easier it is to recognize something new.

Object classification is usually the final step in the recognition process, but in the case of face recognition, it's just the beginning. If it is enough to recognize a clock as a clock, it is not enough to recognize a human face as a human face. Almost immediately we judge a person's gender and age, race, and even whether we like them or not. In addition, we immediately determine whether this face is familiar to us. If a person is familiar to us, we immediately start receiving information from them, just like a face recognition algorithm. It can identify a specific person and then access the information and send a signal to the crime agency depending on why it was created.

Machine authentication. The problem of face recognition and identification is one of the first practical problems that motivated the creation and development of the theory of object recognition and identification. There are nine categories that correspond to Gnostic places and create visual images:

- 1) objects that can be manipulated;
- 2) partially controllable objects;
- 3) uncontrollable objects;
- 4) faces;
- 5) facial expression;
- 6) living beings;
- 7) printed characters;
- 8) manuscript images;
- 9) characteristics and location of light sources.

The problem of face recognition was considered in the early days of computing. Certain companies have been actively developing automated human identification systems for more than 40 years, and today: Smith and Wesson (ASID system - Automated Suspect Identification System); ImageWare (FaceID system); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miro (Trueface System); Vissage Technology (Vissage Gallery System); Visionics (FaceIt System).

Different methods have been proposed to solve the problem of face recognition, among them, based on neural networks, based on Karhunen-Loeve partition, algebraic moments, lines of equal intensity, and elastic (deformation) comparison standards. The development of recognition algorithms focuses on the automatic selection of facial elements (eyes, nose, mouth, chin, etc.) from various images: face, profile and arbitrary angle. In addition, these geometric features are used to solve recognition problems. A common feature in describing these approaches is the lack of comparison in a statistically significant database.

Geometric comparison based on the definition of facial elements – facial elements: eyes, nose, mouth, chin, etc. A face can be recognized even though individual facial elements are not visible enough. The idea of scaling is to find the relative position and features of the individual elements of the face. Even when face elements are entered manually, the computer shows very good results.

A benchmark comparison is a built-in image representation as a byte array – the intensity magnitudes are compared to the large surface – a metric that matches the benchmark. There are several ways to prepare and display benchmarks. Several benchmarks are used for recognition from different perspectives.

The reference comparison scheme in Bruce V.'s work is modified enough to be called correlation-extremal. It uses image normalization that translates to a gradient size map and has no edge maps. One of the successful findings is the use of multi-dimensional and small-scale references for the eyes, mouth and nose. Elemental element identifiers are based on these approaches. It should be noted that the next step is constructive: first detect the eyes (by comparison), then automatically adjust the image for scale and orientation.

It can be seen that this approach has elements of recognition based on whole face reference: YE (eyes) is used for image normalization and reference comparison is done separately for individual face features (eyes, nose, mouth). However, experiments show that face recognition is emerging in an architecture that combines a face recognition approach with an element matching approach.

A recognition scheme in neural networks is of interest. In particular, the use of a network of hyperbasic functions in feature vector synthesis for arbitrary angle recognition of 3D objects. In this case, the mesh inputs include the surface elements, including their position in the image. The hyperbasic functional grid, the amplitudes of the gradients for each pixel and the centers of the corresponding standards, different centers in different schemes, is similar to the scheme described earlier for comparing Face Elements templates. In these correlation coefficients, instead of the maximum method, linear classification by Gaussian functions of the correlation coefficients can be fitted. The problem of the dependence of the recognition results on the shooting angle can be solved in several ways. If there are images taken from different angles for each individual, the same recognition schemes can be used at the expense of increasing the computational cost. Using hyperbasis functions - classifications with the possibility of interpolation between different projection points is very risky. However, in reality there may be only one face image to create a template. Of course, a single image of a 3D object (without

shadow) does not contain enough information. However, if the object belongs to a group of similar objects (prototypes) for which different projection points are known, reasonable extrapolation is possible and the correct projection can be presented for this object from the 2D projection alone. Humans are able to recognize faces rotated 20-300 from the frontal projection. Perhaps they are using information about the structure of the normal face. Another solution to this problem is to use 3D face models to support recognition in non-face images. As R. Brunelli pointed out, it is possible to identify and solve problems such as working on an expert database related to obtaining other face projections using knowledge about the projections of other typical objects of this class.

For different contours of facial elements, different methods are used to extract them in the original portrait. The eyes and mouth have fixed geometric shapes, so they are extracted according to the deformation reference model. Other facial features such as eyebrows, nose, and facial contours vary so much that an active contour model is used to detect them. Figure 3 shows all the features of the face that are intended to be detected in automatic facial recognition, which are used in portrait testing and ensure the validity of the method. Deformation standard model. The variable parameters are defined by the parameters provided by the a priori knowledge about the expected shape of the UE and are numerically determined during the learning process during contour decoding. The standards are highly flexible and can be numerically compared when their dimensions and other tuning parameters are changed, and the obtained parameter values can be used to describe specific surface elements. Deformation references interact dynamically with the current digital image. The energy function is defined by a set of components that capture the image reference. Surface elements based on characteristics of intensity slice graphs, such as maxima and minima, edges, and intensity values. The minimum energy function corresponds to the best choice for a given image. Usually, deformation standards are used to define eyes and mouths.

Recognise face by using OpenCV library

First, let's learn how to recognize a face in a photo. First, you need to find where the person's face is in the picture and not confuse it with the clock on the wall and the cactus on the window. A simple task for a human may not seem so simple for a computer. To find a face, we need to select the main components such as nose, mouth, eyes, lips. For this we will use the templates shown in Figure 2.

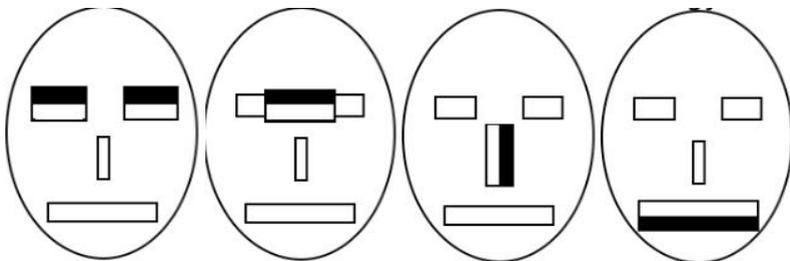


Figure 2. Basic templates

Using of symbols of Haar. If the templates, if they are the first, match certain areas of the image, we assume that the image has a human face. For each of them, the difference between the brightness of the white and black areas is calculated. This value is compared to a standard and decides whether a part of the human face is present or not. This method is called the Viola-Jones method (also known as Haar cascades). Let's imagine that there are not only big faces in the picture, but also small ones. If we apply the templates to the whole image, we won't find the face there because it will be smaller than the templates. A sliding window method is used to search the entire image for faces of different sizes. It is in this window that the initials are counted. The window appears to slide across the entire image. As each image is passed, the window is enlarged to find larger-sized surfaces.

A face has been found in the photo, but it takes a few more steps to recognize a specific person. We will use the Local Binary Patterns algorithm to solve this problem. Its essence is that we divide the image into slices and compare each pixel in each slice with its 8 neighboring pixels. If the value of the central pixel is greater than its neighbor, we will write 0, otherwise we will write 1. So we will get a specific number for each pixel. In addition, based on these numbers, a histogram is calculated for all the segments that we have divided the image into. The histograms from all the slices are combined into a vector that characterizes the image as a whole. If we want to know how similar two faces are, we need to calculate and compare such a vector for each of them, the calculation of the vector is shown in Figure 3.

5	8	1		1	1	0
3	4	6		0		1
7	1	3		1	0	0

Figure 3. Calculation of LBP weight

The vector is written to line 11010001. Figure 4 shows the face detection algorithm. The CascadePath parameter contains the name of the file with values ready to refer to. This file was downloaded from GitHub.

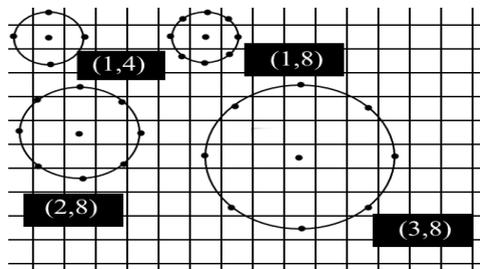


Figure 4. LBP radius

The following parameters (8,8) describe the dimensions of the areas shown in Figure 5, into which we divide the faceted original image. The smaller it is, the more it will be and the better the detection will be.

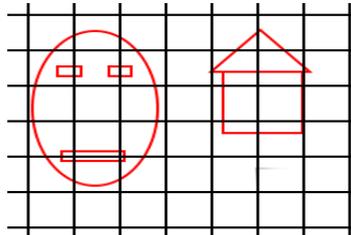


Figure 5. Dividing to districts

Finally, the last value is the confidence threshold parameter, which defines the threshold value for face recognition. The lower the confidence, the more confident the algorithm is that the image shows a face it knows. When the threshold is low, the confidence means that the algorithm considers only this face as unfamiliar. In this case the threshold is 123.

Algorithm description and implementation. First, we need to familiarize ourselves with a simple face recognition algorithm. To recognize a specific person in real time, you need to create a database of their photos. Then translate it into iml format so that the algorithm can compare the frames in the database and the ones coming from the camera. Finally, the algorithm must inform the user who is in front of the camera.

A proper implementation of such a problem would be to divide it into several algorithms that work independently and each performs its own task. Figure 6 shows the real-time face recognition algorithm.

```
import numpy as np
import cv2
faceCascade =
cv2.CascadeClassifier('Cascades/haarcascade_frontalface_default.xml')
cap = cv2.VideoCapture(0)
cap.set(3,640)
cap.set(4,480)
while True:
    ret, img = cap.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = faceCascade.detectMultiScale(
        gray,
        scaleFactor=1.2,
        minNeighbors=5,
        minSize=(20, 20)
    )
    for (x,y,w,h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
        cv2.imshow('video',img)
        k = cv2.waitKey(30) & 0xff
        if k == 27:
            break
    cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Figure 6. Recognise face

After importing numpy and cv, you need to import an xml file with positive and negative examples of faces. First, the algorithm requires many positive images (images of faces) and negative images (images without faces) to train the classifier. We need to extract functions from it. This step would take too much time to describe, so this section will be omitted below. To run the algorithm multiple times, you need to run the loop with an exit condition.

The img variable accepts a 640X480 resolution image that the algorithm will run on. In black and white format, the program is easier to recognize the face, because the algorithm working on Haar features can detect sudden changes in shadows with greater accuracy, gray is still the same img image, but black and white.

By creating a classifier function, we can not only define the parameters for face detection, but also simplify the task for the algorithm.

So we can create an enlarged pyramid. For example, parameter 1.2 shows that the image will be reduced by 80%, but not once. An Expandable Pyramid is a collection of the same shape, but in different sizes.

minNeighbors - minimum number of neighbors. The image describes which neighbors are in question. The higher the parameter, the more accurately the algorithm recognizes faces.

minSize is the minimum image size that can be mistaken for a face, the smaller the minSize, the better the algorithm will perform.

maxSize - Similar to minSize, but works in reverse, it is not used in the algorithm, so the face found can be any size.

For has nothing to do with face recognition, it just draws a rectangle around the detected face.

Create an xml file. Working with an extended cascade of weak classifiers involves two main steps: a training phase and a detection phase.

Sources

1. Громов Ю.Ю., Дидрих И.В., Иванова О.Г., Ивановский М.А., Однолько В.Г. Информационные технологии. Тамбов. 2015.
2. Абрамян М. Э. Электронный справочник по программированию Версия 4.5 Ростов на Дону, 2005.
3. Абрамов С. А., Гнездилова Г. Ф., Капустина Е. Н., Селюг М. И. Задачи по программированию Вологда, 2000.
4. Шень А. Программирование. Теоремы и задачи. М., 2004.
5. Никита Культин “Основы программирования в Delphi XE” Санкт-Петербург, 2011.

**Инновационные средства представления
информационного контента. Электронные
информационные технологии в системах
дистанционного обучения и поддержки
учебного процесса**

ОРГАНИЗАЦИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СВЯЗНОСТИ

Курячий Г. В.

Факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова / «Базальт СПО», Москва, Россия, fbrgeorge@gmail.com

During the recent pandemic, the advantages and disadvantages of purely remote teaching methods became obvious. However, the means of supporting the remote educational process have developed so much that now it is not possible to fully return to the traditional classroom method: if lectures are broadcast by a public service, only the operator, lecturer and members of the lecturer's fan club are present in person. How does this challenge the current practice of university classes and what to do next? We know the answer to the first question from our own experience, but the second one is proposed for discussion at the conference.

Предыстория

Наш опыт дистанционного преподавания начался с проведения онлайн-лекций и практикумов по курсу «Алгоритмы и алгоритмические языки» [1] в 2015 году. Практикумы были организованы довольно технично по тем временам: в классе загружался по сети подготовленный образ ОС, в котором студенты видели т. н. «доску» — трансляцию рабочего стола преподавателя по протоколу VNC, занимающую пол-экрана. На другой половине они выполняли задания; кроме того можно было «выйти к доске»: подключиться к ней в режиме управления и показать всем решение. Голос преподавателя и микрофон в классе транслировался с помощью Mumble — пожалуй, до сих пор лучшим (по задержкам и трафику) инструментом голосовой связи. Поскольку все силы ушли на организацию класса практикума, лекции транслировались на экран с помощью Google Hangout, причём преподаватель просто заходил в него с двух компьютеров — своего и удалённого — и беседовал сам с собой. Лекционные материалы публиковались в Moodle, проверка домашних заданий — программ, реализующих заданный алгоритм — системой Ejudge.

Во времена пандемии КОВИД-2019 такая или подобная схема преподавания стала вполне общей, место Hangout занял Zoom или Discord (были также административные попытки ввести MS Teams, но к ним относились как к картофелю при Екатерине). Важную роль стала играть организация «быстрого» инфообмена — и поскольку чат в Zoom явно разработан для того, чтобы им не пользовались, в качестве мессенджера можно было применять тот же Discord, мы остановились на Telegram. Лекционный материал транслировался онлайн в YouTube, а после монтажа

выкладывалась облагороженная версия эфира. Выяснилось, что Moodle как образовательная площадка в данном практически непригоден (отбирает много времени на подготовку, не давая явных преимуществ), а как хранилище контента намного удобнее было использовать собственный сайт с Wiki-движком.

Современное положение дел

Когда пандемия прошла, оказалось, что большинство инструментов дистанционного обучения прекрасно подходят и к ситуации, когда в удалёнке нет необходимости. Польза систем проверки Д/З (таких как Ejudge) была известна и ранее, а вот эфиры и монтажи лекций представлялись нам полезным дополнением к аудиторному их чтению — например, заболевший или отлучившийся по делам более насыщенный студент всегда может посмотреть запись. VNC-«доска» (демонстрационная половина экрана) оказалась в аудиторных практикумах несравненно удобнее собственно *доски* [2].

Сложившаяся на сегодняшний день связка «лекции + семинары» в нашей практике преподавания выглядит так.

Лекции:

- читаются аудиторно соответствие с расписанием,
- полностью состоят из скринкаста, который отображается на экране в аудитории,
- транслируются online с добавлением небольшой говорящей головы (отредактированный монтаж трансляции, включающий аудиторный съёмки, выкладывается с небольшой задержкой),
- сопровождаются практическими домашними заданиями «средней тяжести»;
- эти домашние задания проверяются в полуавтоматическом режиме (в том числе на плагиат [3]);
- план-конспект лекций поддерживается на сайте в актуальном состоянии.

Семинары (практикум):

- проводятся аудиторно с использованием «доски»,
- организованы по специально разработанной стихийно сложившейся методике, основанной на специфике используемого дистанционного инструментария (подробнее об этом см. [2]),
- сопровождаются практическими домашними заданиями «чуть выше средней тяжести» (чтобы было над чем подумать после решения Д/З по лекциям);
- эти решения также проверяются в полуавтоматическом режиме, в сложных случаях используется самостоятельно разработанная система [4].

Обратная связь:

- по лекциям организована группа в Telegram (сейчас порядка тысячи участников);

– в группе активно работает сообщество — далеко не каждый вопрос решает преподаватель;

– есть также чат в канале YouTube, но в нём высокий процент случайных людей.

Особенности и «неожиданные» последствия

Главное и наиболее чувствительное изменение — на аудиторные лекции стало приходиться существенно меньше студентов. Причина — качественные видеозаписи в постоянном доступе.

Сокращение аудитории — это *потеря обратной связи*. В пандемию стало особенно очевидно, что никакие изображения голов на экране не заменят интуиции, позволяющей лектору по выражению лиц, положению тел, специфическому шуму и прочим невербальным признакам определять момент смены модуля — грубо говоря, объяснить теорию, разбирать пример (потому что теория пока больше не лезет), или рассказывать байку (потому что не лезет уже и пример).

Читать лекции на аудиторию из пяти человек примерно так же сложно. К сожалению, бывшие выпускники средних школ стесняются задавать «глупые вопросы» (на которые можно легко и быстро ответить) на лекциях. А между тем «глупый вопрос» — это и возможность приостановить плотное изложение в подходящий момент, и сигнал лектору о том, что какая-то формулировка, возможно, была недостаточно внятной, и показатель заинтересованности слушателей. Предположим, на десять человек один не побойтся. Только их пять.

Резко увеличилось *размежевание «просто студентов» и «нерадивых студентов»*. Лекции в свободном доступе — это, с одной стороны, стопроцентная доступность. Классические «в лекциях не так, как в учебнике», «болел», «трамвай сломался» организационно просто не принимаются к сведению. Наличие опубликованных план-конспектов и, главное, telegram-группы, в которой всегда присутствует преподаватель и десяток «продвинутых» участников, снимает (также классические) «в лекциях было непонятно», «не у кого было спросить» и прочие трудности эпохи информационной несвязности.

С другой же стороны, произвольный доступ к лекциям и материалам — это сильный соблазн для немотивированных студентов, опять-таки, к сожалению, классического «с понедельника возьмусь» [5]. Именно для преодоления этого соблазна введены домашние задания по лекциям с жестким дедлайном (неделя без штрафа, вторая неделя — штраф 50%, третья и последующие — 75%). Тем не менее *доходимость* (клянусь, есть такой термин в дистанционном образовании!) наших лекций отнюдь не стопроцентная (в случае необязательного спецкурса — примерно пятидесятипроцентная).

А вот категория «троечников» — студентов, которые что-то поняли там, что-то пропустили тут и кое-как добрались до зачёта, — исчезла практически полностью. Не проводя полноценных исследований, мы тем не менее можем

предположить, что при наличии хоть какой-то мотивации (как внутренней, так и внешней, в виде жёстких дедлайнов) доступность образовательного контента позволила им дотянуться до более полных знаний и более высоких отметок.

Радикальное изменение претерпела методика ведения практикума. Более подробно она изложена в [2], здесь же ограничимся конспектом. Во-первых, считается, что лекцию по теме *смотрели все*, и если что-то было непонятно, спросили в группе. Ведущий семинара ограничивается упоминанием темы и разъясняет только особенности практического её применения. Во-вторых, использование «доски» вводит дополнительную активность: т. н. «режим гуру», в котором ведущий разбирает практический пример (скажем, пишет программу), а студент *повторяет его действия*. Как ни странно, этот способ наработки «памяти пальцев» так же полезен на третьем курсе, как и в третьем классе. В-третьих, самостоятельное решение упражнений (преподаватель для контроля времени сам решает их вместе с группой, но не на доске, а «втёмную») в этих условиях становится существом более предсказуемым и успешным.

Что делать?

Напомним две наблюдаемые проблемы, решения которых мы пока предложить не можем.

Первая — простая: «нерадивые студенты». По нашему мнению, необходимости привлекать их «на сторону света знаний» *нет*. Во-первых, их процент невелик: *доходимость* в формате обязательного кафедрального курса, в отличие от спецкурса, процентов 80-90. Если позволить себе выйти за рамки обсуждения методики, можно заметить, что такие студенты поступили в вуз не для того, чтобы учиться (к сожалению, есть достаточно иных мотивов) — возможно, государству или спонсору не стоит тратить на них ресурсы.

Вторая — настолько более сложное, что, по нашему мнению, не решается без основательного изменения структуры самой образовательной площадки.

Очевидно, традиционный аудиторный формат лекций следует менять в сторону большей доступности — но при этом дополнить достаточным объемом интерактивности. Совершенно непонятно, как именно это может быть организовано (например, концепция «виртуальной классной комнаты», нашумевшая лет пятнадцать назад, очень быстро сошла на нет).

Возможно, аналог «лекций» должен больше походить на *диспут*: помимо образовательного содержания в них должны присутствовать темы для обсуждения; при этом на таких лекциях должны присутствовать достаточно компетентные для дискуссии носители знаний. Тогда семинары станут продолжением таких лекций — *семинарами в собственном смысле*, с обсуждением темы и т. п. Практические же занятия при этом превращаются в курируемый тренинг.

Проблема такого гипотетического развития — или другого, столь же радикального — не только в том, что сама академическая структура к нему не готова — что случится, например, с учебной сеткой?

Проблема ещё и в том, что, кажется, любая успешная модернизация *академической*, то есть нацеленной на науку образовательной площадки идёт вразрез с модным нынче трендом «образование как услуга».

Судите сами: «нерадивый студент» *не сможет* получить такой услуги, сколько бы за него не заплатили. Преподаватель *не сможет* выступать в роли *изолированного* поставщика такой услуги в отсутствие обратной связи: большая часть методик требует активного участия в процессе научения обеих сторон, в будущем это только усилится. Отдельно стоит отметить *повышение уровня ответственности* студента: без этого активного участия даже описанная выше условно современная схема не работает.

Как должна выглядеть — не идеальная, нет, просто *работающая* академическая образовательная площадка будущего? Или, говоря философски, *что будут представлять собой знания в условиях полной доступности фактов?* Это всё ещё загадка...

Список литературы

[1] Курячий Г. В. *Дистанционное online-преподавание компьютерно-ориентированных дисциплин* // Четырнадцатая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе». — Сборник докладов. М.: МАКС Пресс, 2019, с. 14

[2] Балашов В. В., Курячий Г. В. *Как мы добывали огонь. Организация аудиторного практикума по курсу «ЯП Python» на останках дистанционного обучения* // Восемнадцатая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе». Сборник докладов. — М.: МАКС Пресс, 2023, с. 60-62

[3] Г. В. Курячий *Как я делал проверку копипасты для спецкурса по Python3 и что из этого вышло* // Тринадцатая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе». Сборник докладов. — М.: Basealt, 2018, с. 49-59

[4] Г. В. Курячий, В. А. Арефьев, Н. С. Барабанов *Организация рабочего процесса разработки системы проверки домашних заданий* // Девятнадцатая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе». Сборник материалов конференции. М.: МАКС Пресс, 2023, с. 14-18

[5] Шаинский В., Энтин Ю. *С понедельника возьмусь* [Звукозапись] / Внимание! Внимание! Антошка и компания! Мелодия. Д-00032845. 1972. АЗ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦИФРОВОЙ КОМПЛЕКС ОТБОРА И АТТЕСТАЦИИ КАДРОВОГО СОСТАВА ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. М. Чертков, Е. Ю. Гарист, О. В. Голубева

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь, v.chertkov@psu.by

A specialized software complex for improving the efficiency of selection and certification of personnel in the oil refining industry with identification of the best candidates is presented. The complex automates the verification of employment candidates' competencies required for effective work and their development level based on a unique model of key professional competencies.

Введение

На крупном производстве в связи с большой численностью работников контроль уровня их профессиональной компетентности затруднителен. С другой стороны, успешное стабильно работающее предприятие неизменно привлекает внимание большого числа соискателей рабочих мест, от которых на предприятие поступает огромное количество резюме для рассмотрения. К тому же в состав крупных нефтеперерабатывающих предприятий входит порядка 100 структурных подразделений, каждое из которых имеет в своем штате должности по ряду узких специальностей и рабочих профессий. Цена ошибки при отборе кандидата в производственные технические организации может быть очень высока.

Сегодня формирование высокоэффективного коллектива является одной из главных задач кадровой работы. Ориентация корпоративной культуры на поддержание стабильности персонала, его устойчивое развитие и желание трудиться на благо общества способствует решению этой задачи. Применение специалистами в области кадровой работы инструментария, базирующегося на инновационных разработках ученых и соответствующего современным цифровым тенденциям, обеспечивает системность и прогнозируемость развития предприятия.

Объективные данные, получаемые тестированием, позволяют лучше оценить потенциал сотрудников, оптимально распределить трудовые обязанности, определить меры по закреплению на предприятии наиболее мотивированных и способных работников, тем самым снижая текучесть кадров. Результаты тестирования дают возможность описать как потенциальные установки, ориентации человека, так и те конкретные способы деятельности, которыми он уже фактически владеет. Тестирование позволяет формировать мнение о способности кандидата к профессиональному и должностному росту, специфике мотивации, особенностях индивидуального стиля деятельности.

программирования C# с применением технологии Windows Presentation Foundation (WPF), для построения графического интерфейса пользователя. Серверная часть приложения реализована на платформе ASP.NET Core v.6.0.21 в совокупности с СУБД MS SQL SERVER 2019.

Взаимодействие между клиентскими приложениями с сервером осуществляется посредством HTTPS или HTTP сетевыми протоколами передачи данных на основе разработанного общедоступного интерфейса прикладного программного обеспечения (Application programming interface, API), который предоставляет разработчикам программный доступ к программному приложению или веб-сервису. Данные передаются в виде полезной нагрузки в JSON формате.

Клиентское приложение взаимодействует с серверной частью, которая в свою очередь обрабатывает и отправляет запросы в базу данных.

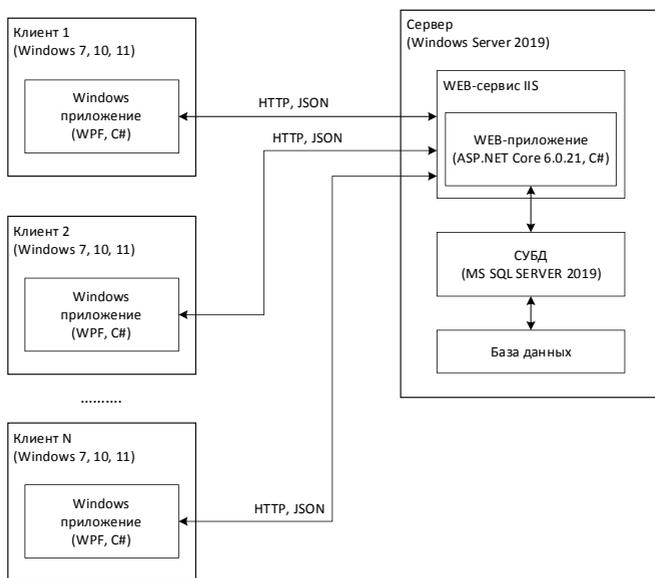


Рисунок 2 – Архитектура специализированного цифрового комплекса

Для разработанного комплекса выделены два актера (роли) – администратор и пользователь. Администратор может редактировать тесты профессиональных компетенций, назначать тесты пользователям, просматривать результаты пройденных тестов, просматривать оценку групповых компетенций, сравнивать кандидатов по результатам оценки групповых компетенций, а также осуществлять экспорт данных в виде Word документа. Пользователь имеет возможность прохождения теста после авторизации.

Пакеты тестов разработаны в актуальных для конкретного нефтеперерабатывающего предприятия областей фундаментальных и

прикладных знаний, профессиональных компетенций. Тесты основаны на научно проверенные методах сбора и анализа информации. Результаты тестирования дают возможность описать как потенциальные установки, ориентации человека, так и те конкретные способы деятельности, которыми он уже фактически владеет. Тестирование позволяет формировать мнение о способности человека к профессиональному и должностному росту, специфике мотивации, особенностях индивидуального стиля деятельности. На рисунке 3 представлена круговая диаграмма оценки компетенций для должности «Слесарь» профиля «Механик» с итоговым результатом по всем компетенциям.

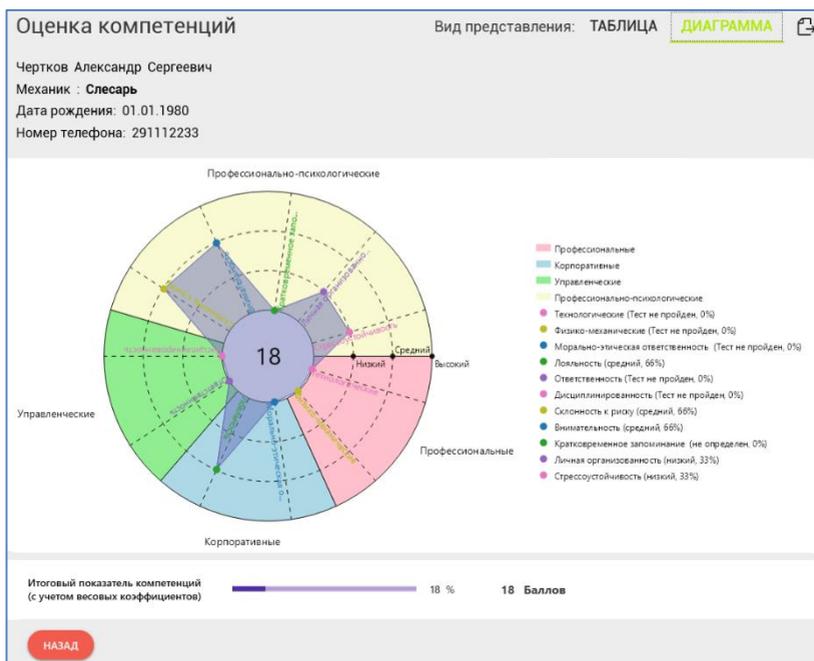


Рисунок 3 – Круговая диаграмма компетенций

Основные особенности разработанного программного обеспечения:

- имеется возможность посмотреть результаты оценки отдельно по каждой компетенции для любого сотрудника. Предоставляется возможность просмотреть, какие варианты ответа в основном выбрали сотрудники, в каких вопросах ошиблись. Провести анализ времени, затраченному на выполнение теста по каждой компетенции;
- вывод результатов оценки компетенций в виде круговой диаграммы (радара компетенций), где представлены все показатели уровней комбинаций согласно выбранному профилю и группы должности у пользователя;
- формирование отчетов в виде Word и PDF файлов.

Заключение

Для повышения результативности отбора и аттестации персонала нефтеперерабатывающей отрасли, фокусировки на лучших, создан специализированный программный комплекс, автоматизирующий проверку наличия у кандидатов на трудоустройство/перевод необходимых для эффективной работы компетенций и уровня их развития на основе уникальной модели ключевых профессиональных компетенций.

Пакеты тестов разработаны в актуальных для конкретного нефтеперерабатывающего предприятия областей фундаментальных и прикладных знаний, профессиональных компетенций. Тесты основаны на научно проверенных методах сбора и анализа информации. Результаты тестирования дают возможность описать как потенциальные установки, ориентации человека, так и те конкретные способы деятельности, которыми он уже фактически владеет. Тестирование позволяет формировать мнение о способности человека к профессиональному и должностному росту, специфике мотивации, особенностях индивидуального стиля деятельности.

Разработанный комплекс также даёт возможность определить недостаточность знаний сотрудника для формирования точной траектории его дальнейшего обучения и развития; оценить степень соответствия уровня компетенций при трудоустройстве, переводе на другую должность, повышении в должности. Положительные результаты тестирования можно использовать в качестве основания для рассмотрения кандидатуры работника в резерв кадров.

Список использованных источников

1. Gorsline, K. A competency profile for human resources: No more shoemaker's children // Human Resource Management. – New York, 1996. – Т. 35. – №. 1. – С. 53–66.
2. Голубева, О. В. Программное обеспечение для автоматизации профессионального отбора персонала и аттестации служащих ОАО «Нафтан» на основе модели ключевых компетенций / О. В. Голубева [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. - 2024. - № 1 (42). - С. 2-7. - DOI: 10.52928/2070-1624-2024-42-1-2-7
3. Голубева, О. В. Модель ключевых компетенций по группам должностей профиля «технолог» как основа автоматизации профессионального отбора персонала и аттестации служащих ОАО «Нафтан» / О. В. Голубева, В. М. Чертков, Е. Ю. Гарист, Г. Ю. Пешкова // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2024) : электронный сборник статей III международной научно-практической конференции, г. Полоцк, 29 марта 2024 г. / Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2024. – С. 46-51.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В. Н. Кузьмич, В. С. Разумейчик, А. Н. Парфиевич

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь, feis@bstu.by

The article examines the features of the educational process in the context of the digital transformation of society. Author traced the coherence of education and economy, the technological readiness of the Belarusian educational system for training specialists needed by the digital economy. The priority directions for the transformation of education are proposed: the creation of the digital educational environment and the use of a competence-based approach. The stages of digitalization of higher educational institutions and impact on the organization of the learning process are identified.

Процессы технологического обеспечения всех сфер жизни общества в последнее время значительно ускорились. Это связано как с развитием информационно-коммуникационных технологий, так и с расширением областей применения цифровых технологий.

На активизацию цифровой трансформации в сфере образования влияет в основном переход к новой (4-й) стадии промышленной революции и цифровой экономике. Новая экономическая модель требует от специалистов, в ней задействованных, наличия цифровой компетентности, без которой невозможна ее реализация. Кроме этого, процессы цифровизации образования во всем мире ускорили, как ни странно, пандемия Covid. Вынужденная изоляция перевела многие процессы в online-формат, породив необходимость в создании образовательных платформ, способных формировать необходимые компетенции у специалистов всех направлений.

Цифровая трансформация предполагает наличие определенного уровня развития технологий. Республика Беларусь обладает в этой сфере неплохим потенциалом, это показывают различные индексы развития цифровых технологий. Так, по Индексу цифровой экономики и общества (Digital Economy and Society Index, DESI) Беларусь в 2020 г. занимала 17 позицию; по Индексу сетевой готовности (Networked Readiness Index, NRI) – 65-е место; по Индексу экономики знаний (Knowledge Economy Index, KWE) – 19-е место; по Индексу развития ИКТ (ICT Development Index, IDI) – 32-е место; по Индексу развития электронного правительства (The UN Global E-Government Development Index, EGDI) 38-е место [1, с. 62]. Эти показатели напрямую зависят от уровня развития технологий в стране, а он, в свою очередь, от уровня развития системы образования. Именно знание, являясь базой развитой цифровой экономики, становится главным конкурентным

преимуществом в современных условиях, которое предполагает очень быстрое формирование и применение уникального знания, а не просто обладание таким знанием.

В связи с этим в современном обществе особую важность приобретает эффективность образовательной системы, обеспечивающей качество человеческого капитала. Растет роль современных технологий, определяющих модернизацию и развитие образования, сближение науки и образования, совершенствование подготовки будущих профессионалов. Ключевой задачей институтов науки и образования становится производство кадров с актуальными цифровыми компетенциями.

Министерством образования Республики Беларусь разработана и утверждена Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019-2025 годы, определяющая основные цели, задачи, направления и границы цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь до 2025 года. Согласно Концепции, цифровая трансформация процессов в системе образования включает следующие основные направления: развитие и модернизация информационно-коммуникационной инфраструктуры системы образования; формирование современного электронного образовательного контента; автоматизация процессов управления.

В Республике Беларусь создана и функционирует отраслевая техническая инфраструктура системы образования. Учреждения образования всех уровней обеспечены средствами информационных технологий (компьютеры, средства мультимедиа и различного вида проекционное оборудование, копировально-множительная техника, системное и прикладное программное обеспечение). Также в образовательном процессе есть возможность использовать интернет-услуги и интернет-сервисы: электронная почта, удаленный доступ к интернет-ресурсам, взаимодействие с информационными системами и ресурсами и др.

Для реализации Концепции продолжается обновление и наращивание количества компьютерной техники в учреждениях образования. На сегодняшний день в учреждениях дошкольного образования имеется 134 компьютерных классов, около 15902 персональных компьютеров. В учреждениях общего среднего образования открыто 4244 компьютерных классов, 99,8 % учреждений подключены к сети интернет. Более 43 % учреждений общего среднего образования используют онлайн-сервисы «Электронный дневник/Электронный журнал», предоставляемые ООО «Образовательные системы».

В учреждениях профессионально-технического образования работает 300 компьютерных классов, имеется 6618 персональных компьютеров. Учреждения среднего специального образования оснащены 15 833 персональными компьютерами и 713 компьютерными классами.

Все отечественные вузы в необходимом количестве обеспечены компьютерным оборудованием, оргтехникой, средствами мультимедиа, программ-

ными продуктами. С 2018 года в республике реализуется экспериментальный проект «Цифровой университет», в котором участвует 33 учреждения высшего образования [2].

На уровне высшего образования подготовка по IT-специальностям (более 30 наименований) осуществляется в 18 вузах страны. Общее количество обучающихся на I ступени высшего образования – более 22 тыс. человек, на II ступени – свыше 2 тыс. Ежегодный выпуск IT-специалистов с высшим образованием в Беларуси составляет около 7 тысяч человек [3, с. 4]

Современная отечественная система образования должна стать гибкой, мобильной, быстро реагирующей на запросы экономики. Для этого она должна придерживаться двух направлений: создания единой цифровой образовательной среды и применения компетентностного подхода.

Цифровая образовательная среда – это определенные условия реализации образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, включающая в себя цифровой образовательный контент, электронные информационные образовательные ресурсы, технологические средства.

Формирование единого цифрового образовательного пространства обеспечивает ряд преимуществ, интенсифицируя образовательный процесс: существенно улучшаются условия получения образования — образовательный процесс становится более доступным, открытым и прозрачным.

Созданию цифровой образовательной среды способствуют следующие факторы:

- доступность высокоскоростного интернета и, соответственно, массовое применение информационных технологий;
- постоянно повышающийся уровень технического и технологического оснащения учебных заведений;
- новейшие специальности, связанные с развитием цифровой сферы;
- повышение уровня цифровой грамотности и освоения цифровой культуры студентами и преподавателями.

Однако создание цифровой среды и ее эффективность невозможны без наличия у ее пользователей соответствующих умений и навыков. Поэтому вторая составляющая процесса цифровой трансформации системы образования – компетентностный подход.

Компетентностный подход предполагает ориентацию образования на его результаты, на формирование необходимых общекультурных и профессиональных компетенций, самоопределение, социализацию, развитие индивидуальности и самоактуализацию. Два ключевых понятия подхода – это компетенция (действие или умение) и компетентность (качественная характеристика личности).

Современные авторы, как правило, выделяют следующие ключевые образовательные компетенции: ценностно-смысловые, общекультурные, учебно-познавательные, информационные, коммуникативные, социально-трудовые и компетенции личностного самосовершенствования [4].

Среди ключевых образовательных компетенций нет цифровой компетенции, но есть информационная. Говорить о синонимичности этих понятий нельзя. Информационная компетенция относится к работе с информацией, не обязательно с использованием цифровых технологий. В цифровой компетенции акцент делается именно на применении цифровых технологий в деятельности. Поэтому необходимо включение цифровой компетенции в перечень образовательных.

Цифровая компетенция – это знания и навыки, позволяющие в условиях цифровизации экономики и социальной сферы применять для решения задач или достижения требуемого результата информационно-коммуникационные технологии. Условно ее можно разделить на два уровня: базовая и специальная. Базовые цифровые компетенции определяют знания и навыки применения основных информационно-коммуникационных технологий для решения задач в социальной сфере и в трудовой деятельности, не требующих знаний в области профессиональной деятельности. Специальные цифровые компетенции определяют знания и навыки применения информационно-коммуникационных технологий для решения задач в трудовой деятельности в сочетании со знаниями в области профессиональной деятельности. Как правило, приобретение специальных цифровых компетенций требует профессионального обучения, например, написание программного обеспечения с использованием языков программирования [5].

Цифровая компетентность – это интегративное качество личности, формируемое в течение жизни, на базе знаний, умений и компетенций, полученных в процессе обучения, проявляемое в деятельности с использованием цифровых технологий, включающее в себя систему установок, позволяющих безопасно и эффективно выбирать и использовать цифровые технологии в деятельности, умение организовать и контролировать процесс и результат использования цифровых технологий, готовность к проявлению в ситуациях решения профессиональных и социальных задач с помощью цифровых технологий[4].

Цифровая трансформация образования возможна при условии непрерывного наращивания и развития компетенций, обеспечивающих интеграцию педагогических и информационных технологий.

Таким образом, использование цифровых инструментов значительно влияет на образовательный процесс, усиливает его воспитательный и развивающий потенциал.

Применительно к учреждениям образования цифровизация реализуется через:

- управленческие процессы университета (автоматизация и оптимизация бизнес-процессов, управление рисками при принятии решений, цифровой формат взаимодействия с контрагентами);
- внедрение цифровых технологий в образовательный процесс (дистанционное взаимодействие и обучение, моделирование, симуляторы и тренажеры, дополненная и виртуальная реальность) [6, с. 16].

Анализ использования механизмов цифровой трансформации в учреждениях образования позволяет выделить следующие этапы их цифровой зрелости.

1. Этап первичной цифровизации: создание баз данных, ведение цифрового учёта процессов и электронного документооборота, организация доступа к данным с использованием информационных систем и сайтов.

2. Этап цифровой оптимизации: формирование интегрированной информационной системы вуза, автоматизация сбора данных, создание личных кабинетов пользователей интегрированной информационной системы с механизмами уведомлений о событиях.

3. Переход от цифровой оптимизации к цифровой управляемости: автоматизация бизнес-процессов с оценкой их реализации по ключевым показателям эффективности.

4. Комплексная цифровая трансформация бизнес-процессов с использованием элементов роботизации и цифровых компетентностных профилей. Реализация этого этапа требует не только соответствующего ресурсного обеспечения, но и очень высокого уровня кадрового потенциала, что доступно прежде всего ведущим учреждениям высшего образования с развитой информационной инфраструктурой [6, с.17].

Цифровая трансформация приводит к изменениям в организации образовательного процесса, позволяя частично заменять очные занятия самостоятельной работой, тестированием, вебинарами. Это приводит к повышению привлекательности образовательного процесса за счёт использования интерактивных материалов ЭОР и перераспределения аудиторной нагрузки с лекционных занятий на практическую и проектную деятельность, и, как следствие, к мобилизации обучающихся (задания и тесты необходимо выполнять в установленные сроки) и поиску более креативных решений. Таким образом повышается конкурентоспособность учреждения образования, что позволяет в том числе увеличить доходы от оказания образовательных услуг (за счёт увеличения объёма экспорта), сократить затраты на обучение и в целом повысить экономическую эффективность образовательного процесса.

Результатом обозначенных процессов может стать качественный переход к новому типу цифровой образовательной среды, обеспечивающей выпуск высококвалифицированных специалистов.

Список использованной литературы

1. Баранов, А.М. Комплексная система индикаторов оценки развития информационной экономики Республики Беларусь и зарубежных стран / А.М. Баранов // Веснікі сувязі. – 2023. – № 1. – С. 58-63.

2. В центре внимания – цифровизация образования / Министерство образования Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/news/v-tsentre-vnimaniya--tsifrovizatsiya-obrazovaniya>. – Дата доступа: 12.09.2024

3. Карпенко, И. В. Образование как фундамент IT-страны / И. В. Карпенко // Беларус. думка. – 2019. – № 6. – С. 3–10.

4. Токарева, М.В. Цифровая компетенция или цифровая компетентность // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. – 2021. – № 4 (52) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-kompetentsiya-ili-tsifrovaya-kompetentnost/viewer>. – Дата доступа: 16.09.2024

5. Симарова, И.С., Цифровые компетенции: понятие, виды, оценка и развитие / И.С. Симарова, Ю.В. Алексеевичева, Д.В. Жигин // Вопросы инновационной экономики – 2022. – Том 12. – № 2. – С. 935-948. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://1economic.ru/lib/114823#authors>. – Дата доступа: 16.09.2024

6. Богуш В. А., Шнейдеров, Е. Н. Цифровизация образования: проблемы, вызовы и перспективы / В. А. Богуш, Е. Н. Шнейдеров // Адукацыя і выхаванне. – 2021. – № 1. – С. 14-21.

7. Измайлова, М. А. Формирование цифровой образовательной среды и ее возможности в подготовке современных кадров / М. А. Измайлова // Экономика образования. – 2020. – № 3. – С. 46–57.

УДК 004.358.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер, К. М. Маркевич

Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь, phys@bstu.by

The question of constructing a physical laboratory workshop based on a PC is discussed. Two approaches are compared: the use of digital laboratories and specialized laboratory installations. It is shown that the second way is preferable. It is consistent with the trend of modern instrument making, available for implementation in Belarusian universities, and gives the best didactic result. Examples of constructing laboratory work are given.

Многие лабораторные работы практикума предполагают измерение зависимости одних физических величин от других. Измерение этих зависимостей с последующей аппроксимацией и формулирование физических выводов целесообразно осуществлять с помощью персонального компьютера. Это позволяет накапливать достаточное количество отсчетов, удовлетворяющее требованию центральным предельным теоремам, и проводить, при необходимости статистическую обработку результатов. Для реализации перечисленного необходимо нестандартное электронное устройство, сопрягающее управление и датчики исследуемого физического процесса с персональным компьютером.

В настоящее время многими фирмами выпускаются комплекты оборудования, названные «цифровыми лабораториями» [1]. Однако практическое использование этих комплектов, если даже не считаться с их высокой стоимостью, представляет собой очень трудную техническую и методическую проблему.

По этой причине нами предложен и используется другой путь компьютеризации лабораторного практикума, основанный на создании лабораторных установок, каждая из которых предназначена для выполнения отдельной лабораторной работы. Такая установка реализует внутри себя исследуемое физическое явление, содержит элементы управления им и датчики актуальных физических величин, а также устройство сопряжения с персональным компьютером. Данное построение позволяет избежать дополнительной работы учащихся по поиску и настройке требуемого программного обеспечения, упрощает получение результатов опыта и позволяет сконцентрироваться на физических аспектах работы.

Может показаться, что встраивание узла сопряжения с компьютером в каждую установку существенно увеличивает ее стоимость. Это не так. Основной элемент сопряжения – это недорогая микросхема – микроконтроллер, в котором сосредоточены следующие функции: взаимодействие с компьютером, оцифровка и накопление аналоговых сигналов датчиков, формирование аналоговых сигналов управления.

Электрическая схема узла сопряжения компьютера с аналоговыми датчиками и узлом управления приведена на рисунке 1. Ее основой является микроконтроллер $\mu\text{C18F2550}$, который, помимо других типовых модулей, содержит USB-трансивер [2]. Это позволяет организовать связь с компьютером двумя способами: либо через USB, либо через COM-порт. Последнее обстоятельство дает возможность использовать в работу парк устаревших компьютеров, не имеющих USB-порта. Выбор того или иного варианта сопряжения происходит автоматически при подключении установки к компьютеру и незаметен для учащихся.

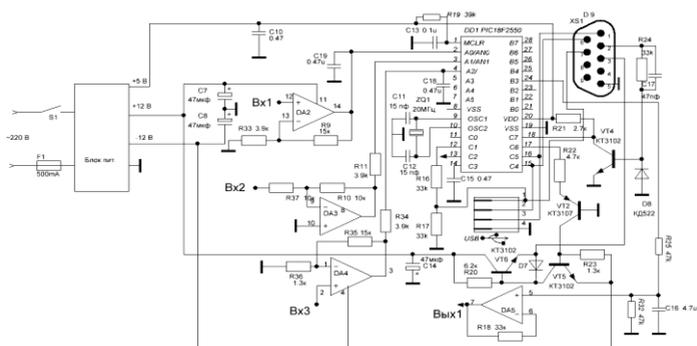


Рисунок 1 – Электрическая схема узла сопряжения лабораторной установки с персональным компьютером

Как видно из схемы электронный модуль обеспечивает три входа для аналоговых сигналов и два аналоговых выхода, что является достаточным для компьютеризации лабораторного практикума. Установка требуемых характеристик аналоговых входов осуществляется с помощью операционных усилителей с элементами их «обвязки».

Выходные аналоговые сигналы формируются широтно-импульсной модуляцией напряжения питания микроконтроллера +5 В. Преобразование ШИМ-сигнала в аналоговый для «Вых1» осуществляется интегрирующей RC-цепочкой и «повторителем напряжения» на основе операционного усилителя. Второй аналоговый выход оставлен в виде ШИМ-сигнала. Его осреднение выполняет само исполнительное устройство. Например, в установке для выполнения лабораторной работы «Измерение удельного заряда электрона» осреднение выполняет индуктивность силовой катушки и диод, обеспечивающий непрерывность тока через нее.

Оцифровка аналоговых сигналов, поступающих на входы А0-А3 микроконтроллера, осуществляется внутренним 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем контроллера. Время преобразования составляет несколько десятков микросекунд. Это, практически, нулевое время, в сравнении с темпом любой лабораторной работы. Поэтому результаты преобразований накапливаются уже в цифровом виде в соответствующих регистрах микроконтроллера с существенно большими постоянными времени – десятки миллисекунд. Это дает возможность ослабить почти до нуля дрожание кодов и получить уверенные результаты измерений. Программа для микроконтроллера состоит из модуля начальных настроек, цикла оцифровки и накопления аналоговых сигналов и обработчика прерываний, поступающих от компьютера. Последний представляет собой весьма объемный код в виду громоздкости USB протокола.

Весь сценарий лабораторной работы определяется программой компьютера, который взаимодействует с лабораторной установкой по следующему алгоритму: компьютер передает команду для микроконтроллера; микроконтроллер прерывает программу накопления результатов, передает код команды в соответствующие свои регистры, отвечает передачей в компьютер накопленных кодов и возвращается в программу накопления результатов; компьютер принимает эти коды и продолжает сценарий лабораторной работы.

Связь лабораторной установки с компьютером осуществляется одним кабелем, имеющим с одной стороны разъем BD-9, с другой – два разъема: для USB и COM-портов.

Некоторые результаты компьютеризации лабораторных работ приведены в [3]. Образовательный процесс в современном учреждении образования невозможно представить без применения информационных технологий, которые оказывают большое влияние, в том числе, на развитие системы высшего образования.

Список использованной литературы

1. Цифровая лаборатория по физике. Методическое пособие. – М.: ИНТ, – 2008. – 375 с.
2. Яценков В.С. Микроконтроллеры Microchip с аппаратной поддержкой USB. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 400 с.
3. Ворсин, Н. Н. Компьютеризация лабораторного практикуму по физике: цифровые лаборатории или лабораторные установки / Ворсин Н. Н., Кушнер Т. Л., Маркевич К. М. // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы X Межд. науч.-метод. конф., Минск, 26 ноября 2020 г. / БГУИР. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 35–40.

ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

М. В. Карпенко

Филиал Брестского государственного технического университета
Политехнический колледж, Брест, Беларусь, km.zrvchi@gmail.com

The main reasons for using information technologies in education and possible ways to solve the tasks are considered in the scientific article. Possible ways to solve the tasks are proposed, including using innovative tools and simple support for the educational process.

Как часто мы сравниваем современные технологии и возможности с тем, что было несколько лет назад? К какому выводу можно прийти через часы рассуждения? Как сильно наша жизнь связана с технологиями?

Сколько бы дискуссий ни было на эти темы, ясно одно – современные технологии играют значительную роль в жизни человечества, каждая сфера жизни развивается параллельно информационному прогрессу, многие вещи улучшаются и ускоряются. В такой парадигме жизни возникает проблема ответственности учебного процесса современному развитию.

Рассмотрим основные причины возникшей проблемы и способы ее решения.

Стремительное развитие информационных технологий. Существует показатель, который характеризует достижения стран мира с точки зрения развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), – индекс ИКТ. Индекс ИКТ сводит показатели о доступе к Интернету, к сотовой связи, развитию ИТ-инфраструктуры в единый критерий, который призван сравнивать достижения стран мира в развитии ИКТ и может быть использован в качестве инструмента для проведения сравнительного анализа на глобальном и национальном уровнях [1].

По состоянию на 2015 год значение индекса ИКТ в Республике Беларусь было равным 7,18 (улучшение показателя с прошлого года составило 1,88).

Экспертами было отмечено, что страна динамично развивается. На протяжении пяти лет наблюдали существенный рост степени распространения Интернета [2].

Economy	Region	Income Group	IDI score			IDI score & group average		Universal Score	Meaningful Score
			2023	2024	Change	Income	Region		
Afghanistan	ASP	LI	28.9	33.1	+15%		27.5	38.6	
Albania	EUR	UMI	81.6	84.7	+4%		79.1	90.3	
Algeria	ARB	LMI	77.8	80.9	+4%		75.4	86.3	
Andorra	EUR	HI	87.2	88.8	+2%		87.6	90.0	
Angola	AFR	LMI	44.1	49.9	+13%		35.3	64.5	
Argentina	AMS	UMI	81.5	83.4	+2%		79.5	87.3	
Armenia	CIS	UMI	85.1	86.4	+2%		81.2	91.6	
Australia	ASP	HI	94.0	95.1	+1%		94.7	95.4	
Austria	EUR	HI	92.5	94.3	+2%		92.5	96.1	
Azerbaijan	CIS	UMI	79.0	80.4	+2%		77.7	83.1	
Bahamas	AMS	HI	88.5	89.3	+1%		86.1	92.5	
Bahrain	ARB	HI	96.5	97.5	+1%		100.0	95.1	
Bangladesh	ASP	LMI	61.1	62.0	+1%		39.4	84.5	
Barbados	AMS	HI	77.3	77.5	+0%		70.1	85.0	
Belarus	CIS	UMI	86.9	88.5	+2%		84.5	92.6	
Belgium	EUR	HI	88.2	89.3	+1%		87.2	91.4	

Рисунок 1 – Индекс ИКТ 2024

По результатам, представленным Международным союзом электросвязи (МСЭ), индекс развития ИКТ в Беларуси с 2023 года вырос на 1,6 и достиг показателя, равного 88,5 (рис. 1). За 19 лет индекс вырос на 81,32. То есть при условии практически повсеместного использования Интернета и ИТ-инфраструктуры, индекс ИКТ продолжает стремительно расти и вместе с ним использование технологий в различных сферах жизни человека [3].

Быстрорастущее число пользователей интернета. В этом вопросе будем опираться на статистику Datareportal – отчеты Digital in Belarus [4]. По сводной таблице можно увидеть, что за последние 4 года каждый показатель увеличился более, чем на 10%. Это говорит о росте спроса на технологии и развитии цифрового прогресса.

Таблица 1. Цифровые технологии в Беларуси

	2020	2024	Изменение за 4 года
Число интернет-пользователей	7,48 млн	8,48 млн	1 млн
Степень распространения Интернета	79%	89,5%	10,5%
Пользователи социальных сетей	3,90 млн	5,63 млн	1,73 млн
Степень распространения социальных сетей	41%	59,4%	18,4%

Наблюдая такие изменения, нельзя оставлять без внимания развитие сферы образования и, в частности, острый конфликт заинтересованности студентов в изучении дисциплин и нахождении онлайн.

Требования к документации, временные затраты на её формирование и обработку. Кроме основных задач, сотрудники сферы образования должны уделять достаточное количество рабочего времени на документирование образовательного процесса, что в большинстве случаев выполняется вручную, следовательно возрастает вероятность человеческой ошибки. Это приводит к

увеличению времени выполнения рутинной работы, отнимая возможность уделять его развитию учреждения образования.

Сокращение временных затрат на формирование и обработку документации поможет освободить рабочие часы, в которые можно будет планировать современные занятия, искать новые направления по предметам, качественно готовиться к конференциям. Такой подход увеличит ценность образования в стране, освободит работников от внеурочных часов работы.

Поколение, развивающееся вместе с информационными технологиями. К сожалению, поколение пионеров закончилось. Сейчас современные учащиеся и студенты понимают, что можно вносить улучшения в учебный процесс. Кроме того, свободный доступ в Интернет дает возможность узнать, как проходит обучение за рубежом и как там применяют информационные технологии.

Возникает вопрос: поколению, выросшему вместе с Интернетом, интересно обучаться по старой системе? Конечно, нет. Следующий вопрос: что могут сделать работники образования, какие способы обучения применить для того, чтобы подготовить будущих специалистов? Для создания более современной и эффективной образовательной среды можно применять комплексный подход. Например, обучать преподавателей новым технологиям, создавать увлекательный контент (разработка видео-лекций, интерактивных заданий, онлайн-тестов, комбинирование традиционные занятия с онлайн-ресурсами), интегрировать технологии в учебный процесс (проведение онлайн-уроков, использование образовательных приложений и платформ, таких как симуляторы и игровые приложения), обучать студентов через исследования или кейс-методы (анализ реальных бизнес-кейсов, с использованием ИТ для решения проблем и разработки стратегий). При этом, автоматизация и применение технологий не означает понижение качества материала. Применение технологий помогает подать старый материал в новой, интересной форме.

Таким образом, общая формулировка проблемы звучит следующим образом: отсутствие применения современных способов обучения и недостаточная автоматизация учебного процесса при стремительном развитии информационных технологий.

Задача: добиться максимальной автоматизации всех возможных ручных действий по средствам разработки электронных информационных приложений-помощников для учреждений образования, которые сократят временные затраты на трудоемкие задачи.

Примерный список задач учебного процесса, которые можно автоматизировать:

1. Администрация:

- Формирование нагрузки преподавательского состава на учебный год;
- Формирование тарификации;
- Подсчет проведенных часов, сводная таблица по предметам;
- Формирование выписок в дипломы;
- Формирование расписания;
- Автоматизированный прием документов абитуриентов;

2. Преподаватели:
 - Автоматический расчет отметок за семестр;
 - Доступ ко всем отметкам и успеваемости студента (для кураторов и заведующих);
 - Доступ к списку свободных кабинетов;
 - Добавление замен занятий через приложение;
3. Студенты:
 - Автоматическое уведомление об изменениях в расписании;
 - Просмотр своей успеваемости.

По каждому вопросу можно найти или реализовать решение, используя возможности современных систем или зарубежные аналоги программ. Кратко рассмотрим некоторые из них.

Формирование нагрузки преподавательского состава на учебный год. Распределение учебной нагрузки является важной задачей, которая выполняется во всех учебных учреждениях в течение каждого года и каждого семестра. Также общепризнанно она является важным фактором, содействующим качеству преподавания. Учебная нагрузка должна легко корректироваться с учетом изменения преподавательского состава и/или учебной программы, поскольку она изменяется минимум один раз в год. Как правило, все учебные заведения распределяют её вручную методом проб и ошибок, что является трудоемким процессом. Более того, распределение нагрузки вручную может привести к неблагоприятным результатам.

Таким образом, формирование нагрузки преподавательского состава является одной из первоочередных задач для автоматизации. Для её решения рассматриваются различные существующие алгоритмы, например, алгоритмы эвристического поиска, метод поиска в пространстве состояний или поиск решений в системах продукций.

Формирование тарификации. Если предыдущая задача решена, то можно добавить дополнительную функцию, которая конвертирует полученные данные в одну сводную таблицу по всему учреждению образования.

Автоматизированный прием документов абитуриентов. Как известно, в летнее время работники сферы образования становятся членами комиссии, которая принимает документы абитуриентов на протяжении нескольких недель примерно шесть-девять часов каждый день. В большинстве учреждений образование этот процесс происходит вручную: будущие студенты проходят несколько «контрольных точек», где вручную заполняют необходимые документы, а сотрудники проверяют правильность написанных данных. В случае выявления ошибок приходится заново заполнять документы.

Летом 2024 года в Политехническом колледже в тестовом режиме работала программа, которая позволяла вводить необходимые данные на компьютере, после чего формировала заявления на поступление и договора для бюджетного и платного обучения. Для контроля правильности введенных данных и помощи абитуриентам и родителям в компьютерном кабинете работали

сотрудники. После печати документы проверялись повторно. Таким образом, нам удалось ускорить ход приема документов, устранить проблему не читаемости почерка, сократить количество конфликтов, реализовать ход очереди «по конвейеру».

По итогам тестирования скорость приема документов возросла примерно в два раза. С учетом введения новой технологии и её первого использования в тестовом режиме с реальными данными, можно сделать вывод о том, что она не до конца раскрыла свой потенциал и что возможно и дальше увеличивать скорость работы приемной комиссии путем программного устранения всех возможных ошибок пользователей, ежегодным рефакторингом кода и обучением сотрудников новому автоматизированному процессу.

Формирование расписания. Формирование расписания является такой же трудоемкой задачей, как и формирование преподавательской нагрузки. Этот процесс также влияет на качество преподавания и должен корректироваться с учетом изменений в штате преподавателей (увольнение, прямые замены по различным обстоятельствам). Готовая программа должна быть гибкой и полнотью автоматизированной.

Для решения этой задачи можно использовать один из методов решения задач дискретной оптимизации, например эвристические алгоритмы, метод динамического программирования, графический метод или метод ветвей и границ.

Доступ к списку свободных кабинетов. При условии, что расписание формируется автоматически, добавление такой функции, как формирование сводной таблицы, в которой отображаются свободные кабинеты каждый день на определенном учебном занятии, не составит труда. Дополнительно необходимо только ставить отметку о том, что кабинет занят на определённой паре для предотвращения накладок. Также можно добавить функцию поиска свободного кабинета для проведения занятия.

Добавление замен занятий через приложение. Задача преимущественно для колледжей, где методист вручную оформляет замены на занятия.

Автоматическое уведомление об изменениях в расписании. Как и с электронными журналами, в некоторых учреждениях образования есть решение этой задачи. Например, в Политехническом колледже об изменениях в расписании уведомляет телеграмм-бот, за который отвечает инженер-программист. Но глубже погружаясь в эту задачу (при условии решения предыдущих задач), этот процесс можно сделать абсолютно автоматическим.

Таким образом, можно заметить, что практических задач в сфере образования достаточно много. Учтем также, что это только примерный список и на самом деле автоматизировать можно гораздо больше процессов. Используя инновационные средства представления информационного контента и электронные информационные технологии можно реализовать целую систему для поддержки учебного процесса, тем самым облегчив рабочий процесс для преподавателей и администрации, а для учащихся и студентов реализовать современное образование на зарубежном уровне.

Список использованных источников

1. Информационный портал NoNews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nonews.co/directory/lists/countries/it-index>. – Дата доступа: 23.09.2024.
2. Научно-производственный журнал «Веснік сувязі» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsbel.by/Portico/2015/6/010.pdf>. – Дата доступа: 24.09.2024.
3. Информационный портал The UN agency for digital technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.itu.int/hub/publication/D-IND-ICT_MDD-2024-3/. – Дата доступа: 25.09.2024.
4. Datareportal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://datareportal.com/digital-in-bela-rus?utm_source=DataReportal&utm_medium=Country_Article_Hyperlink&utm_campaign=Digital_2024&utm_term=Belarus&utm_content=Country_Page_Link. – Дата доступа: 25.09.2024.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ

П. С. Мурадов, А. М. Хамраев, М. Х. Нурлыева

Государственный энергетический институт Туркменистана

Введение

Информационные технологии и цифровизация представляют собой ключевые направления в развитии современного общества и экономики. В условиях стремительного развития технологий, цифровизация охватывает все сферы жизни, включая промышленность, образование, медицину, транспорт и государственное управление. Информационные технологии (ИТ) играют центральную роль в процессе цифровой трансформации, обеспечивая создание и использование новых цифровых платформ, автоматизацию процессов, обработку данных и внедрение искусственного интеллекта.

Цифровизация способствует повышению эффективности, снижению издержек и ускорению бизнес-процессов, что позволяет компаниям и организациям быстрее адаптироваться к изменениям в конкурентной среде. Кроме того, развитие ИТ способствует возникновению новых моделей взаимодействия, таких как интернет вещей (IoT), облачные технологии, большие данные и блокчейн. Однако наряду с преимуществами цифровизация влечет за собой новые вызовы, включая вопросы кибербезопасности, защиту персональных данных и цифровое неравенство.

В целом, информационные технологии и цифровизация становятся фундаментальными факторами развития современных государств и организаций, играя ключевую роль в повышении конкурентоспособности, инновационности и устойчивости к будущим вызовам.

Основные аспекты информационных технологий

Развитие информационных технологий началось еще в середине XX века с появлением первых компьютеров. В 1940-50-х годах были созданы первые

вычислительные машины, которые использовались для решения научных и военных задач. В 1960-х годах начали развиваться компьютерные сети, что привело к созданию первого интернета (ARPANET) в 1969 году. В 1970-80-е годы наблюдался значительный прогресс в области персональных компьютеров, таких как IBM PC и Apple Macintosh, что позволило ИТ выйти за пределы корпоративного сектора и стать доступными для обычных пользователей. В 1990-х годах с появлением Всемирной паутины (World Wide Web) интернет стал основой для новой волны цифровизации, открывшей доступ к информации и коммуникации для миллионов людей по всему миру. В XXI веке ИТ и цифровизация пережили стремительный рост благодаря развитию мобильных технологий, социальных сетей, облачных вычислений и искусственного интеллекта. Эти технологии стали основой новой цифровой экономики и трансформации практически всех отраслей. Информационные технологии (ИТ) и цифровизация играют ключевую роль в современной экономике и обществе, трансформируя различные отрасли и процессы. В последние десятилетия развитие ИТ ускорилось, что позволило автоматизировать и оптимизировать многие бизнес-процессы, повысить производительность труда и создать новые модели взаимодействия между людьми, организациями и правительствами.

Информационные технологии охватывают широкий спектр областей, включая программное обеспечение, оборудование, сети, базы данных и средства коммуникации. Эти технологии используются для обработки, хранения и передачи информации. Наиболее значимыми направлениями ИТ являются:

1. Программное обеспечение – создание и разработка приложений, которые помогают автоматизировать рутинные задачи, облегчить управление данными и повысить производительность труда.

2. Сетевые технологии – развитие интернета и компьютерных сетей, которые позволяют связывать между собой пользователей, компании и устройства.

3. Облачные вычисления – возможность удаленной обработки данных, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и снижение затрат на инфраструктуру.

4. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение – автоматизация сложных задач, которые ранее требовали человеческого вмешательства, включая анализ больших данных, прогнозирование и автоматическое принятие решений.

5. Кибербезопасность – защита данных и систем от угроз и кибератак, которые с ростом цифровизации становятся все более актуальными.

Важные направления в цифровизации

1. Цифровые платформы и экосистемы: Компании, такие как Amazon, Google, Facebook и Alibaba, создали цифровые платформы, которые выступают посредниками между различными участниками рынка. Эти платформы изменили правила игры в таких отраслях, как торговля, реклама, развлечения и финансовые услуги.

2. Big Data и анализ данных: Большие данные (Big Data) – это огромные объемы данных, которые компании собирают из различных источников, таких как социальные сети, интернет вещей и транзакционные системы. Сбор и анализ этих данных позволяют компаниям принимать более точные решения, прогнозировать поведение клиентов и оптимизировать бизнес-процессы.

3. Искусственный интеллект (ИИ): Развитие ИИ позволило автоматизировать множество задач, таких как обработка изображений и речи, анализ данных и управление производственными процессами. ИИ активно используется в таких областях, как здравоохранение (диагностика заболеваний), финансы (анализ рисков и мошенничества) и транспорт (автономные автомобили).

4. Автоматизация и роботизация: Современные технологии позволяют автоматизировать как физические процессы (например, роботизация на производстве), так и интеллектуальные (например, автоматизация бухгалтерских операций). Это снижает затраты, увеличивает производительность и минимизирует человеческие ошибки.

5. Интернет вещей (IoT): IoT подразумевает подключение различных устройств к интернету для обмена данными в реальном времени. Это открывает новые возможности для создания умных городов, умных домов, систем мониторинга и управления производственными процессами.

6. Блокчейн: Технология блокчейн изначально была известна как основа для криптовалют, таких как биткойн. Однако её применение выходит за рамки финансовых рынков. Блокчейн может использоваться для безопасного хранения данных, управления цифровыми активами, проведения смарт-контрактов и обеспечения прозрачности транзакций.

Цифровизация: преобразование процессов и бизнеса

Цифровизация – это процесс интеграции цифровых технологий во все аспекты жизни и работы. Она значительно изменяет способы производства, управления, общения и взаимодействия людей. Ключевыми аспектами цифровизации являются:

1. Автоматизация процессов – использование технологий для автоматизации рутинных и сложных процессов, что позволяет снизить затраты и повысить эффективность.

2. Доступность данных – цифровые технологии позволяют мгновенно получать доступ к информации, анализировать ее и принимать на основе этого решения.

3. Интернет вещей (IoT) – подключение различных устройств к интернету для обмена данными и управления процессами в реальном времени.

4. Электронные сервисы – рост использования онлайн-услуг в различных отраслях, таких как образование, здравоохранение, финансы, что повышает удобство и снижает время взаимодействия с клиентами.

5. Цифровая экономика – новая модель экономики, где основное внимание уделяется данным и информации как ключевым активам. Она

основана на платформах, цифровых продуктах и услугах, которые связывают производителей и потребителей.

Влияние ИТ и цифровизации на бизнес и общество

ИТ и цифровизация оказывают значительное влияние на бизнес и общество. В бизнесе они позволяют повышать эффективность, улучшать качество продукции и услуг, создавать новые возможности для роста и развития. Например, цифровые платформы, такие как маркетплейсы или социальные сети, дают бизнесам доступ к глобальным рынкам и позволяют расширить базу клиентов. Для общества цифровизация облегчает доступ к образовательным и медицинским услугам, улучшает качество жизни, повышает мобильность и доступность информации. Кроме того, цифровые технологии помогают государствам улучшить управление, повышая прозрачность и оперативность. Однако с ростом цифровизации возникают и новые вызовы, такие как киберугрозы, вопросы защиты персональных данных и конфиденциальности, а также проблема цифрового неравенства, когда доступ к технологиям неравномерен в различных регионах и социальных группах.

Преимущества цифровизации

1. Увеличение производительности: Цифровизация позволяет компаниям автоматизировать многие процессы, снижая затраты на труд и сокращая время выполнения задач. Это способствует повышению общей производительности и конкурентоспособности.

2. Улучшение качества продуктов и услуг: За счет внедрения ИТ компании могут лучше управлять качеством производимых товаров и предоставляемых услуг, минимизировать ошибки и повысить удовлетворенность клиентов.

3. Расширение доступа к рынкам: Цифровые технологии, такие как интернет и мобильные приложения, позволяют компаниям работать на глобальном уровне и привлекать клиентов из различных регионов.

4. Оптимизация бизнес-процессов: Цифровизация дает возможность оптимизировать и интегрировать различные процессы в компании, такие как управление поставками, производство и маркетинг.

5. Инновации и новые бизнес-модели: ИТ и цифровизация создают условия для появления новых бизнес-моделей, таких как подписочные сервисы, платформы для совместного потребления и модели цифровых услуг на основе данных.

Вызовы и риски цифровизации

1. Кибербезопасность: С ростом цифровизации увеличивается количество кибератак, направленных на компании, государственные структуры и частных лиц. Это делает кибербезопасность одной из приоритетных задач для всех, кто взаимодействует с цифровыми технологиями.

2. Защита персональных данных: В условиях активного сбора данных пользователями цифровых сервисов возрастает риск утечки и неправомерного использования личной информации. Это требует разработки и внедрения более строгих правил регулирования в области защиты данных.

3. Цифровое неравенство: Несмотря на повсеместное распространение ИТ, существует значительное неравенство в доступе к цифровым технологиям между различными странами и регионами. Это может создавать экономические и социальные дисбалансы.

4. Зависимость от технологий: Избыточная цифровизация может привести к избыточной зависимости компаний и людей от технологий, что в случае сбоев или кибератак может нанести серьезный ущерб.

5. Этика ИИ и автоматизации: С развитием ИИ и автоматизации возникают вопросы этики, связанные с использованием этих технологий в различных сферах жизни. Например, использование ИИ для принятия решений может привести к предвзятости или дискриминации, если системы обучаются на необъективных данных.

Заключение

Информационные технологии и цифровизация продолжают трансформировать современный мир, открывая новые возможности для бизнеса, улучшая качество жизни и ускоряя процессы взаимодействия. Однако, для успешного использования их потенциала важно учитывать вызовы, связанные с безопасностью, защитой данных и равным доступом к технологиям. Информационные технологии и цифровизация не только изменили современные бизнес-процессы, но и стали ключевым фактором экономического роста и развития общества. Преимущества, которые приносят цифровые технологии, неоспоримы: от повышения производительности до создания новых бизнес-моделей и улучшения качества жизни. Однако важно помнить и о вызовах, связанных с кибербезопасностью, защитой данных и доступом к технологиям. Будущее ИТ и цифровизации будет зависеть от способности человечества находить баланс между инновациями и ответственным использованием технологий.

Список использованных источников

1. Кастельс, М. "Сеть как культура: Знания и власти в эпоху цифровых технологий".
2. Рейн, Л. "Цифровизация: стратегии и инновации в бизнесе".
3. Котлер, Ф. "Маркетинг 4.0: Переход от традиционного к цифровому".
4. Шваб, К. "Четвёртая промышленная революция".
5. Брайнджолфссон, Э., Макафи, А. "Вторая машина: Работа, прогресс и процветание в эпоху блестящих технологий".
6. Д. М. Лейв, А. Л. Тсай. "Технологическая трансформация и её влияние на бизнес-процессы".
7. Г. Н. Гребнев. "Цифровизация экономики: проблемы и решения".
8. "Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations" (Capgemini).
9. "Global Digital Report" (We Are Social, Hootsuite).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GOOGLE-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАРОСТЫ ГРУППЫ

Е. В. Кирчук, В. А. Кофанов, Т. Г. Хомицкая

Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, elb00611@g.bstu.by

The article considers the technology for creating electronic records of classes in a group based on the use of Google Workspace Applications.

Ведение журнала учета занятий является одной из обязанностей старосты группы вуза, который должен в начале занятия отметить отсутствующих, а в конце занятия подать информацию о занятии преподавателю на подпись.

Цель проекта заключается в разработке электронной версии журнала с использованием on-line технологий приложений Google Workspace в корпоративном домене университета g.bstu.by.

Определены следующие задачи проекта:

1. составление модели электронной версии журнала в соответствии с бумажным оригиналом;
2. настройка доступа участников проекта к работе с журналом;
3. определение возможности для документирования результатов обработки данных журнала.

Для решения поставленных задач были использованы приложения Google Календарь и Google Таблицы, как наиболее универсальный инструмент для решения широкого круга задач, например, таких как организация сбора информации о научно-исследовательской деятельности студентов [1], а также создание игр в многопользовательском режиме [2].

Перед началом семестра староста группы формирует в Google Таблицах макет на неделю аналогично странице из бумажного журнала, т.е. на рабочем листе Таблицы располагает список студентов, порядок предметов по дням недели с указанием типов занятий, а также готовит возможность для заполнения информацией о посещении в журнале с подведением статистики (рисунок 1).

Для наполнения макета журнала целесообразно использовать выпадающие списки: «*перечень предметов*» с указанием всех дисциплин, изучаемых в семестре, «*тип занятий*» в котором содержатся виды «лк», «пр» или «лаб», а также «*присутствие на занятии*», который включает в себя элементы «+», «2/у», «2/н». По умолчанию у всех студентов установить «+».

Для подведения статистического анализа используется функция СЧЁТЕСЛИ() для подсчета пропусков по уважительной или неуважительной причине.

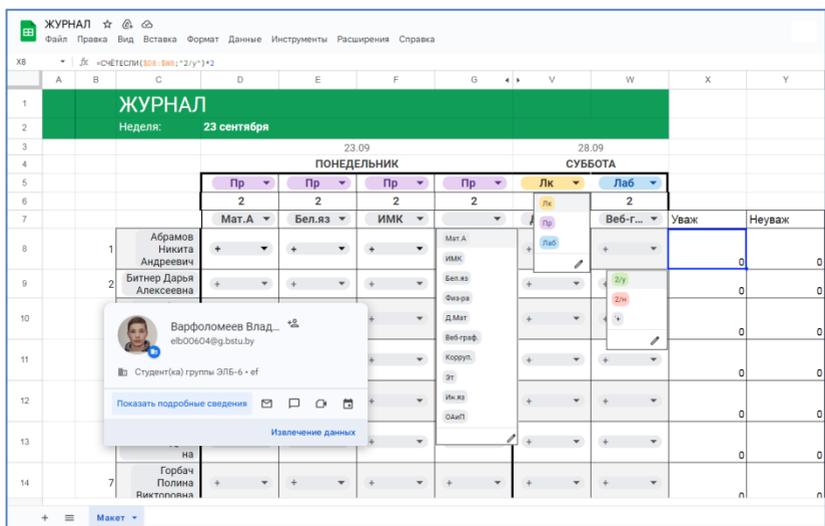


Рисунок 1 – Страница журнала

Поскольку сервис приложения Google Таблицы поддерживает совместную работу, то староста настраивает уровни доступа к контенту в зависимости от задач, решаемых той или иной группой лиц (рисунок 2):

- редактор – для себя (старосты) и деканата;
- комментатор – для преподавателей;
- читатель – для студентов.

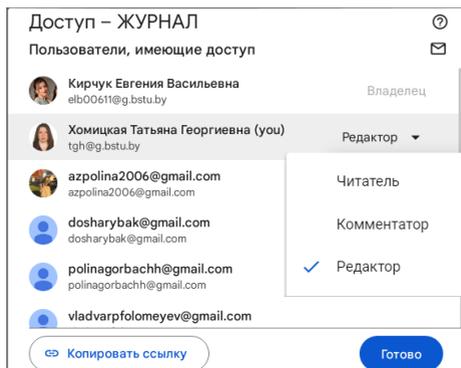


Рисунок 2 – Настройка доступа

Перед началом недели занятий, староста дублирует страницу макета журнала в Google Таблицы и настраивает (расписание) для текущей недели занятий.

Затем в приложении Google Календарь староста создает расписание занятий для группы с учетом разбивки на подгруппы. В соответствие с режимом работы, принятом в университете, достаточно заполнить данные для первой (верхней) и второй (нижней) недель.

Информация по каждому из занятий (рисунок 3) должна включать в себя:

- краткое название занятия (например, «лк ОАиП»);
- дата, начиная с которой будут проводиться занятия;
- время начала занятия (время окончания занятия будет проставлено автоматически, если в Настройках Календаря задать продолжительность занятия в соответствии с регламентом – 80 минут);
- поскольку для расписания характерна цикличность, то необходимо задать режим повтора для мероприятия (еженедельно или повтор через две недели, четыре недели и т.д.) либо до конкретной даты (например, последний день семестра), либо на определенное число повторов;
- аудитория, где проводится занятие;
- при необходимости настроить оповещение о характере занятия;
- пригласить студентов группы (по логину группы) и преподавателей, ведущих занятие в группе;
- в заметки добавить ФИО преподавателя, а также обязательно прикрепить файл «Журнал» из Google Таблиц.

При синхронизации аккаунтов на компьютере и на мобильном телефоне (смартфоне) напоминания могут поступать либо в форме уведомлений на почту или на смартфон, либо использоваться в виджете смартфона.

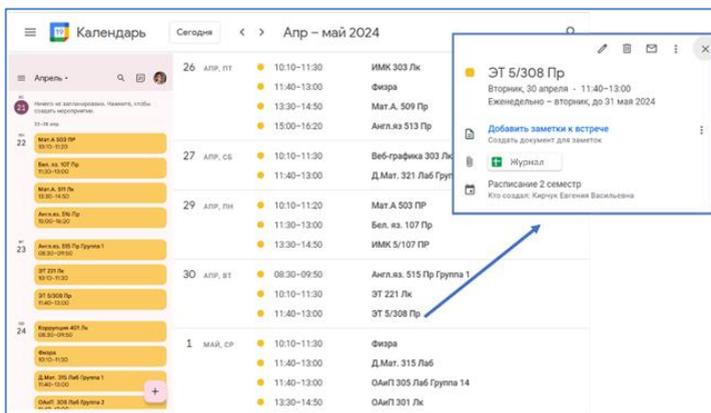


Рисунок 3 – Расписание занятий в Google Календарь

Поскольку при составлении расписания студенты группы были приглашены как гости, то автоматически будет добавлен доступ к расписанию группы в Google Календарь.

Староста группы в начале каждой недели создает копию листа «Макет», задает дату понедельника. В течении недели отмечает отсутствующих. В свою очередь преподаватели могут открыть документ «Журнал» из Google Таблиц проверить отсутствующих и внести какое-либо примечание (например, в виде темы занятия).

Таким образом, из Google Календаря у каждого студента группы есть возможность перейти в журнал, который заполняет староста, где

отображаются все пропуски по уважительной и неуважительной причинам, а также суммируется количество пропусков за неделю.

		23.09 ПОНЕДЕЛЬНИК				28.09 СУББОТА				
		Пр	Пр	Пр	Лк	Лаб				
		2	2	2	2	2	Уваж	Неуваж		
		ОАиП	Бел.яз	ИМК	Д.Мат	Веб-г...				
27	20	Седро Илья Геннадьевич	2/y	2/y	2/y	2/y	+	+	8	0
28	21	Цван Никита Андреевич	+	+	2/н	2/н	+	+	0	4
29	22	Чирук Михаил Витальевич	+	+	+	+	+	+	0	0
30	23	Шмелёва Ян...	+	+	+	+	+	+	0	0
31	24	Янчук Игорь...	+	+	+	+	+	+	0	0

Рисунок 4 – Доступ преподавателя

В конце каждого месяца, когда весь журнал будет заполнен, старосте группы следует перевести данные за месяц в формат pdf, а после распечатать и принести в деканат.

Можно выделить следующие преимущества использования электронного журнала:

1. информированность всех участников учебного процесса в режиме on-line;
2. использование меньшего количества бумаги;
3. электронный журнал невозможно забыть или потерять;
4. поскольку электронный журнал можно открыть даже на телефоне, то он всегда под рукой.

Список цитированных источников

1. Каменец, А.Г. Автоматизация сбора информации о научно-исследовательской деятельности студентов на базе Google Workspace / А.Г. Каменец, В.А. Кофанов, Т.Г. Хомичкая // Математическое моделирование и новые образовательные технологии в математике : сборник материалов Республиканской научно-практической конференции, Брест, 28–29 апреля 2022 г. / Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А.И. Басика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 5–8.
2. Кулаков, Н.И. Создание игр в многопользовательском режиме в среде программирования Google Apps Script для Google-таблиц / Н.И. Кулаков, В.А. Кофанов // Математическое моделирование и новые образовательные технологии в математике : сборник материалов Республиканской научно-практической конференции, Брест, 28–29 апреля 2022 г. / Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина ; под общ. ред. А.И. Басика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 77–79.

**Разработка системного и прикладного
программного обеспечения,
свободно-распространяемого программного
обеспечения с открытым исходным кодом**

РАСПРАЦОЎКА ШМАТКАМΠΑНАЕНТНАЙ ГІС З МАШТАБАВАННЕМ НА АСНОВЕ ВІРТУАЛІЗАЦЫІ

А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, А.А. Маркіна, Д.А. Пятроў,
М.М. Шэшка, А.А. Шульган

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь,
dmitriykostiuk@bstu.by

A distributed architecture for dynamic run of the geoinformation system elements based on the Kubernetes container virtualization platform is presented. The system architecture was developed within the flood monitoring and prediction system. The system core includes a database cluster with high availability based on the multi-server PostgreSQL relational database management system with asynchronous replication and the PostGIS extension to store geospatial data. The interaction of system components is discussed as well as the integration of pluggable modules to import data streams from external sources, and computing modules for updating the geodata layers based on the flood zone calculations. The issues of horizontal scaling and automation of planned system upgrades are discussed, as well as the possibility of integrating specialized time series storage tools.

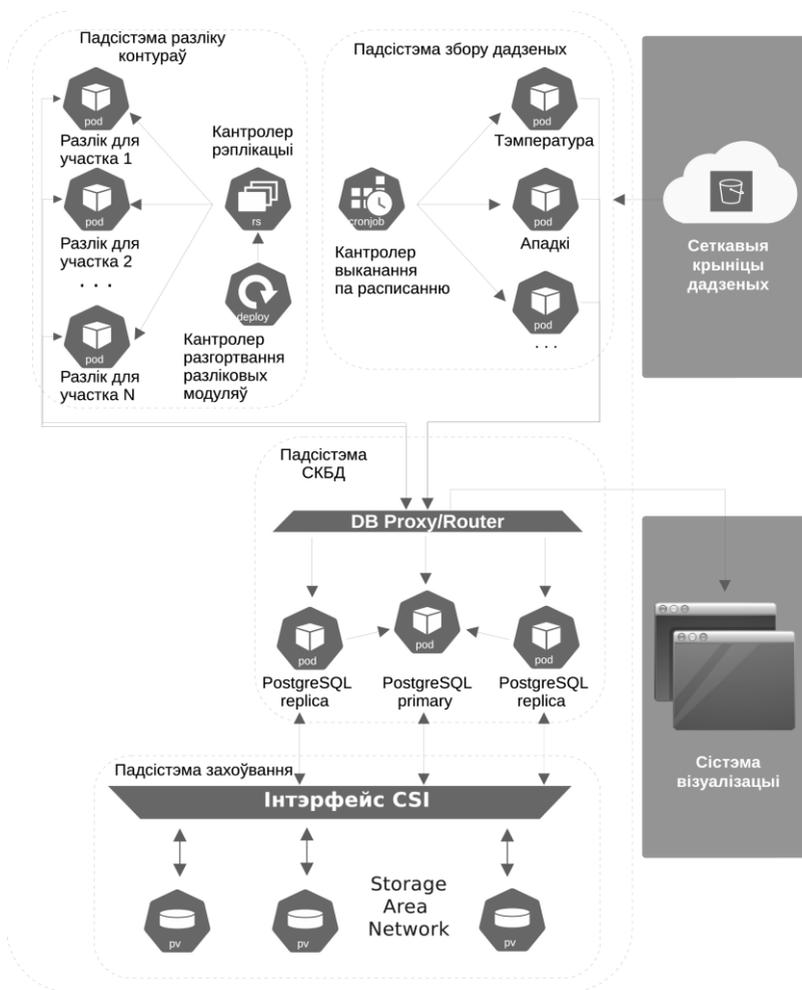
Уводзіны

Сучасныя сістэмы віртуалізацыі і аркестроўкі віртуальных машын дазваляюць дасягнуць якасна новага ўзроўню праграмных сістэм з пункту гледжання зладжанай сумеснай працы іх кампанентаў, аўтаматычнага абнаўлення і маштабавання. У дадзенай працы разглядаюцца асаблівасці выкарыстання аркестратара віртуальных машын для стварэння размеркаванай геаінфармацыйнай сістэмы (ГІС) з функцыямі высокай даступнасці і магчымасцю аўтаматычнага аднаўлення пасля збояў. Падыход быў апрабаваны ў Брэсцкім дзяржаўным тэхнічным універсітэце пры праектаванні сістэмы візуалізацыі і прагназавання паводак [1, 2].

Віртуалізацыя кампанентаў сістэмы

Распрацаваная архітэктара праграма на комплексу пабудавана на платформе віртуалізацыі кантэйнераў Kubernetes, што забяспечвае паралельную працу праграмных модуляў. Архітэктара ўключае захоўванне ў кластары СКБД PostgreSQL з пашырэннем PostGIS, а таксама часавых шэрагаў, атрыманых ад сродкаў маніторынгу, пры іх наяўнасці; у гэтай жа СКБД прадугледжваецца захоўванне вынікаў паліганальных разлікаў для візуалізацыі размеркавання кліматычных і іншых параметраў і селіцэбнай інфармацыі. Выкарыстанне аркестратара кантэйнераў Kubernetes дазваляе аўтаматычна распаралельваць разлікі для адначасовай працы з зададзенай

колькасцю сегментаў тэрыторыі, а таксама забяспечвае гарызантальнае маштабаванне.



Малюнак 1. Архітэктурна сістэмы

Архітэктурна сістэмы, прадстаўленая на малюнку 1, уключае падсістэмы збору дадзеных, разліку контураў візуалізацыі, СКБД і захоўвання дадзеных. Падсістэма збору дадзеных уключае кантэйнерызаваныя модулі для планавага імпарту дадзеных са знешніх крыніц (пунктаў маніторынгу клімату). Падсістэма разліку контураў візуалізацыі ўключае кантролер разгортвання і рэплікацыі для дынамічнага запуску модуляў разліку палігонаў для ўсіх участкаў мадэлі тэрыторыі. Падсістэма базы дадзеных была пабудавана на аснове пастраліцыйнай

СКБД з пашырэннем PostGIS для геаданых, а падсістэма захоўвання падае выявы дыскаў з неабходнымі файламі даных кантэйнерызаваным кампанентам сістэмы, што забяспечвае магчымасць іх дынамічнага запуску і прыпынку.

Кантэйнеры СКБД PostgreSQL выкарыстоўваюцца сумесна з утылітай рэзервовага капіравання і ўзнаўлення даных pgBackRest, сеткавым пулам злучэнняў PostgreSQL pgBouncer і падсістэмай высокай даступнасці PostgreSQL на базе Patroni. Каардынаванае ўзаемадзеянне кампанентаў забяспечвае спецыялізаваны кантролер Kubernetes – апэратар, у якасці якога выступае Persona Operator for PostgreSQL.

Пры стварэнні новага карыстацкага рэсурсу або змене ці выдаленні існуючага апэратар аўтаматычна стварае/змяняе/выдаляе ўсе неабходныя аб'екты Kubernetes з прадусталяванымі наладамі, якія патрабуюцца для карэктнай працы кластара PostgreSQL. Функцыянал апэратара пашырае API Kubernetes за кошт карыстацкіх вызначэнняў рэсурсаў (CRD), з дапамогай якіх адбываецца дэкларатыўнае канфігураванне кластара карыстальнікам – сістэмным адміністратарам. Апэратар у адпаведны час разгортвае асобнікі СКБД PostgreSQL, пул злучэнняў pgBouncer і т. д., і кіруе імі. У яго задачу таксама ўваходзіць аўтаматычнае манітавінне дыскавых тамоў у працуючыя кантэйнеры з праграмнымі кампанентамі, што неабходна для рэалізацыі функцыяналу базы даных у асяроддзі, арыентаваным у першую чаргу на размеркаванне сістэмы без захавання стану.

Для забеспячэння высокай даступнасці апэратар уключае прывязку афінітэту для запуску асобнікаў кластара PostgreSQL, вызначаных у яго прасторы імёнаў, на асобных працоўных вузлах, калі гэта магчыма. Вузлы з'яўляюцца ўзаемазаменымі, і калі вузел выходзіць з ладу ці губляе сеткавае падлучэнне, яго кантэйнеры аўтаматычна аднаўляюцца на іншым вузеле.

Масштабаванне сістэмы

Важная перавага Kubernetes - прастата маштабавання кластара, т. е. данання рэсурсаў ці модуляў і размеркавання іх па даступных вузлах. Вертыкальнае маштабаванне змяняе аб'ём вылічальных рэсурсаў або дыскавай прасторы, даступнай існуючым вузлам PostgreSQL. Гарызантальнае маштабаванне мае на ўвазе змену колькасці вузлоў у кластары (аналагічны механізм забяспечвае высокую даступнасць, у тым ліку дадатковыя вузлы для падтрымання працы сістэмы ў выпадку збою).

Даданне або памяншэнне рэсурсаў (ЦП ці памяці), даступных кантэйнерам, ажыццяўляецца шляхам рэдагавання адпаведных значэнняў у карыстацкім рэсурсе. Гарызантальнае маштабаванне больш праблематычна рэалізаваць у выпадку тыповых СКБД, першапачаткова прызначаных для выкарыстання на адным вузеле, бо іх архітэктурна не падзяляе падсістэму захоўвання і вылічальную нагрузку. Таму кластары будуюцца шляхам стварэння поўных залішніх копіяў адных і тых жа даных. Адзін з экзэмпляраў бярэ на сябе задачу абслугоўвання запытаў на запіс і рэплікацыі даных на іншыя вузлы кластара, задачай якіх з'яўляецца абслугоўванне запытаў на чытанне. Пры гарызантальным маштабаванні запытаў на чытанне, калі колькасць кампанентаў кластара ў Kubernetes

павялічваецца, адзін з кампанентаў стварае рэзервовую копію дадзеных і адпраўляе яе на новы асобнік для аднаўлення.

Пры маштабаванні кластара прадукцыйнасць чытання істотна змяншаецца да завяршэння працэсу рэзервовага капіявання. Таму, у адрозненне ад вертыкальнага маштабавання, якое можа выконвацца адаптыўна па меры неабходнасці, гарызантальнае маштабаванне павінна выконвацца ўручную ці па графіку, які ўлічвае чаканыя пікі нагрузкі.

Асобнымі кампанентамі на мал. 1, якія пашыраюць функцыянал ГІС, з'яўляюцца падсістэма разліку контураў зоны затоплення, якая змяшчае вылічальныя модулі, і падсістэма збору дадзеных з модулямі маніторынгу. Вылічальныя модулі забяспечваюць разлік палігонаў для абнаўлення накладзеных пластоў геададзеных і вызначаюцца канкрэтным прызначэннем ГІС. У нашым выпадку гэта разлік контураў зон затоплення тэрыторыі падчас паводкі. Модулі маніторынгу займаюцца апытаннем сеткавых сэрвісаў ці прылад збору дадзеных (напрыклад, кліматычных). Паколькі і сэрвісы, і прылады дадзенай катэгорыі дастаткова разнастайныя, модулі збору дадзеных складана ўніфікаваць і яны ўяўляюць сабой індывідуальныя, але параўнальна прасты праграмны код. Іх задача - выканаць сеткавы запыт у рамках API вытворцы прылады або сэрвісу, атрымаць дадзеныя з адказу і загрузіць у базу дадзеных новыя значэнні пэўнага часовага шэрагу.

Захоўванне дадзеных часовага рада для маніторынгу

У цэлым рэляцыйныя СКБД не дазваляюць эфектыўна працаваць з спарадкаваным наборам элементаў часавых шэрагаў. Найбольш прадукцыйным рашэннем у рамках дадзенай архітэктуры з'яўляецца выкарыстанне пашырэння PostgreSQL TimescaleDB. Аднак у шэрагу выпадкаў уласная рэалізацыя механізму захоўвання часовых шэрагаў у рэляцыйнай СКБД аказваецца пераважней выкарыстання спецыялізаванага рашэння, нягледзячы на яго функцыянальнасць і аптымізацыю. У гэтым выпадку выкарыстоўваецца цэнтралізаваная табліца, у якой захоўваюцца дадзеныя па пэўных вымярэннях (значэннях часавых шэрагаў) з унікальнымі складовымі ключамі, якія аб'ядноўваюць першасныя ключы "табліц вымярэнняў", якія ў сваю чаргу змяшчаюць атрыбуты вымяраных параметраў. Пры злучэнні табліц выкарыстоўваецца альбо схема «зорка» (з паменшанай колькасцю табліц і хутчэйшымі запытамі за кошт дэнармалізацыі табліц вымярэнняў), альбо схема «сняжынка» (з вялікай колькасцю табліц і больш поўнай нармалізацыяй) [3]. У нашым выпадку замест пашырэння TimescaleDB выкарыстоўвалася схема "зорка". У прыватнасці, гэта дазволіла выкарыстоўваць кантэйнеры PostgreSQL з PostGIS з рэстра Docker, на працу з якім разлічаны аператар і якія ён можа аўтаматычна абнаўляць па меры выхаду новых версій, аператыўна ухільваючы магчымыя ўразлівасці.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Volchak, A.A. Estimating the socio-economic damage caused by river flooding / A.A. Volchak, D.A. Kostiuk, D.O. Petrov, N.N. Sheshko // Modern technologies for solving actual society's problems. – Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. – Chapter 2.9. – P. 235–241.

2. Volchek A. A system for visualization and prediction of floods on lowland rivers / A. Volchak, D. Kostiuk, D. Petrov, N. Sheshko // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2023). Artificial Universe: New Horisont: Proceedings of the 16th International Conference (Belarus, Minsk, October 17–19, 2023). – Minsk: BSU, 2023. – Pp. 324–327.

3. Dubitsky, A.V. Free DBMS for storing time series / A.V. Dubitsky, A.A. Markina // New horizons – 2018. Collection of materials of the Belarusian-Chinese youth innovation forum in 2 volumes. Vol.2. – Minsk, November 15–16, 2018. – P. 136–137.

УДК 621.391.25

СОЗДАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ANSYS ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА

В. В. Напрасников¹, Ван Цзыжуй², Чжан Цзыхан¹

¹ Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
naprasnikov@gmail.com

² Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
610958034@qq.com

On the example of using optimization capabilities of ANSYS in relation to a class of machine-building structures, the approach for selecting rational parameters of the project is presented.

Введение

Разработка прикладного программного обеспечения в современных условиях часто опирается на использование специализированных встроенных языков программирования для промышленных программных комплексов. В частности, при создании рациональных проектов сложных машиностроительных конструкций может быть использован язык APDL, позволяющий подготовить параметрическую модель, которая в дальнейшем работает совместно с оптимизационными алгоритмами.

Пример создания оптимизационной модели ANSYS для выбора рациональных параметров проекта

Целью настоящей работы является формирование последовательности операций по построению проекта машиностроительной конструкции на основе специализированных языков программирования для конечно-элементного моделирования систем.

На начальном этапе построим параметрическую модель объекта с использованием языка APDL. На рисунке 1 представлен код части этой программы.

```

input,menust,tmp,",,,,,,,,,,,,,1
! /GRA,POWER
! /GST,ON
! /PLO,INFO,3
! /GRO,CURL,ON
! /CPLANE,1
! /REPLOT,RESIZE
WPSTYLE,,,,,,,,,0
/PREP7
ET,1,SOLID186
*SET,sigma,2e11
*SET,puas,0.3
*SET,dens,7850
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,sigma
MPDATA,PRXY,1,,puas
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,1,,dens
VADD,1,3
MSHKEY,0
MSHAPE,1,3d
CM,_Y,VOLU
VSEL,,,, 2
CM,_Y1,VOLU
CHKMSH,'VOLU'
CMSELS,_Y
!*=
VMESH,_Y1
!*=
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*=
MSHKEY,0
MSHAPE,1,3d
FLST,2,2,S,ORDE,2
FITEM,2,S2
FITEM,2,69

```

Рисунок 1 – Код части программы

Основы излагаемого подхода моделирования в среде ANSYS представлены в работах [1-5].

На рисунке 2 представлены переходы для алгоритмов двух методов оптимизации.

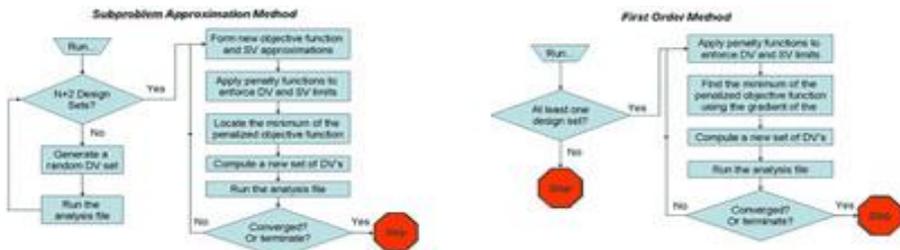


Рисунок 2 - Особенности переходов для методов оптимизации: Sub-problem approximation method и First-order method

В результате анализа исследуемой конструкции максимальное напряжение, наблюдаемое в конструкции, оказалось равным 136 МПа. Предел текучести для выбранной марки стали составляет 390 МПа. Это означает, что при данной нагрузке, прикладываемой к детали возможны конструктивные изменения в детали, с целью уменьшения количества используемого материала и рационального перераспределения напряжений.

Задача оптимизации ставилась следующим образом:

- максимальное напряжение в детали не превысит половины предела текучести: 150 МПа
- высота нижнего основания может изменяться в пределах: 0,005м – 0,050м;
- толщина бокового ребра может изменяться в пределах: 0,002м – 0,0125 м;
- используемый метод: случайный выбор.

На рисунке 3 представлены зависимости некоторых оптимизационных параметров от номера итерации.

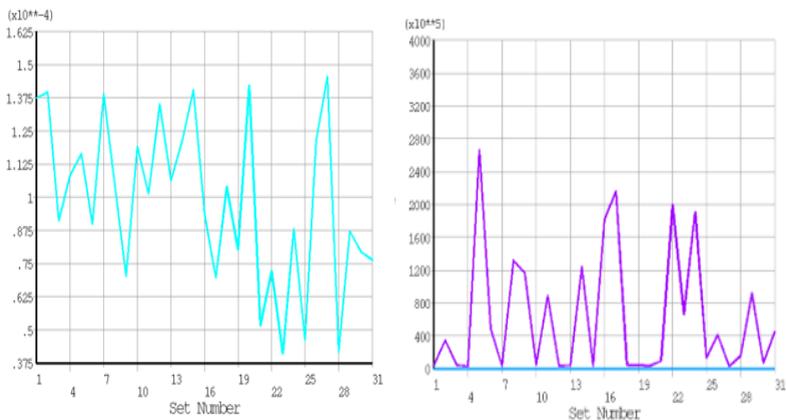


Рисунок 3- Динамика изменения объем (слева), динамика изменения напряжение (справа)

Заключение

Для достижения поставленной в данной работе цели решены следующие задачи:

1. Выполнено описание объекта оптимизации
2. Проведен выбор конечно-элементного комплекса, позволяющего осуществить проведение всех этапов исследования.
3. Подготовлена параметрическую конечно-элементную модель на языке APDL.
4. Сформирована оптимизационная модель и на ее основе получены рациональные параметры проектируемого изделия.

Список использованных источников

1. Напрасников В. В., Напрасникова Ю. В., Соловьев А. Н., Скалиух А. С. Построение конечно-элементной модели на основе языка APDL. Учебно-методическое пособие – Минск: БНТУ, 2009. –51 с.
2. Напрасников В. В., Напрасникова Ю. В., Соловьев А. Н., Скалиух А. С. Создание конечно-элементной модели для расчета контейнера в процессе прессования порошковой заготовки: Лабораторный практикум – Минск: БНТУ, 2008. – 89 с.
3. Напрасников В.В., Бородуля А.В., Кочуров В.А. Конечно-элементное моделирование в ANSYS в режиме удаленного доступа к суперкомпьютеру «СКИФ» Учебно-методическое пособие – Минск: БНТУ, 2008. –65 с.
4. Ван Цзыжуй, Напрасников В.В. Особенности использования языка APDL для построения виртуальной модели машиностроительного объекта.

XXIV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 22–24 марта, 2021 г., с.40.

5. Напрасников В.В., Ван Цзыжуй Особенности подготовки конечно-элементной модели на основе программирования в среде APDL. IX Международная научно-техническая интернет-конференция "Информационные технологии в образовании, науке и производстве", 20-21 ноября 2021 года [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет; сост. Е. В. Кондратёнок. – Минск: БНТУ, 2021.с.294-300.

УДК 623.093

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАДРОВЫХ РИСКОВ КОМПАНИИ

В. Ф. Алексеев¹, Д. В. Лихачевский²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, v.alekseev@bsuir.by

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, likhachevskyd@bsuir.by

Approaches to the development of software for assessing personnel risks in a company are considered. It is shown that personnel risk is related to the probability of the realization of anthropogenic threats originating from people. Based on the problems arising from personnel risks, the authors propose the development of software for assessing personnel risks, which requires a comprehensive approach that includes analysis, modeling, development, and implementation with continuous monitoring and updates. It is demonstrated that the system should be flexible in order to adapt to changing conditions and requirements of the company. An analysis of the requirements for software solutions for assessing personnel risks in the company has been performed. The modeling of the subject area and the development of requirements for the software have been examined.

Введение

Любой хозяйствующий субъект в своей деятельности сталкивается с риском. Риск лежит в основе принятия всех управленческих решений. Кадровый риск – это такой вид рисков, который связан с вероятностью реализацией антропогенных угроз, а именно исходящих от людей. Данные угрозы носят комплексный характер. Очень большой спектр неблагоприятных событий может наступить после реализации данного вида угроз. Исходя из проблем, возникающих по причине кадровых рисков, организациям требуется постоянно

проводить их оценку для того, чтобы избежать наихудшего исхода, а в лучшем случае избавиться от проблемы, когда она еще не нанесла ущерба предприятию [1–7].

Авторами предлагается рассмотреть подходы к разработке программного средства для оценки кадровых рисков компании.

Разработка программного средства для оценки кадровых рисков требует комплексного подхода, включающего анализ, моделирование, разработку и внедрение с постоянным контролем и обновлениями. Система должна быть гибкой, чтобы адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям компании.

Анализ требований к программным решениям оценки кадровых рисков компании

Исследования в области риска преимущественно посвящены анализу рисков, возникающих в различных сферах деятельности организации. Такому важному вопросу, как риски в работе с персоналом, внимания уделяется мало, хотя сегодня большинство компаний озадачены поиском лучших сотрудников на фоне общей нехватки специалистов. Почти 40% опрошенных работодателей, боясь столкнуться с проблемой нехватки квалифицированных специалистов. Сюда же следует отнести и страх того, что кадры компании может переманить другой работодатель [1].

Анализ требований к программным решениям по оценке кадровых рисков компании – это одна из важнейших задач, так как управление кадровыми рисками позволяет минимизировать потенциальные угрозы, связанные с персоналом. Можно предложить следующие ключевые аспекты и программы, которые могут быть полезны для оценки и управления кадровыми рисками:

1. Ключевые аспекты кадровых рисков

- кадровая текучесть: высокая текучесть кадров может указывать на проблемы в управлении или недостаток мотивации у сотрудников;
- недостаток квалифицированных специалистов: нехватка необходимых навыков среди сотрудников может привести к ухудшению качества работы и снижению конкурентоспособности;
- юридические риски: неправильное оформление трудовых договоров или несоответствие законодательству может привести к штрафам и судебным разбирательствам;
- репутационные риски: негативные отзывы сотрудников могут повлиять на имидж компании как работодателя;
- психологические риски: конфликты в коллективе, выгорание сотрудников и низкий моральный дух могут значительно снизить продуктивность.

2. Программные решения

Существует множество программных решений для оценки и управления кадровыми рисками. Некоторые из них включают:

- системы управления персоналом (*HRM*): эти платформы позволяют вести учет рабочего времени, управление документацией, отслеживание

производительности и текучести кадров, а также анализировать данные по сотрудникам в разных разрезах;

- программы для анализа текучести кадров: специальные решения, такие как BI (*Business Intelligence*) инструменты, могут использоваться для анализа факторов, влияющих на текучесть, и прогнозирования потенциальных рисков;

- системы мониторинга настроения сотрудников: инструменты, такие как опросы и обратная связь в режиме реального времени, помогают выявлять проблемы внутри коллектива, анализировать уровень вовлеченности, удовлетворенности и стресса;

- онлайн-платформы для обучения и развития: такие решения позволяют выявлять недостаток навыков и организовывать обучение, что снижает риск нехватки квалифицированных специалистов;

- инструменты для соблюдения трудового законодательства: программы, которые помогают следить за изменениями в законодательстве и автоматизируют процесс документирования, уменьшают вероятность юридических рисков.

Разработка программного средства для оценки кадровых рисков компании должна включать в себя несколько ключевых этапов и подходов:

1. *Исследование и анализ*

- анализ требований: выявление потребностей конечных пользователей, экспертов по управлению рисками и HR-специалистов. Это может включать в себя интервью, опросы, фокус-группы;

- сбор данных: определение источников информации о текущих кадровых рисках, таких как внутренние отчеты, статистика увольнений, отзывы сотрудников и т.д.

2. *Моделирование рисков*

- идентификация рисков: определение возможных кадровых рисков, таких как текучесть кадров, недостаток квалифицированных специалистов, конфликты внутри коллектива и др.;

- классификация рисков: сортировка рисков по категориям, например, по уровню воздействия, вероятности возникновения и времени реагирования;

- анализ влияния: оценка потенциального влияния каждого риска на бизнес-процессы компании.

3. *Разработка методов оценки*

- качественные методы: использование анкетирования и экспертных оценок для определения рисков;

- количественные методы: разработка математических моделей для расчета вероятности и воздействия рисков, например, путем применения статистических методов и машинного обучения.

4. *Создание прототипа*

- проектирование интерфейса: разработка удобного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса для представления информации о кадровых рисках;

– разработка функциональности: создание функциональных модулей для расчетов, визуализаций (графиков, диаграмм) и отчетности.

5. Тестирование и валидация

– пилотное тестирование: проведение тестов с ограниченным числом пользователей для сбора отзывов и выявления недостатков;

– валидация алгоритмов: проверка точности и надежности моделей, использованных для оценки рисков, а также их соответствия реальным условиям.

6. Внедрение

– обучение пользователей: проведение тренингов для сотрудников, которые будут работать с новым программным обеспечением;

– интеграция с существующими системами: обеспечение совместимости с другими ИТ-системами компании, такими как ERP или CRM.

7. Мониторинг и обновление

– мониторинг эффективности: постоянный анализ работы системы и ее результатов, а также отслеживание изменения кадровых рисков;

– обновление данных и алгоритмов: регулярное обновление моделей и источников данных для обеспечения актуальности и точности оценок.

8. Использование современных технологий

– анализ данных: применение *Big Data* и методов машинного обучения для обработки больших объемов информации;

– искусственный интеллект: использование ИИ для предсказания кадровых рисков на основе исторических данных и текущих трендов.

Авторами предлагается рассмотреть несколько программных средств для оценки кадровых рисков компании, описанных в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Таблица аналогов программного средства

Аналог	Компания-разработчик	URL официального сайта компании-разработчика	URL источников для обзора
<i>OMNINET</i>	OMNINET Software solutions	https://www.omnitra-cker.com/	https://johar.ru/
<i>Fenix+ 3</i>	MST	https://mst.su/fenix3/	https://johar.ru/

Программные сервисы *OMNINET* как и *Fenix+* являются веб-приложениями, а не десктопными решениями. Это означает, что работать с программным средством можно только в случае оформления подписки.

Следует отметить, что программные средства *OMNINET* и *Fenix+* имеют чрезмерный функционал.

Таблица 2 – Сравнительная таблица аналогов программного средства

Аналог	Назначение аналога	Функциональность аналога	URL
<i>OMNINET</i>	Сервис для адаптации процессов к потребностям организации с учетом отслеживания рисков	1. Управление ИТ-услугами. 2. Управление жизненным циклом процессов. 3. Мониторинг и отчетность рисков. 4. Обзор индикаторов. 5. Связь с поддержкой. 6. Авторизация.	https://www.omnitracker.com/
<i>Fenix+3</i>	Сервис для расчета риска, а также моделирования динамики угроз	1. Мониторинг статуса текущих рисков. 2. Моделирование динамики угроз. 3. Формирование акта сверки. 4. Онлайн заполнение запроса. 5. Информирование о улучшении. 6. Связь с поддержкой.	https://mst.su/fenix3/

Моделирование предметной области и разработка требований к программному средству

Общепринятый подход к оценке кадровых рисков выглядит следующим образом: сотрудники предприятия по оценке кадровых рисков должны первым делом собрать информацию о работниках предприятия; в список информация такого рода входит возраст, образование, есть ли заболевания, опыт работы, предыдущие места работы, по какой причине было покинуто предыдущее место работы и многое другое.

Вышеперечисленное является базовой информацией о сотрудниках, не дающей в полной мере оценить кадровый риск, поскольку есть параметры, которые можно получить только с помощью опросов, например мотив, моральные и ценностные установки работников, барьеры общения между сотрудниками и руководством, немотивированность, лояльность, выполняемые социальные роли, межличностные конфликты, верования, убеждения, ценности, культура, творческий и профессиональный потенциал, квалификация сотрудников.

На рисунке 3 предоставлена *BPMN*-диаграмма *AS-IS*.

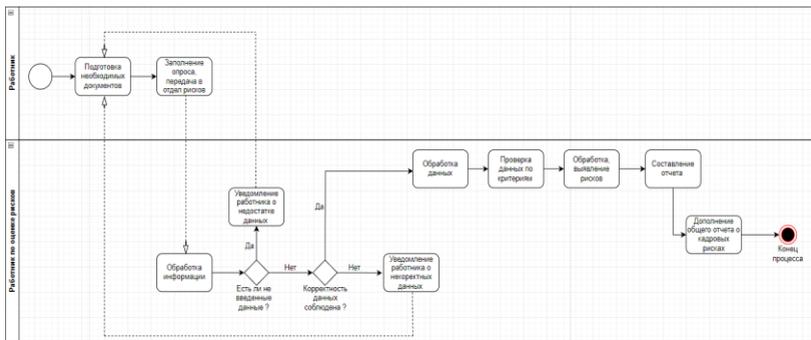


Рисунок 3 – Диаграмма AS-IS предметной области

BPMN-диаграмма *AS-IS* показывает текущее состояние бизнес-процессов организации. На данный момент рабочему персоналу организации необходимо лично явиться в отдел по управлению рисками организации для предоставления необходимой информации о себе и составления запроса, а также самому предоставить бумажные варианты необходимых документов. После этого представитель или работник ожидает, пока сотрудник по кадровым рискам проведет проверку всей информации на целостность и корректность. Далее работник по оценке кадровых рисков обрабатывает данные, проверяет их на наличие критериев кадровых рисков и после составляет отчет об работнике на наличие рисков с его стороны, помимо это добавляя всю информацию в общий отчет организации о кадровых рисках.

На рисунке 4 представлена *BPMN*-диаграмма *TO-BE*, показывает уже процесс после внедрения программного средства.

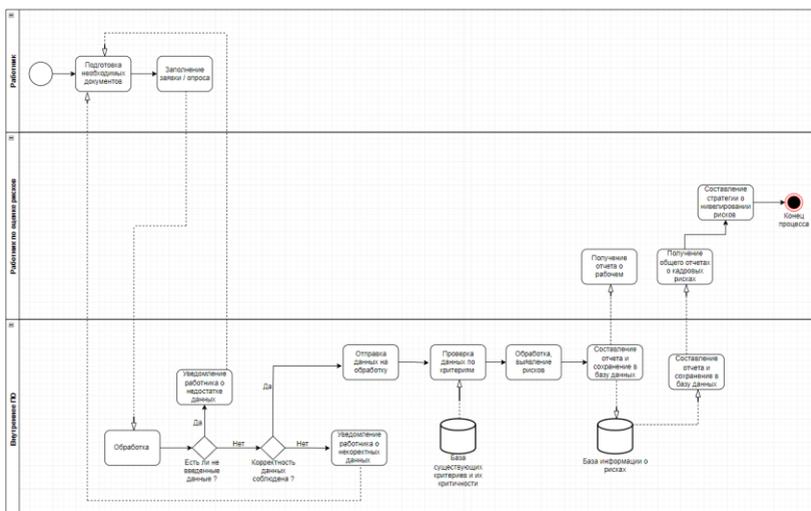


Рисунок 4 – Диаграмма TO-BE предметной области

Характерные отличия BPMN-диаграммы *TO-BE* от диаграммы *AS-IS* представлены ниже:

- у сотрудников по кадровым рискам отпало нужда в ручном анализе информации;

- работа с бумажными носителями уменьшилась, поскольку в программном средстве все представлено в визуальном стиле;

- в случае недостатка введенных данных, программное средство организации указывает на это;

- в случае успешного завершения опроса данные о работнике, обрабатываются, производится их анализ по всем критериям кадровых рисков, после чего сохраняется отчет о работнике и загружается в систему.

На основе полученной информации можно составить спецификацию функциональных требований к программному средству.

Пользовательские интерфейсы:

UI-1 Страницы должны предоставлять интерфейс с возможностью навигации по программному средству.

Интерфейсы ПО:

SI-1 Система опроса.

SI-1.1 Система должна передавать следующий вопрос из списка системе опроса.

SI-2 Система отчета кадровых рисков выбранного сотрудника.

SI-2.1 Система должна передавать отчет о кадровых рисках исходя из результатов опроса системе отчета кадровых рисков выбранного сотрудника.

SI-3 Система построения диаграммы.

SI-3.1 Система должна передавать обработанные данные о кадровых рисках компании системе построения диаграммы.

Интерфейсы оборудования:

Интерфейсы оборудования не выявлены.

Требования к юзабилити:

USE-1 Вся информация логически понятны и не вызывает вопросов.

USE-2 Система должна уведомлять пользователя о невыполненных действиях.

Требования к производительности:

PER-1 Загрузка ПО составляет не более 2-ух секунд.

PER-2 Система должна выводить пользователю сообщение о подтверждении в среднем за 3 секунды и не более чем через 6 секунд.

Доступность:

AVL-1 Программное средство должно быть доступно для пользователей 100% времени, за исключением времени планового обслуживания.

Безопасность:

SEC-1 Программное средство должно шифровать пароль при сохранении их в базу данных.:

Переносимость:

PRT-1 Программное средство возможно запустить с любого компьютера, с доступом в интернет, на котором установлено данное ПО.

На рисунке 5 представлена контекстная диаграмма разрабатываемой системы.

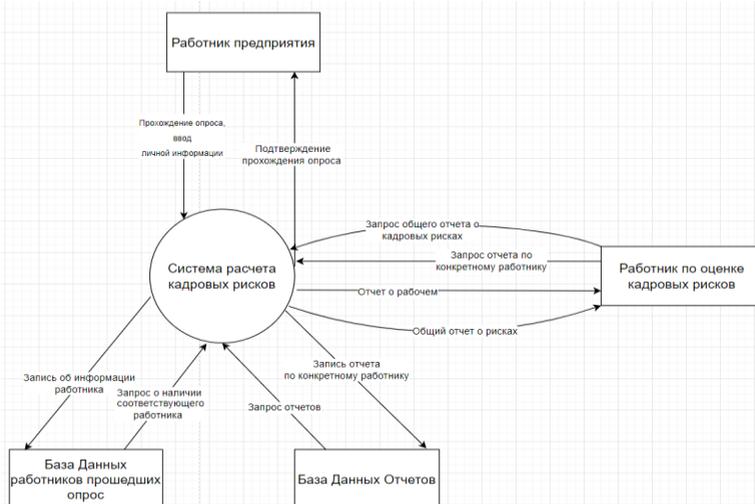


Рисунок 5 – Контекстная диаграмма

Основные функции можно представить в виде древа функций (рисунке 6).

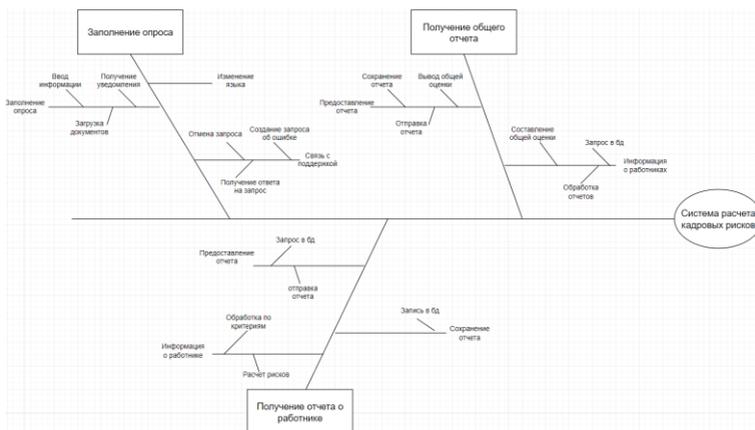


Рисунок 6 – Древо функций

Из имеющейся информации об основных функциях и пользовательских требований, следующим шагом становится постановка задачи для разработки программного средства.

Требования к программному средству могут быть описаны, например, как:

– реализовать программное средство с использованием объектно-ориентированного языка программирования *Java* с использованием фреймворка *JavaFX* и *hibernate*;

– архитектура: база данных–модель–бизнес-логика–клиентское приложение;
– исполняемые файлы должны работать в любом физическом узле;
– в качестве хранилища данных использовать MySQL;
– интерфейс системы и элементов управления должны быть на русском языке;

– создать клиент-серверное приложение;
– осуществить работу с базой данных;
– организовать удобный для использования интерфейс;
– организовать возможность работы администратора;
– организовать возможность работы пользователя;
– программное средство должно быть доступно для пользователей 100% времени, за исключением времени планового обслуживания;

– программное средство возможно запустить с компьютера либо ноутбука с доступом к локальной сети организации;

– система должна утилизировать данные о сотрудниках, которые были уволены либо ушли из организации.

В результате разработки программного средства все задачи должны быть выполнены для безопасности и эффективной работы приложения.

Заключение

При решении поставленной задачи авторами был выбран ряд соответствующих технологий и инструментов, предложены алгоритмы получения отчета, регистрации сотрудников, обработка запросов администратора. При функциональном моделировании было создано точное описание проектируемой системы, а также интерпретация полученного описания для определения оценочных знаний некоторых характеристик системы. Информационная модель системы была создана для корректной работы с данными: хранение, обработка, удаление. При этом данная модель способна предоставлять доступ к информации, необходимой администратору.

Список использованных источников

1. Теоретические аспекты разработки образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалиста / В. Ф. Алексеев [и др.] // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня* : сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции, Минск, 11-12 мая 2022 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богущ [и др.]. – Минск, 2022. – С. 425–430.

2. Малиновская, В. В. Архитектура больших данных / В. В. Малиновская, В. Ф. Алексеев // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня*: VII Международная научно-практическая конференция

[Электронный ресурс] : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2021. – С. 222–226.

3. Алексеев, В. Ф. Проблемы и возможные пути их реализации в работе с перспективными выпускниками по привлечению к научным исследованиям / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // Высшее техническое образование : проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments : материалы IX Международной научно-методической конференции, Минск, 1-2 ноября 2018 года / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 9 – 14.

4. Кадровые риски их классификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/student/fin-m/vidy-riskov.html>. – Дата доступа: 13.10.2024.

5. Риски: понятие и виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nauka-rastudent.ru/> – Дата доступа: 13.10.2024.

6. Аналог программного средства OMNINET Software solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.omnitracker.com/>. – Дата доступа: 13.10.2024.

7. Аналог программного средства 2 Fenix+ 3 MST [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mst.su/fenix3/>. – Дата доступа: 13.10.2024.

УДК 621.396

АЛГОРИТМЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

В. Ф. Алексеев¹, Д. В. Лихачевский²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, v.alekseev@bsuir.by

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, likhachevskiyd@bsuir.by

The article discusses key aspects of thermal processes occurring in radioelectronic devices and proposes algorithms that allow for effective analysis and prediction of temperature regimes in such constructions. The authors emphasize the importance of thermal analysis for ensuring the reliability and durability of radioelectronic equipment components, as well as the need to account for various factors affecting thermal characteristics. As a result of the conducted research, algorithms have been proposed that enable the optimization of thermal processes, enhancing the efficiency of radioelectronic devices. The article will be useful for specialists in the fields of thermal engineering, radioelectronics, and the development of high-tech systems, as well as for students and researchers interested in this topic.

Введение

При разработке современных радиоэлектронных средств (РЭС) в условиях ужесточения внешних дестабилизирующих факторов необходимо уделять особое внимание проблеме анализа и обеспечения тепловых характеристик электронных устройств. Это объясняется тем, что тепловые процессы, протекающие в современной аппаратуре, для которой характерны высокие удельные показатели, очень тесно связаны с другими физическими процессами, определяющими показатели технического уровня разрабатываемых устройств. Тепловые нагрузки становятся критически важными для их надежности и долговечности.

Современный подход к исследованию тепловых процессов РЭС основывается на методах математического моделирования. При этом программное обеспечение соответствующих специализированных пакетов прикладных программ, комплексов и подсистем теплового проектирования базируется на различных методах и подходах к моделированию. Большую роль при реализации проектных процедур играют принципы системного подхода к решению задач автоматизированного анализа и обеспечения тепловых характеристик РЭС. При этом программное обеспечение соответствующих специализированных пакетов прикладных программ, комплексов и подсистем теплового проектирования РЭС (SolidWorks Flow Simulation, COMSOL Multiphysics, ANSYS, Altium, Mentor Graphics, АСОНИКА-ТМ и др.) базируется на различных методах и подходах к оценке тепловых режимов [1–11].

Иерархическое моделирование тепловых процессов РЭС

Иерархическое моделирование тепловых процессов в радиоэлектронных средствах представляет собой важный инструмент для анализа и оптимизации теплового состояния электронных компонентов и систем. Процесс разработки и оптимизации тепловых характеристик требует комплексного подхода, включающего как теоретические, так и практические аспекты. Рассмотрим основные принципы иерархического моделирования, его структурные уровни и методические подходы.

Иерархический подход позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью исследовать температурные поля сложных объектов РЭС.

В основе иерархического подхода лежит принцип местного влияния, который в общей форме можно сформулировать следующим образом: любое местное возмущение температурного поля является локальным и не распространяется на отдельные участки поля. С учетом данного принципа можно с меньшей степенью детализации описывать тепловые процессы в удаленных от интересующего участка областях исследуемого объекта.

Применение иерархического подхода к исследованию тепловых полей в РЭС предусматривает выполнение следующих процедур:

1. Сложные пространственные распределения источников теплоты заменяются более простыми (упрощаются формы реальных исследуемых областей с сохранением некоторых интегральных характеристик: площадей, объемов, периметров, некоторых определяющих размеров).

2. Составные объекты (подсистемы) с неоднородной структурой заменяются квазиоднородными (имеющими некоторые признаки однородности) областями с эффективными теплофизическими свойствами.

3. Пространственные распределения величин, описывающих теплообмен на границах областей (температур окружающих тел и хладоносителей, коэффициентов теплоотдачи, тепловых потоков), заменяются их средними значениями.

Для практического использования иерархического подхода разработчику РЭС требуется уметь проводить построения приближенных тепловых моделей (макромоделей), описывающих тепловой режим исследуемых объектов с требуемой степенью детализации. Кроме этого, разработчик должен уметь выделять определенные части всего объекта для составления модели, пригодной для последующего более детального анализа тепловых процессов.

Иерархическое моделирование основано на идее многослойной структуры, где каждый уровень модулируется на основе данных и результатов, полученных на предыдущем. Этот подход позволяет разбивать сложные системы на более простые подзадачи, упрощая анализ и обеспечивая возможность более точного управления тепловыми процессами.

В общей теории систем описанные выше операции носят название агрегирования (выполняется укрупнение исходной модели) и декомпозиции (составление модели для более детального анализа).

Выполнение операций агрегирования и декомпозиции тесно связаны с иерархией конструктивного построения РЭС.

Одним из ярких примеров применения иерархического моделирования является анализ теплоотводов в современных процессорах. На макроуровне исследуется общее распределение температуры на поверхности процессора и его взаимодействие с радиаторами. На мезоуровне рассматривается производительность системы охлаждения при различных сценариях нагрузки. На микроуровне проводится детальный анализ тепловых потоков внутри микросхемы, что позволяет оптимизировать ее структуру и снижать тепловые потери.

Алгоритмы иерархического анализа тепловых процессов РЭС

При иерархическом подходе к исследованию тепловых характеристик РЭС используется как нисходящий, так и восходящий алгоритмы моделирования тепловых процессов.

Укрупненный алгоритм нисходящего иерархического моделирования тепловых процессов электронных системах может быть представлен в виде нескольких основных этапов: Данный подход позволяет учитывать тепловые характеристики на различных уровнях системы и эффективно управлять тепловыми режимами.

1. Определение структуры системы предполагает идентификацию компонентов РЭС и их размещение, а также определение иерархии уровней моделирования: от общего уровня до отдельных компонентов (например, группа функциональных блоков, отдельные аппараты, чипы и т.д.).

2. Сбор данных о тепловых характеристиках состоит из коэффициентов теплопередачи, теплоемкости и других термодинамических свойств для всех компонентов. На этом этапе необходимо учитывать параметры окружающей среды (температура, влажность и другие условия эксплуатации).

3. Моделирование тепловых процессов на верхнем уровне: оценка общей тепловой мощности РЭС, включая источники тепла и потери; предварительное распределение тепловых потоков между компонентами с использованием упрощенных моделей (например, метод баланса энергии).

4. Детализация на уровне компонентов: моделирование тепловых процессов для каждого компонента с учетом его специфики (например, воспринимаемый ток, рассеяние тепла); применение методов численного решения (например, метод конечных элементов) для более точного анализа.

5. Анализ устойчивости и оптимизация: оценка температуры и устойчивости работы компонентов в различных режимах; разработка рекомендаций по улучшению тепловых характеристик (например, оптимизация конфигурации, улучшение системы охлаждения).

6. Верификация и валидация модели: сравнение расчетных данных с экспериментальными результатами; корректировка моделей на основе полученных результатов.

7. Система мониторинга и управления: создание системы мониторинга температурных режимов в реальном времени; разработка алгоритмов для автоматической регулировки работы компонентов в зависимости от температурных условий.

Восходящее иерархическое моделирование тепловых процессов в РЭС – это процесс, который позволяет оценивать тепловые режимы различных компонентов и систем, чтобы обеспечить их надежность и работоспособность. Укрупненный алгоритм такого моделирования можно представить в виде следующих шагов:

1. Определение целей и задач моделирования: установить цель моделирования (например, оценка температуры компонентов, тепловые потери и т.д.); определить задачи, которые необходимо решить (например, оптимизация путей теплоотвода, нахождение критических точек перегрева и т.д.).

2. Сбор данных: собрать информацию о конструктивных особенностях радиоэлектронных средств; получить данные о физических и термодинамических свойствах материалов; составить список источников тепла (например, силовые элементы, процессоры, источники питания).

3. Создание иерархии модели:

– уровень 1: общая модель системы (например, общее распределение тепла в устройстве);

– уровень 2: модели индивидуальных подсистем (например, моделей блоков и модулей);

– уровень 3: модели компонентов (например, отдельных элементов схем и радиаторов).

4. Выбор методов моделирования: определить методы, подходящие для моделирования тепловых процессов (например, численные методы, аналитические модели, методы конечных элементов); выбрать программное обеспечение для выполнения расчетов.

5. Построение математической модели: оформить уравнения теплопроводности, конвекции и излучения в соответствующих системах; учесть граничные условия и начальные данные для каждого уровня модели.

6. Проведение расчетов: выполнить расчеты тепловых процессов на различных уровнях иерархии; собирать и анализировать результаты, обращая внимание на критические точки.

7. Верификация и валидизация модели: сравнить результаты моделирования с экспериментальными данными или результатами предыдущих исследований; провести анализ чувствительности модели к изменениям параметров.

8. Оптимизация: на основе полученных результатов провести оптимизацию конструкции для улучшения тепловых характеристик (например, улучшение путей теплоотвода, выбор материалов).

9. Документация и отчетность: подготовить документацию с описанием модели, методов, результатов и рекомендаций для практического применения.

10. Итерация: при необходимости повторить шаги 4–9 для доработки модели на основе новых данных или изменений в требованиях.

Этот алгоритм является общим направлением и может быть детализирован в зависимости от конкретных задач и условий моделирования.

Заключение

Эффективный анализ тепловых процессов является ключевым аспектом разработки и эксплуатации радиоэлектронных устройств. Рассмотренные алгоритмы позволяют не только точно моделировать тепловые потоки и распределение температуры в различных конструкциях, но и оптимизировать проектирование с целью повышения надежности и долговечности этих средств.

Современные подходы к математическому моделированию и численному анализу тепловых процессов открывают новые возможности для инжиниринга в области радиоэлектроники. Использование современных программных решений и вычислительных технологий способствует более глубокой интерпретации результатов и их применению на практике. Таким образом, внедрение описанных алгоритмов в процесс проектирования и испытаний позволяет значительно улучшить характеристики радиоэлектронных средств и обеспечить их устойчивую работу в различных условиях эксплуатации.

Список использованных источников

1. Madera, A., & Kandalov, P. (2020). Thermal Processes in Electronic Equipment at Uncertainty. *Journal of Engineering Thermophysics*, 29(1), 170-180.
2. Мадера, А.Г. Моделирование теплообмена в технических системах. М.: Науч. фонд «Первая исслед. лаб. им. акад. В.А. Мельникова», 2005. – 204 с.
3. Мадера, А.Г. Иерархический метод математического моделирования стохастических тепловых процессов в сложных электронных системах, *Comput. Res. Model.*, 2019, т. 11, № 4 – с. 613–630.
4. Моделирование отведения тепловой энергии от процессоров при помощи кулеров воздушного охлаждения=Simulation of Thermal Energy Removal from Processors Using Air Coolers / Г. А. Пискун [и др.] // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 4. – С. 54–62.
5. Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богущ [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 34–37.
6. Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богущ [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 282–286.
7. Оптимизация теплового режима приема-передающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation / Пискун Г. А., Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А. // *Znanstvena misel journal*. – 2019. – Vol. 1, № 35. – P. 47–60.
8. Моделирование джоулева нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В.Ф.Алексеев и др. // Доклады БГУИР. - 2018. - № 7(117). - С. 90 - 91.
9. Алексеев, В. Ф. Системный анализ тепловых характеристик при тепловом моделировании = System analysis of thermal characteristics in thermal design / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, К. А. Вериго // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам III Международной открытой научно-практической конференции «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях» / Воронежский государственный лесотехнический университет. – Воронеж, 2018. – №6(42). – С. 21–22.
10. Алексеев, В. Ф. Численное моделирование тепловых процессов электронных модулей на базе моделей, созданных в Altium Designer и SolidWorks / В.Ф. Алексеев, А.А. Константинов // *Danish Scientific Journal*. – 2018. – Vol.1, No 19. – Pp. 16–30.
11. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.

УДАЛЕННОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАТФОРМЫ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ ANSIBLE

Е. С. Пискун, А. Д. Стрельцов

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, strelsov92@gmail.com

Key factors in system settings and configurations that primarily affect the efficiency and stability of corporate networks when using Ansible have been experimentally established. Certain configuration parameters allow identifying errors in the configuration of network devices and servers, as well as inefficient resource allocation, which helps improve infrastructure management and process automation.

Введение

В современном мире корпоративные сети и ИТ-инфраструктуры постоянно растут и усложняются. С увеличением числа серверов, сетевых устройств и приложений управление конфигурациями вручную становится все более трудоемким и подверженным ошибкам. Это создает необходимость внедрения автоматизированных инструментов для эффективного управления конфигурациями, которые позволяли бы оптимизировать рабочие процессы, повысить производительность и снизить риски, связанные с человеческим фактором.

Одним из таких инструментов является *Ansible* – платформа с открытым исходным кодом, предназначенная для автоматизации процессов управления конфигурациями, развертывания приложений и управления ИТ-инфраструктурой [1]. Благодаря простоте использования, модульной архитектуре и широкому набору возможностей, *Ansible* быстро завоевал популярность в среде системных администраторов и *DevOps*-инженеров.

Цель статьи заключается в исследовании возможностей *Ansible* для управления конфигурациями в корпоративных сетях, которое строится на обзоре основных принципов работы платформы, ее архитектуры, подходов к автоматизации задач, а также преимуществ и ограничений использования данного инструмента в корпоративной среде [1].

Архитектура и принципы работы Ansible

Архитектура *Ansible* основана на модели клиент-сервер, где платформа управляет удаленными системами без необходимости установки агентов на управляемых узлах. Это достигается благодаря использованию *SSH* (или *WinRM* для *OS Windows*) для удаленного доступа, что упрощает процесс внедрения и администрирования [2].

Ключевыми компонентами архитектуры Ansible являются [1]:

- Контроллер (англ. *Control Node*) – основной управляющий сервер, на котором установлен *Ansible*. Он управляет выполнением плейбуков, координацией задач и взаимодействием с управляемыми узлами;

- Управляемые узлы (англ. *Managed Nodes*) – серверы, сетевые устройства и другие компоненты ИТ-инфраструктуры, которые находятся под управлением *Ansible*. Узлы не требуют установки дополнительного программного обеспечения, поскольку взаимодействие происходит через стандартные протоколы;

- Плейбуки (англ. *Playbooks*) – основной механизм автоматизации в *Ansible*. Плейбуки написаны на языке *YAML* и описывают последовательность задач, которые должны быть выполнены на управляемых узлах. Плейбуки также могут включать условные операторы и циклы для выполнения более сложных сценариев;

- Инвентарь (англ. *Inventory*) – это список управляемых узлов, сгруппированных по категориям, что позволяет *Ansible* выбирать конкретные узлы для выполнения задач. Инвентарь может быть статическим (файлы) или динамическим (генерация через *API* или другие источники данных);

- Модули (англ. *Modules*) – независимые блоки, которые выполняют конкретные задачи, такие как установка пакетов, изменение конфигураций, управление пользователями и так далее. Модули могут быть встроенными или написанными пользователем для удовлетворения уникальных потребностей.

Одним из ключевых принципов *Ansible* является гарантия неизменности, что означает, что повторное выполнение одной и той же задачи не приведет к изменению системы, если она уже находится в нужном состоянии. Это важно для управления конфигурациями, так как гарантирует стабильность и предсказуемость изменений.

Еще одним важным принципом является декларативный подход к описанию состояния системы. В плейбуках *Ansible* описывается не пошаговый процесс выполнения задач, а конечное состояние, к которому необходимо прийти. Это упрощает понимание и поддержку кода автоматизации.

Экспериментальная оценка производительности *Ansible* при массовой автоматизации

Цель эксперимента – оценить производительность *Ansible* в корпоративной сети, состоящей из нескольких виртуальных машин (*VMs*), при выполнении следующих задач:

1. Установка веб-сервера;
2. Настройка конфигурации веб-сервера;
3. Обновление конфигураций;
4. Повторное выполнение для проверки идемпотентности.

Исходные данные:

- количество виртуальных машин – 10;
- операционные системы:

- 5 машин на базе *Ubuntu* 20.04;
- 5 машин на базе *CentOS* 7.0.

Задачи:

- установить программное обеспечение с открытым исходным кодом для создания легкого и мощного веб-сервера *Nginx*;
- настроить конфигурации веб-сервера (разные порты и доменные имена);
- обновить конфигурации;
- совершить повторный запуск задач.

Метрики оценки производительности:

- время выполнения задачи (в секундах);
- количество внесенных изменений;
- количество ошибок.

Результаты выполнения эксперимента

Шаг 1 – Установка веб-сервера

В таблице ниже приведено время выполнения установки веб-сервера *Nginx* на 10 узлах:

Узел №	ОС	Время выполнения (с)	Количество изменений, шт	Ошибки
1-5	<i>Ubuntu</i>	10-12	3	0
6-10	<i>CentOS</i>	13-15	3	0

Среднее время выполнения – 12.5 с.

Шаг 2 – Настройка конфигураций веб-сервера

В нижеприведенной таблице представлены результаты по настройке конфигурации веб-сервера (например, указание доменного имени и порта для каждого узла):

Узел №	ОС	Время выполнения (с)	Количество изменений, шт	Ошибки
1-5	<i>Ubuntu</i>	4-6	2	0
6-10	<i>CentOS</i>	6-8	2	0

Среднее время выполнения – 6 с.

Шаг 3 – Обновление конфигураций

Плейбук был выполнен для обновления конфигураций (например, изменение порта). Результаты выполнения приведены в таблице ниже:

Узел №	ОС	Время выполнения (с)	Количество изменений, шт	Ошибки
1-5	<i>Ubuntu</i>	5-7	1	0
6-10	<i>CentOS</i>	8-9	1	0

Среднее время выполнения – 7 с.

Шаг 4 – Повторный запуск плейбуков (проверка идемпотентности)

Для проверки устойчивости к повторным операциям был выполнен повторный запуск плейбуков. Результаты приведены в таблице ниже.

Узел №	ОС	Время выполнения (с)	Количество изменений, шт	Ошибки
1-5	<i>Ubuntu</i>	2	0	0
6-10	<i>CentOS</i>	3	0	0

Среднее время выполнения – 2.5 с.

Общее время выполнения всех этапов показало, что *Ansible* эффективно управляет большими группами узлов, выполняя задачи за короткое время.

Количество изменений сократилось при повторном выполнении плейбуков, что подтверждает правильную работу *Ansible* к повторным операциям – система не вносит изменения, если узлы уже настроены корректно.

Ошибки отсутствовали на всех этапах, что демонстрирует стабильность работы платформы.

В результате экспериментов установлено, что использование *Ansible* значительно повышает эффективность автоматизации управления конфигурациями по сравнению с ручными операциями. Например, установка веб-сервера на 10 узлах вручную составила бы около 10-15 минут на каждый узел, в то время, как установка при помощи *Ansible* составляет 10-15 секунд.

Заключение

Экспериментально установлено, что *Ansible* представляет собой мощный инструмент, который обеспечивает удобство, эффективность и надёжность в процессе управления сложной инфраструктурой, состоящей из множества серверов и устройств.

Показано, что одним из важнейших аспектов *Ansible* является его устойчивость к повторным операциям – способность при повторных запусках плейбуков гарантировать, что система останется в корректном состоянии без внесения ненужных изменений.

Список использованных источников

1. Ansible [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ansible.com> (дата обращения 16.10.2024).
2. Костромин Р.О. Сравнительный обзор средств управления конфигурациями ресурсов вычислительной среды функционирования цифровых двойников // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 1 (21). С. 131-145. DOI:10.38028/ESI.2021.21.1.011

ПРОГРАММА УЧЕТА “BERK” – СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ТОВАРАМИ

Дж. А. Абдыев, М. Х. Нурлыева, М. М. Ходжамаммедов

Государственный энергетический институт Туркменистана

В статье описана учетная программа “Berk”, которая представляет собой программное обеспечение, способное облегчить работу с товарами, регистрацию производителей, покупателей. Как мы все знаем, в настоящее время программное обеспечение играет важную роль в облегчении каждой задачи. Внедрение такого программного обеспечения в нашу жизнь поможет сэкономить время и работать более корректно. Как следует из названия, эта программа больше подходит для полных и правильных расчетных задач, для поддержания согласованности и для немедленного поиска и просмотра автоматически выполняемых задач (истории расчетов) за короткий период времени. Может быть очень сложно отслеживать один или несколько проданных товаров и отслеживать их на бумаге, а при работе с несколькими клиентами может быть сложно найти и сообщить о чьемто счете на бумаге. Поэтому мы решили разработать программу расчета BERK, которая автоматически выполняет очень точные расчеты.

Современное программное обеспечение, предназначенное для работы с товарами

Теперь вернемся к исходной версии приложения. Когда программа открывается, она выглядит так, как на рисунке 1.

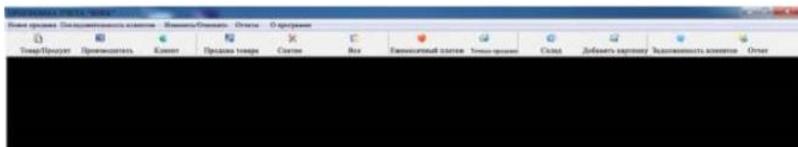


Рис. 1. Меню программы расчетов “BERK”

Программа состоит из нескольких меню (их шесть) и внутренних функций меню, а панель под строкой меню содержит ярлыки к основным функциям:

1. Новое меню - это меню конечно должно сохранять каждый товар, производителя, клиента, категории отдельно перед обработкой и работать только с сохраненными:

- Товар/Продукт (Ctrl+N) – Форма ввода нового товара. Продукция используется для поступления на склад. А Ctrl+N — это ярлык для вызова окна. При введении каждой продукции ее необходимо предварительно разделить на категории и для каждой продукции (товаров) указать серийный номер.

Рис. 2. Форма ввода нового товара

- Производитель – форма регистрации производителя продукции. Ввести производителя;

- Категория – Форма для ввода новой категории.

- Классифицировать товары;

- Клиент (Ctrl+M) – для ввода нового Клиента;

- Выход–полный выход из программы.

2. Меню продаж – в этом меню реализованы функции Нового меню. Как следует из названия, продажи осуществляются.

- Продажа товара (Ctrl+S) – в данной функции необходимо осуществлять продажу товара Покупателям, то есть продажа товара осуществляется в наличной и безналичной форме. Прежде всего, чтобы представить новый продукт, как мы уже упоминали выше, если вы введете серийный номер необходимого продукта в серийные номера каждой категории и нажмете Enter, информация о продукте будет отображена автоматически, и оставшееся количество товара на складе будет выставлено на продажу и продано.

- Снятие – предназначено для вывода всего проданного товара, если он уже продан. Когда эта функция выбрана по имени клиента, транзакцию, совершенную этим клиентом, можно просмотреть последовательно в следующем окне, и появится дополнительное окно, чтобы получить ваше согласие, нажав кнопку «Возврат продукта» в нижней части окна и завершив результат с вами. При этом он сообщит вам, что деньги за покупку, подлежащую возврату, еще не поступили.

- Ежедневные продажи – данный раздел предназначен для просмотра списка ежедневно продаваемых товаров;

- Продаваемые товары - как известно по названию, чтобы увидеть список проданных товаров, т.е. товары по наименованиям;

- Все – данный раздел предназначен для просмотра списка всех товаров продаваемого товара.

3. Меню «Последовательность клиентов» – в этом меню вы можете увидеть последовательность клиентов, т.е. последовательность платежей,

произведенных платежей и причитающихся платежей, а также особенности и общие цены проданных товаров по клиентам.

- Ежемесячный платеж – в данной функции осуществляется последовательность платежей, произведенных в наличной и безналичной форме.

- Точные продажи - это функция, позволяющая увидеть подробную информацию о товарах, проданных покупателям, а также их количество и цены отдельно.

4. Меню «Изменить/Отменить» — это меню предназначено для внесения изменений или отмены всех действий, связанных с программой (продукт, производитель, клиент, категория и т. д.). Но отмену Клиента можно отменить в любое время, если у Клиента нет задолженности, и если вы захотите аннулировать Клиента, имеющего задолженность, вы будете уведомлены о задолженности Клиента.

- Изменить цены – данная функция нужна для внесения изменений в ранее введенные цены (по категориям);

- Склад – данная функция необходима для того, чтобы видеть имеющиеся на складе товары и вносить в них изменения (по количеству и цене);

- Информация о Клиенте – данная функция используется для просмотра и удаления информации о Клиенте;

- Информация производителя – данный раздел предназначен для удаления и обновления информации производителя;

- Данные о категории – используются для категоризации покупок и продуктов и изменения их категорий;

- Добавить картинку в фоновое окно - фон программы, т.е. фон с черным пятном в активном состоянии: Выбрать картинку - мы можем выбирать из картинок на нашем компьютере по своему желанию. Отображение изображения - если метка отображения изображения активна, то фон программы будет черным, как в исходной версии, если она не активна, то будет отображаться выбранное нами фоновое изображение;

- Код разблокировки – изменить код открытия программы.

5. Меню «Отчеты» - в этом меню настраивается печать отчетов о задолженности клиентов и проданных покупателям товарах.

- Задолженность клиентов – эта функция будет сообщать о задолженности всех клиентов;

- Отчет – эта функция будет сообщать отдельно по Клиенту.

6. Меню «О программе» – функции этого меню предоставят подробную информацию о программе.

- Помощь учетной записи Berk – эта функция предоставит информацию о правилах использования сообщений, которые вы сейчас читаете, то есть о программе учетной записи Berk;

- О программе - данная функция обеспечит знакомство с создателем программы (программистом), т.е. автором.

Вышеупомянутая программа поможет облегчить работу и вести правильный учет товаров.

Заключение

Современное программное обеспечение, предназначенное для работы с товарами, играет ключевую роль в эффективном управлении бизнес-процессами. Оно не только оптимизирует операции по учету и продаже товаров, но и улучшает взаимодействие с клиентами, позволяя компаниям быстро адаптироваться к изменениям на рынке. Инструменты для управления запасами, системы электронных продаж и CRM-системы обеспечивают прозрачность и контроль на всех этапах — от закупки до конечного потребителя.

В условиях стремительного развития технологий, интеграция облачных решений, искусственного интеллекта и аналитики данных становится необходимостью для бизнеса, стремящегося к конкурентоспособности. Программное обеспечение не только автоматизирует рутинные задачи, но и предоставляет аналитические инструменты, позволяющие принимать обоснованные решения.

Таким образом, современные решения для работы с товарами способствуют повышению эффективности, сокращению издержек и улучшению качества обслуживания клиентов, что в конечном итоге ведет к росту прибыли и устойчивости бизнеса на рынке.

Список использованных источников

1. «Эра Возрождения новой эпохи могущественного государства: Национальная программа социально-экономического развития Туркменистана на 2022-2052 годы»
2. <https://cetera.ru/about/articles/kak-napisat-programmu-samomu/>
3. https://foxford.ru/wiki/informatika/sozdanie-i-vypolnenie-programmy-na-universalnom-yazyke-programmirovaniya?utm_referrer=https%3A%2F%2F

Научное издание

ЦИФРОВАЯ СРЕДА: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ДЕТР 2024

Сборник материалов
II Международной научно-практической конференции

*Текст печатается в авторской редакции,
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Разумейчик В. С.
Редактор: Винник Н. С.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 19.11.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 13,72. Уч. изд. л. 14,75. Заказ № 1099. Тираж 35 экз.

Печать цифровая изготовлена
и отпечатана в учреждении образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-639-0

