

ГОСКОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР –  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

**II ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА  
НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ  
И БОЛЬШИМ ДАННЫМ В ТЕХНИЧЕСКИХ,  
ПРОМЫШЛЕННЫХ, ПРИРОДНЫХ  
И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**ТЕЗИСЫ**

**25–29 ноября 2024 года**

**г. Саров**

**II Всероссийская школа Национального центра физики и математики для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по искусственному интеллекту и большим данным в технических, промышленных, природных и социальных системах. Тезисы.** – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2024. – 103 с.: ил.

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на II Всероссийской школе Национального центра физики и математики для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по искусственному интеллекту и большим данным в технических, промышленных, природных и социальных системах 25–29 ноября 2024 года.

**Состав программного комитета**  
**II Всероссийской школы Национального центра физики и математики**  
**для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по искусственному**  
**интеллекту и большим данным в технических, промышленных, природных**  
**и социальных системах**

Соловьев Вячеслав Петрович	Сопредседатель программного комитета, научный руководитель ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» – директор ИТМФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», д. ф.-м. н.
Каляев Игорь Анатольевич	Сопредседатель программного комитета, научный руководитель направления Южного федерального университета, д. т. н., профессор, академик РАН
Сергеев Александр Михайлович	Научный руководитель АНО «НЦФМ», академик РАН
Романовский Михаил Юрьевич	Заместитель директора по науке АНО «НЦФМ», д. ф.-м. н., профессор
Давыдов Егор Юрьевич	Начальник научно-исследовательского отдела ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», к. ф.-м. н.

## СОДЕРЖАНИЕ

**Тезисы лекций***Игорь Анатольевич Каляев*

Искусственный интеллект и перспективные суперкомпьютерные технологии . . . . . 7

*Владимир Викторович Курейчик*

Модели и методы метаэвристической оптимизации . . . . . 11

*Андрей Леонидович Ронжин*

Технологии искусственного интеллекта в робототехнике разных сред: разработка и эксплуатация . . . . . 14

*Петр Олегович Скобелев*

Интеллектуальные системы роевого управления мобильными ресурсами и их развитие для управления беспилотными грузовиками: принципы построения, функции и архитектура, примеры применений . . . . . 15

*Кирилл Иванович Сыпало*

Технологии искусственного интеллекта в комплексной системе управления безопасностью полета . . . . . 16

*Олег Александрович Тельминов*

Архитектуры нейроморфных процессоров . . . . . 20

**Тезисы докладчиков***Н. А. Благосклонов*

Интеллектуальная рекомендательная система поддержки здоровьесбережения . . . . . 26

*М. В. Близно*

Разработка методики для проверки эффективности нейросетевых моделей извлечения визуальных признаков для устройств с ограниченной вычислительной мощностью . . . . . 27

*С. А. Большакова*

Автоматизированная система упрощения русскоязычных текстов . . . . . 29

*В. В. Бурдельная*

Моделирование кредитного скоринга методами машинного обучения . . . . . 32

*А. С. Гонганшев, Г. В. Федоров*

Безопасное федеративное обучение для задачи антифрода . . . . . 34

*Ю. А. Гордиенко*

Применение интерпретируемых моделей и вычислительно эффективных алгоритмов машинного обучения для решения задач медицинской диагностики . . . . . 36

*И. В. Григорян*

IPESnet: модель машинного обучения для предсказания свойств водорастворимости интерполиэлектродных комплексов . . . . . 38

*Р. Д. Гуськов*

Разработка платформы эмерджентного интеллекта на PYTHON . . . . . 39

<i>Д. А. Девяткин</i> Методы оценки перспективности новых тематик исследований . . . . .	40
<i>Д. С. Землянский</i> Интеллектуальные технологии мониторинга, выявления и оценки социально-психологических реакций сетевых сообществ на общественно-значимые события . . . . .	43
<i>А. В. Исаев</i> Трансформирование знаний о пространственных ситуациях . . . . .	47
<i>М. В. Кандеев</i> Создание методологии обучения студентов для работы с эмерджентным интеллектом . . . . .	52
<i>Н. Ю. Лебедев</i> Применение платформы эмерджентного интеллекта для управления спутниками . . . . .	54
<i>П. А. Ледерер, В. Е. Семенов</i> Разработка системы компьютерного зрения для автоматизации сбора информации о состоянии дорожной инфраструктуры города . . . . .	55
<i>Б. В. Павленко</i> Модификация TRIPLET LOSS для задачи распознавания объектов из открытого словаря, полученных при помощи БПЛА . . . . .	57
<i>Н. В. Писарь</i> Будущее методики обучения русскому языку как иностранному: как технологии искусственного интеллекта трансформируют образовательный процесс . . . . .	62
<i>А. В. Семёнов</i> Применение искусственного интеллекта для улучшения изображений в области 3D-микротомографии . . . . .	65
<i>В. Е. Семенов</i> Подходы к автоматизации процессов машинного обучения и развертывания моделей нейронных сетей . . . . .	67
<i>В. В. Семёнова</i> Применение методов машинного обучения для анализа мультимодальных физиологических данных автоматизированного фенотипирования животных . . . . .	71
<i>А. Н. Скляр, Д. И. Свириденко, Я. В. Ракиун</i> Архитектура цифрового двойника экспериментальной станции синхротронного излучения . . . . .	73
<i>М. А. Станкевич</i> Интеллектуальный анализ данных городских интернет-сообществ . . . . .	74
<i>Д. А. Стенькин</i> Решение обратных краевых задач и задач гидродинамики на физически информированных сетях радиальных базисных функций . . . . .	76
<i>О. В. Теплова</i> Разработка систем принятия поддержки решений для урегулирования чрезвычайных ситуаций на основе анализа психологического состояния персонала . . . . .	77

<i>Ю. В. Тыряткин</i>	
Искусственный интеллект в игровой индустрии . . . . .	80
<i>Е. А. Угольников</i>	
Разработка инструмента для построения трехмерной модели позвоночника человека по рентгеновским снимкам во фронтальной и боковой проекции с применением алгоритмов компьютерного зрения . . . . .	82
<i>Д. В. Усиков</i>	
Приемы и методики распознавания контента, созданного с применением искусственного интеллекта . . . . .	83
<i>А. И. Хамидуллин</i>	
Интеграция робототехнических систем и анализатора ПМРА-IV и синтез алгоритмов управления с использованием нейронных сетей и искусственного интеллекта . . . . .	86
<i>Д. Л. Хапкин, А. М. Максименко</i>	
Формирование структуры и оптимизация параметров нейросетевых регуляторов для автоматических систем управления с ограничителями . . . . .	87
<i>М. В. Хисамутдинов</i>	
Разработка водного дрона с автоматической установкой курса на объект на основе обработки данных бортовой камеры с использованием нейропроцессорного модуля . . . . .	89
<i>К. Ю. Хубиев, М. Е. Семенов</i>	
Преимущества мультимодальных подходов в предсказании цен активов . . . . .	92
<i>К. А. Чижов, А. А. Белый, М. Д. Стариковская</i>	
Применение алгоритмов машинного обучения для восстановления энергетического спектра нейтронов по показаниям спектрометра Боннера . . . . .	94
<i>С. В. Шафеев</i>	
Применение искусственного интеллекта для сохранения нанайского языка: разработка голосового ассистента . . . . .	95
<i>К. Д. Щанькин</i>	
Безопасность данных в машинном обучении: применение гомоморфного шифрования для защиты личной информации . . . . .	96
<i>Д. М. Эркенова, А. В. Санджиева</i>	
Прогнозирование стоимости долговых ценных бумаг методами машинного обучения . . . . .	99
<i>А. Д. Яким</i>	
Юридические аспекты применения имплантируемых в человеческий организм датчиков и систем нейропротезирования . . . . .	101

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Игорь Анатольевич Каляев*  
*kaliaev@niimvus.ru*

Научный руководитель направления Южного федерального университета, академик РАН  
Южный федеральный университет, Таганрог

Если физической основой естественного интеллекта является человеческий мозг, то физической основой для искусственного интеллекта (ИИ) являются компьютеры. В настоящее время процессы создание ИИ на базе компьютерных технологий развиваются по двум основным направлениям – логическому и нейроморфному. Логический подход направлен на создание компьютерных систем, предназначенных для решения одной или некоторого ограниченного множества «интеллектуальных» задач (т. е. задач, решение которой потребовало бы интеллекта, если бы ее решал человек). Нейроморфный подход направлен на создание компьютерных систем, имитирующих работу человеческого мозга, и, в конечном итоге, создания его искусственного аналога.

Последним, широко разрекламированным достижением в области ИИ является создание американской фирмой Open AI чат-бота Chat GPT (Generative Pre-Trained Transformer). Большая языковая модель от ChatGPT2 использует более 1,5 миллиарда варьируемых параметров и прошла обучение на 40 Гбайт текстовых данных. Для сравнения: все творения Шекспира «весят» всего 5,5 Мбайт, а если вы будете читать по 1 странице текста в минуту 24 часа в сутки, то вам понадобится 40 лет, чтобы достичь уровня «образованности» GPT2. В следующей версии Chat GPT3, появившейся в 2020 году, число параметров в модели составляло уже 175 миллиардов, а для его обучения было использовано около 420 Гбайт обучающих текстов.

Очевидно, что интеллект ChatGPT основывается, в первую очередь, на возможностях обработки гигантских массивов данных и не имеет ничего общего с естественным человеческим мозгом, который работает по совершенно другим принципам. Такие возможности ChatGPT, достигается в первую очередь за счет использования при его реализации специального суперкомпьютера Azure AI, содержащего 285 тыс. процессорных ядер и 10 тыс. GPU и имеющего производительность 30 Пфлопс.

Вообще, можно проследить прямую зависимость между ростом производительности суперкомпьютеров и достижениями в области ИИ. Например, появление суперкомпьютера с производительностью 1 Тфлопс ( $10^{12}$  операций с плавающей запятой в секунду) совпало с созданием программы Deep Blue, которая впервые победила чемпиона мира по шахматам. Появление суперкомпьютера с производительностью в 100 Тфлопс коррелирует с выполнением проекта Blue Brain Project (моделирование одной колонки – 10000 нейронов и  $3 \cdot 10^7$  синапсов – новой коры мозга крысы), а суперкомпьютера с производительностью в 1 Пфлопс – с выполнением проекта SyNAPSE (моделирование 1 миллиона нейронов и 10 триллионов синапсов, что соответствует примерно мозгу кошки или 4 % человеческого мозга). Появление суперкомпьютера с производительностью 10 Пфлопс совпадает с моментом создания программы Watson, которая победила в игре «Своя игра», а суперкомпьютера 100 Пфлопс – с моментом создания программа Alpha Go, которая обыграла чемпиона мира

по игре го. Появление суперкомпьютера с производительностью в 50–100 Пфлопс обеспечило возможность создания чат ботов GPT.

При этом возникает вопрос: а смогут ли компьютеры когда-нибудь достичь производительности, достаточной для создания компьютерного аналога человеческого мозга? Ответить на этот вопрос можно исходя из следующих соображений. В 2018 году с помощью самого быстродействующем на тот момент в мире суперкомпьютера Sunway Taihulight (КНР) было осуществлено моделирование 1 с. активности 1 % мозга человека, причем это моделирование заняло около 4 минут машинного времени суперкомпьютера. При этом суперкомпьютер Sunway Taihulight имел производительность  $\approx 10^{17}$  флопс, содержал 10,5 млн процессорных ядер, занимал  $\approx 1000$  м<sup>2</sup> площади и потреблял  $\approx 16$  МВт электрической мощности. Отсюда можно сделать вывод, что для моделирования 100 % активности человеческого мозга в реальном времени необходим суперкомпьютер с производительностью около  $10^{21}$  флопс.

Однако, если исходить из возможностей современных микроэлектронных технологий, то суперкомпьютер с производительностью  $10^{21}$  флопс будет занимать около  $4 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> объема, что эквивалентно зданию 300×300 метров в основании и 50 метров высотой, и потреблять около 15 ГВтатт электроэнергии, что сравнимо с тремя Саяно-Шушенскими ГЭС. В то же время человеческий мозг занимает всего лишь 0,0013 м<sup>3</sup> объема и потребляет около 20 Ватт. Отсюда можно сделать вывод, что все наши попытки создания аналога человеческого мозга с помощью современных микроэлектронных компьютерных технологий обречены на провал, причем дальнейшая ориентация на эти технологии будет все дальше и дальше уводит нас от конечной цели.

Как уже показано выше достижения ИИ в основном связаны с ростом производительности суперкомпьютеров, который, в свою очередь, до сих пор обеспечивался за счет эмпирического закона Мура, гласящего, что «количество транзисторов в компьютерном чипе увеличивается вдвое каждые 24 месяца, а его производительность возрастает вдвое каждые 18 месяцев за счет увеличения числа транзисторов и увеличения тактовой частоты». Однако последнее время закон Мура начал замедляться, начиная приблизительно с 2010 года тактовая частота работы транзисторов практически не увеличивается, а мощность, затрачиваемая на их переключение, не уменьшается, несмотря на сокращение их физических размеров.

В то же время сегодня наблюдается экспоненциальный рост объемов данных, используемых для обучения систем ИИ, и соответственно требуемого для этого суперкомпьютерного машинного времени, который в 5 раз превышает рост производительности компьютеров согласно закону Мура.

До недавнего времени рост производительности суперкомпьютеров при решении задач машинного обучения обеспечивался в основном за счет увеличения числа графических ускорителей (GPU). Однако эти возможности оказались далеко не безграничными, поскольку рост производительности СК при увеличении количества задействованных GPU наблюдается только до некоторого предела. Так например, ускорение, достигаемое при реализации вычислительной процедуры машинного обучения ResNet-50 v1.5, за счет увеличения числа задействованных GPU NVidia A100, наблюдается только при увеличении количества плат GPU до 400, а при дальнейшем увеличении количества GPU практически останавливается.

Это обстоятельство порождает актуальную проблему поиска альтернативных путей создания суперкомпьютерных систем для ускоренного машинного обучения и реализации



процедур ИИ. И в настоящее время такие технологии активно разрабатываются во всем мире, в том числе и в нашей стране.

Некоторые ученые возлагают большие надежды на квантовые компьютеры, которые, по их мнению, станут основой искусственного интеллекта в будущем. Преимущества квантовых компьютеров основаны на том, что в них для обработки данных используются не классические логические элементы, которые могут находиться только в двух состояниях 0 или 1, а так называемые «кубиты» (qubit, quantum bit), представляющие собой квантовые объекты, состояние которых может быть произвольной суперпозицией этих двух значений. Теоретически, если все кубиты связаны (запутаны) между собой, то квантовый компьютер может одновременно (параллельно) обрабатывать сразу  $2^N$  данных, где  $N$  число вычислительных элементов – кубитов, в то время как в классическом компьютере подобная операция потребует выполнения  $2^N$  последовательных шагов.

Однако, с другой стороны, создание квантовых компьютеров сталкивается с большими технологическими проблемами, связанными в первую очередь чрезвычайной подверженностью шумам, причем, чем больше число кубитов, тем сильнее эта зависимость, а также сложностями ввода-вывода информации, поскольку любое внешнее воздействие может приводить к разрушению квантового состояния кубитов.

По оценкам специалистов, решение практически значимых задач потребует создания квантового компьютера с числом логических кубитов (эффективно участвующих в вычислениях) от 3000 и выше. При этом использование в квантовой вычислительной системе кодов квантовой коррекции ошибок потребует существенного (примерно на 2–3 порядка) увеличения числа «запасных» (используемых только для коррекции ошибок) кубитов.

Еще одним из перспективных подходов к проблеме ускоренного машинного обучения является использование реконфигурируемых вычислительных систем (РВС), построенных на базе вычислительных полей ПЛИС. В отличие от классических вычислительных машин, в которых архитектура которых закладывается на этапе их создания, архитектура РВС может изменяться и адаптироваться по решаемую задачу. Для этого в вычислительном поле ПЛИС формируются аппаратные структуры, реализующие вычислительные процедуры, соответствующие решаемой задаче. Например, в одном вычислительном блоке РВС «Арктур», производимом НИЦ СуперЭВМ и нейрокомпьютеров (г. Таганрог) и содержащем 96 ПЛИС Xilinx VU37p, можно физически разместить 8 вычислительных структур, отвечающих процедуре машинного обучения ResNet-50 v1.5. При этом производительность такого блока при реализации машинного обучения будет сопоставима 35 плат NVidia A100. Кроме того обеспечивается линейный рост ускорения процедуры машинного обучения при увеличении вычислительного ресурса РВС, а также существенный выигрыш в энергопотреблении по сравнению с аналогичным вычислителем на базе плат NVidia A100, причем этот выигрыш возрастает при увеличении эквивалентной производительности устройств.

Еще один перспективный подход к проблеме ускоренного машинного обучения связан с использованием вычислительных систем, работающих на иных физических принципах. Если проанализировать весь спектр различных вычислительных операций, выполняемых при решении задачи машинного обучения нейронной сети, то можно заметить, что их львиную долю, около 90 %, составляют операции перемножения вектора на матрицу. Отсюда можно сделать вывод, что для снижения времени машинного обучения необходимо в первую очередь ускорить выполнение именно данных вычислительных операций.

Перспективным вычислительным устройством, обеспечивающим высокое быстродействие при выполнении процедур перемножения вектора на матрицу и, как следствие, возможности ускоренного машинного обучения, являются так называемые фотонные или оптические компьютеры. Существует несколько подходов к технологической реализации такого фотонного матричного ускорителя, которые рассматриваются в лекции. При этом, как показывают исследования, верхняя оценка выигрыша фотонного ускорителя по сравнению с GPU при перемножении матриц может достигать 2–3 порядка.

Еще один перспективный подход к созданию систем ускоренного машинного обучения связан с использованием мемристоров. Мемристор – это резистор с эффектом памяти, сопротивление которого изменяется в зависимости от прошедшего через него электрического заряда. Такие свойства мемристора открывают большие перспективы с точки зрения возможностей реализации на его основе искусственных нейронных сетей. Как показывают проведенные исследования нейроморфные вычислительные устройства, построенные на базе мемристорных матриц, имеют производительность на порядок выше, чем производительность GPU NVidia Tesla V100, а их энергоэффективность (отношение производительности на ватт потребляемой мощности) лучше на 2 порядка.

Технологии создания фотонных и мемристорных вычислителей в настоящее время разрабатываются в рамках научной программы Национального центра физики и математики в Сарове.

Как показано выше суперкомпьютеры играют определяющую роль в развитии технологий ИИ. Но, с другой стороны, и технологии ИИ могут существенно повысить эффективность использования современных суперкомпьютеров. Действительно, современные суперкомпьютеры имеют, как правило, сложную, гетерогенную архитектуру, включающую в свой состав широкий спектр вычислительных ресурсов различного типа, обеспечить эффективную загрузку которых при решении прикладных задач становится все сложнее. Это обстоятельство, наложенное на замедление закона Мура, ведет к общему снижению темпов развития суперкомпьютерных технологий.

И здесь могут помочь технологии ИИ, с помощью которых можно осуществлять оптимальное распределение гетерогенных ресурсов суперкомпьютера по поступающим задачам, прогнозирования эффективности решения прикладных задач на тех или иных ресурсах суперкомпьютера, осуществлять подстройку параметров вычислительного задания под архитектуру суперкомпьютера на основе накопленного опыта и так далее. Например, внедрение технологии интеллектуального мультиагентного диспетчирования гетерогенных вычислительных ресурсов суперкомпьютерного центра «Политехнический», включающего в свой состав блоки CPU, GPU, а также реконфигурируемые вычислительные блоки, позволило поднять реальную производительность центра при решении практически важных прикладных задач до 15 %.

## МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

*Владимир Викторович Курейчик*  
*vkur@sfedu.ru*

Заведующий кафедрой САПР им. В. М. Курейчика, доктор технических наук, профессор  
Южный федеральный университет, Таганрог

При решении современных фундаментальных проблем науки и техники в области искусственного интеллекта и информационных технологий таких как «проклятие размерности», поддержка принятия решений в реальном масштабе времени, преждевременная сходимость алгоритмов и др. особое значение приобретает разработка эффективных моделей и методов их решения. Одним из таких подходов для их решения является использование моделей и методов метаэвристической оптимизации [1]. Метаэвристика – это высокоуровневая, алгоритмическая процедура, независимая от задачи, предназначенная для поиска квазиоптимальных решений при неполной информации или ограниченной вычислительной мощности. Сегодня известно о существовании более 300 различных метаэвристик, основанных на различных аналогиях. Среди них особое место занимают метаэвристики, инспирированные природными системами [1–4]. Еще в древности перед учеными возникали вопросы связанные с развитием природы. Почему она экономна? Каким образом она находит оптимальные пути и наиболее устойчивые формы? и т.п.

Моделирование процессов, протекающих в живой природе, позволит применить данный аппарат при создании и применении новых интеллектуальных систем (ИС). Данный подход является фундаментом, который совершенствуется, дорабатывается, создавая сложные иерархические структуры. Природа имеет предпочтение к определенным устойчивым структурам–формам за счет самоорганизации. Это медленный путь эволюции природы, реализующий переход от простых самоорганизующихся систем к более сложным [5]. Таким образом, интеллектуальная система должна представляться не одной, а комплексом моделей, отражающий различные стороны ее поведения.

Интеллектуальные системы сегодня являются самым быстро развивающимся направлением. Его неотъемлемой частью являются компьютерные методы моделирования процессов, протекающих в живой природе. Природные системы обладают такими важными свойствами как адаптация, самоорганизация, воспроизводство, а также устойчивостью и гибкостью [6]. Новая интеллектуальная система проходит процесс самоорганизации на основе путей эволюции, т. е. ее построение сводится к воспроизводству себе подобных систем при благоприятных условиях внешней среды и обладающих нужными свойствами которых не было изначально. При этом она характеризуется многоуровневостью, единством и непротиворечивостью [7].

За многие тысячелетия природа в своих структурах научилась сохранять информацию о предыдущих состояниях и процессах, а также выработала специальные механизмы воздействия на процессы экономии и ускорения эволюции. Ученым необходимо правильно моделировать и распределять эти воздействия для учета самоорганизации и смены одной устойчивой структуры другой на различных иерархических уровнях. При этом экспоненциально возрастает сложность оптимизационных задач за счет обработки больших объемов информации, что приводит к необходимости модернизации структуры ИС, а также подходов и ме-

тодов при решении NP-сложных оптимизационных задач. В качестве одного из таких подходов может рассматриваться использование метаэвристических моделей и методов, инспирированных природными системами. Данный подход, на сегодняшний день, служит известной и эффективной методологией для решения различных NP-сложных и трудных задач оптимизации. Он основан на моделировании естественных процессов, протекающих в природе, которые могут осуществляться как последовательными, так параллельными преобразованиями.

Исследования в этой области интенсивно ведутся многими учеными как зарубежом, так и в России.

В настоящее время рассматривается достаточно большое число различных парадигм и моделей эволюции, отличающихся изменчивостью и механизмами выживания [1–3]. Описаны и построены: модель эволюции Ч. Дарвина, реализующая механизм «выживания сильнейших»; модель эволюции Ж. Ламарка основанная на наследовании благоприобретенных признаков и приспособляемости к воздействиям внешней среды; модель эволюции Хуго де Фриза, основанная на мутационной изменчивости; модель К. Р. Поппера основанная, на методе случайных проб и ошибок; модель М. Кимуры, реализующая нейтральный отбор признаков; модель эволюции И.И. Шмальгаузена представленная как авторегулируемый процесс, основанный на обратных связях и определенных путях развития; модель синтетической теории эволюции, представляющая синтез различных концепций и парадигм эволюционных учений [8]. Также рассмотрены основные положения эволюционного и генетического поиска приведено их формальное описание. Предложены различные типы генетических алгоритмов. Показаны примеры реализации основных операторов генетического поиска [1-3]. Рассмотрено понятие роевого интеллекта. Приведена обобщенная схема реализации методов биоинспирированного поиска. Описаны основные модели и рассмотрены методы, основанные на роевом интеллекте, такие как алгоритмы муравьиных колоний, пчелиного роя, свелячковой оптимизации [1]. Рассмотрены и другие модели и методы метаэвристической оптимизации, инспирированные фауной, такие как алгоритмы белых кротов и серых волков [1]. Проведены исследования рассмотренных метаэвристик на тестовых задачах бенчмарках. Показаны области применения метаэвристик. Заметим, что для всех метаэвристических алгоритмов справедлива NFL-теорема – «не существует алгоритма поиска или оптимизации, который работает лучше других на всем множестве задач». В заключении отметим, что основным преимуществом данных методов является их модульная структура, что позволяет использовать их достоинства и недостатки для проектирования новых вариаций алгоритмов, а также проводить их комбинирование, интеграцию и гибридизацию. Также данные методы, на основе проведенных исследований, демонстрируют эффективную работу при обработке больших массивов данных.

### Литература

1. Гладков Л. А., Кравченко Ю. А., Курейчик В. В., Родзин С. И. Интеллектуальные системы: модели и методы метаэвристической оптимизации: монография – Чебоксары: ООО «Издательский дом "Среда"», 2024.

2. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.

3. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: учебник – М.: Физматлит, 2010.
4. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
5. Капра Ф. Паутина жизни // Новое научное понимание живых систем – М.: ИД «Гелиос», 2002.
6. Голицын Г. А., Петров В. М. Информация и биологические принципы оптимальности // Гармония и алгебра живого. – М.: КомКнига, 2005.
7. Рапопорт Г. Н., Герц А. Г. Искусственный и биологические интеллекты // Общность структуры, эволюция и процессы познания – М.: Комкнига, 2005.
8. Северцев А. С. Теория эволюции. – М.: ВЛАДОС, 2005.

## ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОБОТОТЕХНИКЕ РАЗНЫХ СРЕД: РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

*Андрей Леонидович Ронжин*  
*ronzhin@iias.spb.su*

Директор, профессор  
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,  
Санкт-Петербург

Применение технологий искусственного интеллекта в робототехнике способствует повышению автономности перемещения и функционирования беспилотных систем в недетерминированной среде. При разработке и интеграции технологий искусственного интеллекта следует учитывать возможности бортовых систем робота: сенсорные, вычислительные, исполнительные, энергетические. Также при проектировании и эксплуатации робота следует учитывать среду функционирования и предполагаемое назначение. В докладе рассматриваются проблемы навигации и функционирования водных, наземных и воздушных роботов, а также предлагаются возможные варианты их решения. Интеграция информации с нескольких датчиков различных типов или роботов повышает точность и надежность их позиционирования, позволяя избегать столкновений на маршрутах. Функционирование группы роботов и их взаимодействие между собой позволяет решать более масштабные задачи на основе синергетического эффекта и объединения их сенсорных, вычислительных и энергетических ресурсов. С развитием беспилотных транспортных средств и интеллектуализацией робототехнических устройств остается актуальным вопрос человеко-машинного взаимодействия. Здесь следует рассмотреть две основные задачи: дистанционное управление роботом оператором и взаимодействие робота с неподготовленным пользователем на основе естественных методов коммуникации. Представлены примеры исследовательских прототипов роботов СПб ФИЦ РАН для решения задач сельского хозяйства и природопользования [1–4].

### Литература

1. Ронжин А. Л., Ле В. Н., Шувалов Н. Оптимизация технологической карты допустимых системотехнических решений задачи видеоаналитики аквакультуры // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. 2024. Т. 16. № 2. С. 50–58.
2. Ле В. Н., Ронжин А. Л. Обзор интеллектуальных систем управления и робототехнических задач в производстве аквакультуры // Морские интеллектуальные технологии. 2024. № 1–1 (63). С. 171–180.
3. Ронжин А. Л., Халилов Э. Н., Лазукин А. А., Савельев А. И., Ма З., Ван М. Моделирование способов управления динамикой цианобактериального цветения с применением воздушных и надводных робототехнических средств // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14. № 7. С. 86–91.
4. Ронжин А. Л., Савельев А. И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 22–29.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ РОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ИХ РАЗВИТИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ГРУЗОВИКАМИ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ, ФУНКЦИИ И АРХИТЕКТУРА, ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ**

*Петр Олегович Скобелев*

Главный научный сотрудник, доктор технических наук  
Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Самара

Развитие принципов формирующейся новой Индустрии 5.0, базирующейся на цифровизации знаний и коллективном искусственном интеллекте (ИИ), меняет требования и подходы к созданию интеллектуальных систем управления предприятиями.

Важным новым требованием является переход к управлению ресурсами предприятий в экономике реального времени, когда цены на продукцию или услуги формируются динамически, с учетом особенностей поступающих заказов и планов загрузки имеющихся ресурсов, и могут меняться по событиям, поступающим в реальном времени.

В ответ на появление новых требований развиваются и новые модели, методы и средства управления ресурсами, включая этапы распределения, планирования, оптимизации, прогнозирования, мониторинга и контроля ресурсов в реальном времени. В докладе показаны перспективы применения онтологий и мультиагентных технологий для решения сложных задач адаптивного управления ресурсами в реальном времени.

Подробно рассматривается задача управления мобильными ресурсами, к числу которых относятся такси, грузовики, мобильные бригады, курьеры и другие. Будут представлены новые модели, методы и средства планирования таких ресурсов в интеллектуальных системах управления ресурсами (ИСУР), применяемые технологии ИИ, функции и архитектура указанных систем, а также примеры (кейзы) их применения, которые показывают эффект от внедрения ИИ систем в управления предприятиями.

Подробно рассматривается разработка интеллектуальной системы управления беспилотными грузовиками Камаз для трассы Нева-11.

Дается видение дальнейших направлений разработки ИСУР для различных применений.

## ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТА

*Кирилл Иванович Сыпало*  
info@tsagi.ru

Генеральный директор, профессор, член-корреспондент РАН

Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского, Жуковский

Обеспечение безопасности полетов остается важнейшей задачей для всех лиц и организаций, вовлеченных в разработку, производство и эксплуатацию авиационной техники. Ключевую роль в обеспечении безопасности полетов должна сыграть Система Управления Безопасностью Полетов (СУБП). В Приложении 19 (поправка 1) к Конвенции о международной гражданской авиации введены следующие основные термины:

- **Безопасность полетов.** Состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются.
- **Система управления безопасностью полетов (СУБП).** Системный подход к управлению безопасностью полетов, включая необходимую организационную структуру, иерархию ответственности, руководящие принципы и процедуры.

Важнейшей частью СУБП является разработка и внедрение нового поколения интеллектуальных наземных систем обеспечения безопасности полетов и бортовых систем авионики, включая комплексные системы управления (КСУ), системы диагностики технического состояния самолета и его систем, системы человеко-машинного интерфейса, включая средства оценки функционального состояния пилотов, а также системы информационной поддержки экипажа.

Современной тенденцией развития комплексных систем управления является резкое увеличение объема и сложности выполняемых функций, интеграция функций ручного, автоматического управления, повышение интеллектуальности КСУ и ее элементов. Следует выделить основные направления применения интеллектуальных методов для достижения нового уровня безопасности полетов.

### Интеллектуализация комплексной системы управления

Наибольший интерес вызывают следующие направления:

- Применение нечеткой логики (Fuzzy Logic) позволяет реализовать подход к эффективному построению многорежимного управления самолетом с переходом от одного закона управления к другому. Примером применения нечеткой логики является плавное переключение законов управления с ограничения перегрузки на ограничение угла атаки.
- Расширенное совмещенное управление как продолжение действий пилота. При отсутствии командных сигналов от летчика КСУ инициирует автоматические режимы. Если ранее включалась стабилизация углового положения самолета, то при расширенном совмещенном управлении могут быть реализованы различные режимы автопилота и автомата тяги в зависимости от режима и условий полета. Логика выбора решаемых задач управления может быть эффективно реализована с помощью конечных автоматов.



- Применение конечных автоматов является эффективным подходом к построению КСУ с высоким уровнем логической сложности, а также для системы контроля и синхронизации состояний каналов резервированной КСУ. Законы управления современных КСУ характеризуются высокой логической сложностью, их построение включает большое количество логических элементов. КСУ является резервированной, т. е. содержит несколько каналов, выходные сигналы которых контролируются с целью обнаружения отказов и реконфигурации. Состояния различных каналов должны быть идентичными, в противном случае произойдет каскадное отключение каналов управления. Для этого все логические элементы должны быть синхронизованы, что может быть эффективно реализовано с помощью конечных автоматов.

- Новые принципы контроля, селекции сигналов и синтеза алгоритмов управления с использованием распределенных датчиков и органов управления. При этом, дополнительно к существующим функциям КСУ могут быть решены следующие задачи:

- обеспечение наилучшей конфигурации органов управления для балансировки с целью повышения аэродинамического качества самолета;
- распределение управляющего воздействия по органам управления для снижения нагрузок на конструкцию (изгибающие моменты крыла,...);
- снижение шарнирных моментов органов управления и требований к динамическим и энергетическим характеристикам приводов;
- управление обтеканием для обеспечения максимальных значений  $\alpha_{\max}$  и  $C_{y \max}$ ;
- реконфигурация при отказах с сохранением устойчивости и управляемости;
- повышение эксплуатационных характеристик за счет улучшения ремонтпригодности и расширения списка допустимых отказов оборудования, при котором допускается вылет (обоснование MEL – Minimal Equipment List).

При этом, разработчик сталкивается с существенными проблемами, которые связаны с оценкой устойчивости многоконтурных систем управления, для которых трудно определить такие широко используемые понятия как запасы по амплитуде и фазе. В настоящее время разработаны достаточно эффективные методы анализа устойчивости многоконтурных систем, которые базируются на определении собственных значений матрицы передаточных функций разомкнутой системы, которые являются передаточными функциями составляющих контуров.

### **Использование искусственных нейронных сетей для моделирования динамики полета, мониторинга фактического состояния самолета и обработки материалов аэрофизического и летного эксперимента**

Нейронные сети успешно применяются для создания сложных математических моделей аэродинамики, включая нелинейные нестационарные явления, большие углы атаки, интенсивное вращение, аэродинамический гистерезис, спутный след, деградация аэродинамических характеристик и т. д. При разработке математических моделей нестационарных аэродинамических летательных аппаратов на больших углах атаки может быть использован нейросетевой подход. Настройка и проверка математических моделей проводится на базе данных, получаемых из эксперимента в АДТ или по результатам вычислительного эксперимента.

При интенсивном воздушном движении возможно попадание одного самолета в зону влияния вихревого следа от другого самолета. Для моделирования динамики самолета в реальном масштабе времени очень остро стоит задача создания быстродействующих программных модулей для определения этих сил и моментов. Для решения этой задачи применяется подход, основанный на аппроксимации полученного массива аэродинамических характеристик с помощью нейронных сетей.

Потенциальной областью широкого применения нейронных сетей является обработка материалов летного эксперимента, поскольку многократно возрос объем регистрируемых полетных данных. Уже сегодня ИНС используются для приведения зарегистрированных в полете значений исследуемых функций к заданной сетке параметров (задача аппроксимации функции в многомерном пространстве). Диаграммы фактической удельной дальности (или километровых расходов топлива), построенные с помощью нейронных сетей, отличаются высоким качеством при наличии кондиционных экспериментальных данных. ИНС является незаменимым инструментом обработки информации, когда отсутствуют полные данные для построения математической модели объекта, но имеется достаточное количество записей полетной информации.

### **Интеллектуальные системы поддержки экипажа**

Большая часть авиационных происшествий связана с т. н. «человеческим фактором». Поэтому совершенствованию человеко-машинного интерфейса должно быть уделено максимальное внимание. Чем лучше экипаж обеспечен необходимой информацией, чем выше уровень автоматизации управления, позволяющей освободить пилотов от рутинных операций, чем совершеннее система предупреждения экипажа, тем выше уровень безопасности полета. Можно выделить наиболее перспективные направления совершенствования человеко-машинного интерфейса.

***Интеллектуальные системы информационной поддержки летчика***, включая:

- Интеллектуальные системы оценки критичности ситуации и информационной поддержки летчика для управления самолетом на критических режимах полета (сложное пространственное положение, штопор, сваливание,...).
- Интегрированные системы траекторной безопасности, включающие оценку летной ситуации и прогноз её развития, обнаружение конфликтных ситуаций, генерацию возможных траекторий деконфликтинга, анализ траекторий, выбор лучшей и представление её экипажу для реализации.

***Системы оценки функционального состояния пилотов.*** Важнейшей задачей является оценка функционального состояния пилота и его способности эффективно выполнять функции пилотирования самолета, контроля летной ситуации и состояния самолета. Несмотря на значительный прогресс в авиационно-космической медицине и наличие технических средств, в том числе и бесконтактных, объективного контроля функционального состояния пилотов внедрение этих средств требует большого объема междисциплинарных исследований. Также представляет большой интерес разработка различных моделей и методов

определения функциональной деятельности пилотов, а также технических средств идентификации этой деятельности (анализ временных рядов при управлении, окулография, и т. д.)

### **Интеллектуальные бортовые системы технической диагностики и обеспечения безопасности полета**

Наиболее остро стоит проблема диагностики элементов силовой системы управления (гидросистем и приводов), а также состояния конструкции. Интеллектуальные бортовые системы мониторинга состояния, основанные на накапливаемых статистиках стендовых испытаний, современных методах неразрушающего контроля и интегрированных в конструкцию датчиков позволяют определять и прогнозировать целостность конструкции планера, фиксировать эксплуатационные повреждения и удары по композитным конструкциям, в конечном итоге обеспечивая переход к мониторингу усталостной повреждаемости конструкций и эксплуатации воздушных судов по состоянию. При ранней диагностике электромеханических приводов (ЭМРП) могут быть использованы алгоритмы выделения информативных признаков совместно с методами интеллектуального анализа данных. Для этого была создана и проверена на соответствие результатам экспериментальных исследований программно-математическая модель ЭМРП БЛА, позволяющая реализовать различные сценарии деградаций редуктора, предложены алгоритмы выделения их признаков. Проведенные исследования показали эффективность разработанных алгоритмов интеллектуального анализа данных для диагностики ЭМРП ЛА.

### **Интеллектуальная система ситуационной осведомленности при посадке**

Одной из наиболее сложных бортовых элементов в комплексной системе управления безопасностью полета является система ситуационной осведомленности при посадке (или система предотвращения выкатывания самолета с ВПП), осуществляющая на основе совокупности перечисленных алгоритмов оценку текущей состояния внешней среды, управляемой системы самолет-летчик, наземной обстановки, формирующая прогноз ее развития и информирующая экипаж. В основе работы системы лежит детализованная математическая модель управляемой системы, структура и коэффициенты которой настраиваются on line на основе обработанной информации о состоянии воздушного судна, поведения пилота, а также анализа временных рядов с целью идентификации критических режимов.

### **Литература**

1. Chernyshev S. L., Pogosyan M. A., Sypalo K. I. On ecologically-safe high speed vehicles: Conceptual design study of the next generation supersonic transport. *Acta Astronautica* 216 (2024) 437–445, <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023.11.040>
2. Системы дистанционного управления магистральных самолетов / Б. С. Алешин, С. Г. Баженов, Ю. И. Диденко, Ю. Ф. Шелюхин. – М.: Наука, 2013. – 292 с.
3. The Development of Algorithms for EMA Fault Early Detection System/ Bazhenov S., Skryabin A., Veresnikov G. Proceedings of 32-nd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2021), Китай, Шанхай, 6–9 сентября 2021 г.

## АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОМОРФНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

*Олег Александрович Тельминов*

*otelminov@niime.ru*

Начальник отдела перспективных исследований, кандидат технических наук  
Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»,  
Зеленоград

К технологиям искусственного интеллекта относятся компьютерное зрение, обработка естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальная поддержка принятия решений и перспективные методы. Если для классических алгоритмов машинного обучения – линейной регрессии, Байеса, случайного леса и других применяются классические центральные процессоры, то для нейросетевых методов появляется возможность аппаратного распараллеливания вычислений. При этом лучший результат достигается при совпадении архитектур нейросети и реализующего ее процессора.

В настоящее время массово выпускаются нейропроцессоры, основанные на формальной модели нейрона: взвешенная сумма входных сигналов проходит через нелинейную функцию активации на выход нейрона. Сигналы представляются непрерывными функциями. Обучение нейросетей выполняется методом обратного распространения ошибки с применением дифференцирования при поиске минимума рассогласования между вычисленным и ожидаемым сигналами.

Такие нейропроцессоры построены на архитектуре фон Неймана. Она состоит из центрального процессора, в который входят три блока – устройство управления (УУ), арифметико-логическое устройство (АЛУ) и быстрая память до нескольких десятков регистров, а также на порядок более медленная память значительно большего объема – оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). УУ извлекает из ОЗУ очередную команду и дешифрирует ее. Например, если этой командой оказалось сложение, то УУ извлекает из ОЗУ необходимые операнды в регистры, АЛУ вычисляет сумму содержимого двух регистров и записывает ее в третий. В итоге УУ помещает результат из регистра в ячейку ОЗУ. Время на пересылки между ОЗУ и регистрами является узким горлышком такой архитектуры. Для его снижения используют промежуточную двух- или трехуровневую быструю кэш-память, а также разделение потоков передачи команд и данных.

Однако такой центральный процессор является универсальным, поэтому некоторые специфические математические операции на нем выполняются медленно. Процессоры, разработанные для эффективного вычисления определенных операций, называются сопроцессорами. Центральный процессор сообщает им область ОЗУ, в которой хранятся исходные данные и область ОЗУ, в которую необходимо разместить результат, затем дает команду на вычисление необходимой операции. Сопроцессор имеет возможность работать с необходимыми областями ОЗУ напрямую без участия процессора, в связи с чем в архитектуре предусмотрен контроллер прямого доступа к памяти.

Первичной является архитектура набора команд (ISA), определяющая возможности процессора. Изначально выделялись архитектуры CISC с набором из большого количества сложных и медленно выполняемых команд и RISC – малым набором простых команд, большинство из которых выполняется за один такт работы процессора. В настоящее время граница между ними стирается. Компания Intel первой в 1971 г. разработала и начала произ-

водить процессоры с архитектурой команд x86. За это время архитектура многократно модифицировалась и уже насчитывает около 1 300 команд. Компания ARM Limited владеет архитектурой ARM (официальный проект начат в 1983 г.), которая обеспечивает низкое энергопотребление и применяется во встраиваемых системах. Широкое использование объясняется также и наличием значительного количества надежного программного обеспечения. Новой и динамично развивающейся архитектурой является открытая и модульная архитектура RISC-V (разработка с 2010 г.), позволяющая с помощью модулей расширения конфигурировать ISA для кроссплатформенных решений.

Наличие развитой теории цифровой обработки сигналов привело к разработке и выпуску специализированных цифровых сигнальных процессоров (DSP), например, серии TMS320 компании Texas Instruments с 1983 г. Основой математического аппарата является быстрое преобразование Фурье, ключевой операцией которого является умножение с накоплением (MAC). Изображения являются частным случаем сигналов, но они выделились в отдельное направление благодаря развитию компьютерной 3D-графики. Так, в 1999 г. компания NVIDIA выпускает графический процессорный модуль (GPU), а в 2007 г. – GPU общего назначения (GPGPU), включающего программно-аппаратную архитектуру параллельных вычислений (CUDA).

При этом в процессорах параллельность вычислений может обеспечиваться как небольшим количеством (единицы и десятки) ядер, так и значительным (тысячи) ядер. В зарубежной терминологии они называются multicore и manucore соответственно. Тем не менее возможности распараллеливания ограничены. В 1967 г. Джин Амдал открыл закон, согласно которому, например, при возможности распараллеливания 95 % алгоритма и бесконечном количестве ядер достигаемая кратность ускорения стремится лишь к 20. Производительность многоядерной системы ограничивается наиболее узким местом – доступом к общей памяти ядер.

Кроме использования многоядерных процессоров, применяют и многопроцессорные системы. Миниатюризация систем из дискретных компонентов на печатных платах привела к разработке заказных интегральных схем (ASIC) в виде систем-на-кристалле (SoC). Развитие телекоммуникаций послужило объединению SoC в сети-на-кристалле (NoC), а рост в области высокопроизводительных вычислений – к реализации многопроцессорных систем на кристалле (MPSoC).

Во многих приложениях используются пары процессоров с архитектурой ARM различных серий, например, Cortex-A72 и Cortex-A53. Первый обладает высокой производительностью второй – высокой энергоэффективностью. Оба построены по архитектуре ARMv8-A и содержат по 4 ядра и кэш 1-го и 2-го уровня, таймеры, средства отладки и доступ к высокоскоростной шине. Их парное применение предусмотрено архитектурой big.LITTLE, предназначенной для балансировки производительности и энергоэффективности процессоров в составе SoC: например, A72 в качестве big – для обработки видео, A53 в качестве LITTLE – для фоновых задач и обмена данными. Используют 3 стратегии распределения задач между 8-ю ядрами такой пары процессоров.

Так, фирма Rockchip (с 2001 г.) в своем нейропроцессоре RK3588 (2021 г.) использует пару Cortex-A76 и A55, которая управляется тремя микроконтроллерами с простейшей архитектурой Cortex-M0. Также в состав входит и GPU с архитектурой Mali (ARM).

Следует отметить, что при аппаратной реализации нейросетей сигналы квантуются по уровню – разрядность может достигать 64, 32, 16, 8, 4 и даже 2 бит. Представление чисел с плавающей точкой регламентировано стандартом IEEE 754 (1985 г.) и чаще всего применяется с двойной (64 разряда) и одинарной (32 разряда) точностью. Число представляется в виде знака, мантиссы и показателя степени (экспоненты). Некоторые компании вводят собственные форматы с сокращением разрядности мантиссы и экспоненты, например, NVIDIA – TensorFloat (TF32), Google Brain – Brain Floating Point (BF16).

В России две компании ведут эволюционную разработку нейропроцессоров, имея опыт в несколько десятилетий по разработке процессоров цифровой обработки сигналов. Так, НТЦ «Модуль» на основе нейропроцессора 1879BM8Я (2019 г.) выпускает модуль NM Card mini для установки в материнскую плату компьютера. В состав модуля NM Quad входят 4 таких нейропроцессора, позволяя распараллеливать выполнение задачи или параллельно запускать несколько задач. В блоках NM Vision для видеоаналитики и NM Pilot для робототехники используется один нейропроцессор 1879BM8Я и рассмотренный выше RK3588. В качестве перспективных разработок на 2025–2027 гг. компанией планируется разработка и выпуск нейропроцессоров по технологии 5 нм, отличающихся по производительности и потребляемой мощности: 100 Вт для серверных решений, 25 Вт для бортовых решений и 2,5 Вт для носимой электроники.

К относительно недавним разработкам второй компании с длительной историей успешных разработок в области цифровой обработки сигналов – НПЦ «ЭЛВИС», – относятся 50-ядерная микросхема RoboDeus (2020 г.) и СКИФ (2022 г.). Третья, относительно молодая компания «ХайТэк», основанная в 2016 г., разработала и выпускает нейроускоритель Н1 (прежнее название – IVA TPU).

Указанные процессоры изготавливаются по классической КМОП-технологии [1]. Однако с 2019 г. компании ARM Ltd., PragmatIC Semiconductor Ltd и Манчестерский университет разработали и изготовили образцы 3-х простейших микросхем с помощью печатной технологии: микроконтроллер с архитектурой Cortex-M0, нейропроцессор для бинарной нейросети и процессор для реализации одномерного байесовского классификатора. Печатная технология FlexIC позволяет изготавливать транзисторы *n*-типа, резисторы, емкости и четырехслойную металлизацию. В России крупный научный проект «Аддитивное формирование активных элементов микроэлектроники методами печати» в период 2024–2026 гг. выполняется консорциумом из МФТИ, ИСПМ РАН, ИПТМ РАН, АО «НИИМЭ».

Нейроморфные процессоры отличаются от рассмотренных выше нейропроцессоров выполнением хотя бы первых двух из трех следующих пунктов: (1) архитектура, отличная от архитектуры фон Неймана, (2) новый способ кодирования (представления) сигналов, (3) элементная база на новых физических принципах. Нейроморфный подход обеспечивает применение биологически правдоподобных моделей в организации вычислительного процесса для нейросетей. Так, биологами было показано, что в мозге циркулируют импульсные (спайковые, spike) сигналы, причем только в те моменты, когда передается информация от нейрона к нейрону. Мозг потребляет до 20 Вт энергии, работает с частотой порядка 10 Гц, содержит 86 млрд. нейронов и примерно в 10 000 раз больше синаптических связей между ними.

Разработаны различные модели нейронов: порогового интегратора с утечкой (LIF), Ижикевича, Ходжкина-Хаксли и многие другие. Переход к спайкам означает отказ от воз-

возможности дифференцирования сигналов и от применения метода обратного распространения ошибки для обучения. Один из применяемых методов – спайковая пластичность, зависящая от времени (STDP). Синаптическая связь между пресинаптическим и постсинаптическим нейронами усиливается, если спайк на первом послужил причиной возникновения спайка на втором. В противном случае синаптический вес снижается.

Одним из знаковых нейроморфных процессоров является SpiNNaker (Манчестерский университет), который реализует массово-параллельную многоядерную систему из  $10^9$  нейронов и  $10^{12}$  синапсов с потреблением 90 кВт. В один многопроцессорный чип входят 18 ARM ядер и SDRAM память. В систему входят 57 тысяч таких узлов, общение между которыми осуществляется через пакеты по 5 или 9 байт.

Компания IBM в 2014 г. выпускает нейроморфный процессор TrueNorth емкостью 1 млн. нейронов и 256 млн. синапсов. В основе лежат 7 принципов: архитектура, управляемая событиями; электронная компонентная база с низким энергопотреблением (КМОП); массовый параллелизм; операции в реальном времени с обновлением в 1 мс; масштабируемая архитектура; устойчивость к ошибкам; применение неспециализированного САПР для разработки.

Вдохновленные таким решением, разработчики компании «Мотив НТ» разработали и выпустили нейроморфный чип «Алтай» (2020 г.), построенный на архитектуре с глобальной асинхронной и локально синхронной связями. Такой подход позволяет снизить динамическое энергопотребление КМОП-схемы, поскольку оно пропорционально тактовой частоте. При необходимости обмена частота ядер синхронизируется в момент передачи данных в виде спайка, которая осуществляется через соседние ядра к целевому. Частота появления спайков составляет 1 кГц, в связи с чем одно ядро моделирует работу 512 нейронов.

Компания Intel разрабатывает и выпускает нейроморфный процессор Loihi (2017 г.) и Loihi 2 (2021 г.). Последняя разработка содержит матрицу из  $8 \times 16$  нейроморфных ядер, каждое из которых эмулирует работу 8 912 нейронов, весь чип – 1 048 576 нейронов. Каждый нейрон содержит блок для обучения с программируемой пользователем функцией. Для управления используются 6 процессоров Lakemont с архитектурой x86.

Компания Innantera выпускает энергоэффективный нейроморфный процессор T1 (2024 г.) для обработки сенсорных данных с малой задержкой на основе нейроускорителей под управлением процессором с архитектурой RISC-V.

Выполнение всех трех отличительных свойств нейроморфного процессора присуще приборам с применением электронной компонентной базы на новых физических принципах. К ним можно отнести мемристоры [2] и фотонные интегральные схемы.

Мемристоры впервые описаны Леоном Чуа (1971 г.) и изготовлены компанией Hewlett Packard (2008 г.). Их основным преимуществом является изменение проводимости в зависимости от протекшего через него заряда. К потребительским характеристикам можно отнести стабильность резистивного состояния, выносливость к циклическим переключениям, пластичность резистивного состояния, напряжение и время переключения и напряжение чтения. Активные работы по такой тематике ведутся многими коллективами во всем мире, однако минимально допустимые значения одновременно по всем потребительским характеристикам пока не достигнуты. Это препятствует выходу на массовое производство таких приборов.

Если в архитектуре фон Неймана проблемой является разнесенные процессорные модули и память, то в архитектурах типа «вычисления рядом с памятью» (NMC) часть процессорных модулей располагается в непосредственной близости к ОЗУ и энергонезависимой памяти. Наилучший эффект достигается в архитектурах типа «вычисления в памяти», когда и расчеты, и хранение информации выполняется на едином приборе.

Кроссбар является структурой из проводников, часть из которых размещена параллельно между собой в одной плоскости, оставшаяся часть – также параллельно между собой в другой параллельной плоскости и перпендикулярно проводникам из первой. На пересечении размещаются элементы, каждый из которых адресуются по выбранным горизонтальному (строка) и вертикальному (столбец) проводникам. В такой элемент входят мемристор и селектор (транзистор или диод).

С помощью такого активного кроссбара возможно «вычисление в памяти» векторно-матричного умножения, как основной операции в нейросетях. После программирования проводимостей в матрице мемристоров на горизонтальные проводники подаются напряжения, соответствующие входному вектору. Попадая на столбец мемристоров, напряжение умножается на проводимость соответствующего мемристора и в виде тока суммируется с аналогичными токами других мемристоров. Полученные токи по столбцам преобразуются в напряжения на прецизионных инструментальных операционных усилителях. Преобразование из цифры во входное напряжение кроссбара и обратно на выходе кроссбара осуществляется на ЦАПах и АЦП. Управление таким мемристорным кроссбаром осуществляется с помощью специализированной КМОП-схемы. Интеграция мемристорной матрицы и КМОП-схемы может выполняться по монолитной, чиплет-, и 3D-технологиям сборки. Работы в этой области ведутся в том числе и в рамках научной программы Национального центра физики и математики (г. Саров) консорциумом из организаций ННГУ им. Н. И. Лобачевского, АО «НИИМЭ» и ряда других.

Анализируя ландшафт программного обеспечения для разработки, обучения, запуска и отладки нейросетей, следует выделить так называемые фреймворки. При легкой доступности 8-ми широко известных фреймворков разработанных в США, китайские специалисты весьма активно вкладывают ресурсы в разработку 2-х собственных фреймворков для обеспечения доверенности и технологической безопасности от возможных программных закладок и конкурентного анализа своих нейросетевых решений, размещенных на зарубежных серверах. В России разработку одного из отечественных фреймворков «Платформа-ГНС» с 2018 г. ведет ФАУ «ГосНИИАС», обеспечивая поддержку отечественных нейропроцессоров.

Для нейроморфных процессоров используются специализированные фреймворки, не совместимые с фреймворками для нейропроцессоров. Например, для Loihi/Loihi 2 применяется открытый фреймворк «LAVA». Для создания фреймворка отечественного нейроморфного процессора «Алтай» компания «Мотив НТ» с 2022 г. привлекла разработчиков из АО «Лаборатория Касперского».

В заключение следует отметить, что наблюдаются: тренд переноса вычислений и обучения на краевые (edge) нейро- и нейроморфные процессоры; стремление к высокой энергоэффективности и реализации «вычислений в памяти»; поиск и применение новых биологически правдоподобных моделей работы для реализации пластичности и обучения; совмещение в кристалле и корпусе гетерогенных процессоров для классических и нейро-



морфных алгоритмов; тенденция разработки и выпуска линеек нейропроцессоров с разделением по потребляемой мощности; использование ядер x86, ARM и RISC-V в современных нейроморфных процессорах, также как и в классических нейропроцессорах.

Благодарности: исследование выполнено в рамках научной программы Национального центра физики и математики, направление № 9 «Искусственный интеллект и большие данные в технических, промышленных, природных и социальных системах».

### Литература

1. Красников Г. Я., Горнев Е. С., Матюшкин И. В. Общая теория технологий и микроэлектроника. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020.

2. На пути к реализации высокопроизводительных вычислений в памяти на основе мемристорной электронной компонентной базы / А. Н. Михайлов, Е. Г. Грязнов, В. И. Лукьянов, М. Н. Коряжкина, И. А. Борданов, С. А. Щаников, О. А. Тельминов, М. В. Иванченко, В. Б. Казанцев // Физмат. 2023. Т. 1, № 1. С. 42–64. DOI 10.56304/S2949609823010021. – EDN HTSRZQ.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ

*Н. А. Благосклонов*  
*nblagosklonov@frccsc.ru*

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук,  
Москва

Здоровьесбережение – это сохранение и укрепление здоровья [1]. Цель здоровьесберегающих технологий заключается не только в сохранении здоровья, но и в формировании здорового образа жизни, что предотвращает возникновения хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) в раннем возрасте. По данным Всемирной организации здравоохранения [2] ежегодно в мире фиксируется более 55 миллионов случаев смерти, при этом от ХНИЗ умирает более 41 миллиона человек, что составляет свыше 74 % всех случаев смерти в мире. Из них 17 миллионов – это люди молодого и среднего возраста, не достигшие 70 лет. К основным типам ХНИЗ относятся сердечно-сосудистые заболевания (артериальная гипертензия, инфаркт и инсульт), хронические респираторные заболевания (хроническая обструктивная болезнь легких и астма) и диабет.

Разработана интеллектуальная рекомендательная система поддержки здоровьесбережения, обеспечивающая многофакторный анализ показателей для выявления имеющихся факторов риска, выполняющая комплексную оценку уровней риска развития заболеваний с учетом взаимовлияния совокупно воздействующих факторов и предлагающая индивиду персонализированные профилактические рекомендации по снижению влияния управляемых риск-факторов [3]. Система анализирует всю доступную информацию о пациенте, поступающую из разнородных источников: передаваемые медицинские данные и специальные анкеты-опросники системы. Опционально перечень источников данных может быть расширен за счёт предоставления доступа к результатам прохождения предсменных осмотров, подключения носимых и персональных медицинских устройств, интеграции профиля индивида из социальных сетей. Информация о пациенте передается в базу знаний и решатель для выявления и анализа риск-факторов – признаков, которые могут привести к развитию ХНИЗ. База знаний системы реализована на основе неоднородной семантической сети, а решатель – на основе алгоритма аргументационных рассуждений. Оценка рисков осуществляется по пятиуровневой шкале от очень низкого до очень высокого, которые аргументируются факторами риска. С целью обеспечения профилактики система формирует персональные рекомендации для воздействия на модифицируемые (управляемые) факторы риска путем модификации образа жизни и других действий.

### Литература

1. Яшина Т. Ю. Методы воздействия на здоровье, Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения // Электронный сборник статей по материалам ежегодной образовательной конференции с Международным участием. Москва: Изд. «ГБПОУ ДЗМ МК № 2». 2022. № 1. С. 413–415.
2. Всемирная Организация Здравоохранения: Неинфекционные заболевания <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
3. Григорьев О. Г., Кобринский Б. А., Молодченков А. И., Благосклонов Н. А. Подходы к созданию системы мониторинга состояния операторов критической инфраструктуры // Физмат. 2023. Т. 1. № 2 . С. 115–121.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВ С ОГРАНИЧЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ

М. В. Близно  
bmv.ipai@mail.ru

Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк

*Данная работа посвящена разработке методики для проверки эффективности нейросетевых моделей, которая основывается на таких критериях как: разделяющая способность высокоуровневых признаков, точность классификации, количество занимаемой оперативной памяти, вычислительная сложность, а также на их интегральной оценке эффективности.*

В задачах компьютерного зрения признаки извлекаются с использованием различных базовых сетей. Все архитектуры базовых сетей можно разбить на 4 класса: сверточные, трансформероподобные [1], гибридные, мультимодальные.

Выбор архитектур глубоких сетей для задачи распознавания изображений на устройствах с ограниченными ресурсами, осуществлялся исходя из наличия у них следующих качеств:

- указано точное количество параметров, но не более 25 млн;
- качество распознавания, превышающее 75 % по метрике top-1 на ImageNet [2].

Для обучения и тестирования моделей в рамках данной методики был сформирован набор данных ObjectDet, основанный на наборе данных ObjectNet [3].

Предлагаемая методика оценивания базовых сетей состоит из следующих этапов:

- 1) инициализация архитектур базовой сети и загрузка их весовых коэффициентов;
- 2) удаление лишних операций и слоёв в базовой сети, с целью формирования высокоуровневых признаков;
- 3) исследование базовых сетей с целью получения показателей для определения возможности использования на различных устройствах;
- 4) загрузка наборов данных ObjectDet и CIFAR-10 [4];
- 5) исследование разделяющей способности высокоуровневых признаков используемых архитектур;
- 6) определения качества классификации изображений;
- 7) сбор результатов экспериментов из шагов 3,5,6;
- 8) оценивание систем при помощи метода анализа иерархий (МАИ) на основе данных, полученных из предыдущего этапа.

Для оценивания использовалась 3-бальная шкала, в соответствии с количеством сравниваемых систем. Для этого для каждой базовой сети по отдельным критериям выставляется интегральная оценка  $S$ . При этом массив данных экспериментов делится на 3 блока. Наилучшим вариантом считается тот, чья сумма набранных баллов является наибольшей:

$$V = BN_k, k = 1 \dots n, \quad (1)$$

$$k = \operatorname{argmax}(S_i), i = 1 \dots n, \quad (2)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^l \alpha_j S_{1j}, \quad (3)$$

где  $S_i$  – одномерная матрица оценок  $1 \times n$ ,  $n$  – общее количество базовых сетей,  $l$  – общее количество критериев,  $\alpha$  – коэффициент важности критерия (0,1...1).

Для сравнения эффективности исследуемых архитектур использовались такие критерии как точность классификации, количество занимаемой оперативной памяти и интегральный критерий, учитывающий точность, вычислительную сложность, а также количество параметров модели.

Численные исследования тестирования моделей на разном наборе батчей для определения занимаемой оперативной памяти показали наилучшую эффективность архитектуры FasterNet-T0 и FasterViT-0. Наилучшее значение по интегральному критерию показала гибридная сеть EdgeNeXt-S, что свидетельствует о хорошем балансе данной модели между производительностью, робастностью и точностью в системах компьютерного зрения.

Предложенная методика интегрального оценивания нейросетевых моделей может применяться исследователями для любого набора базовых сетей с целью выбора подходящей архитектуры для реализации в устройствах с ограниченной вычислительной мощностью.

### Литература

1. Zhang H. ParC-Net: Position Aware Circular Convolution with Merits from ConvNets and Transformer / H. Zhang, W. Hu, X. Wang // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2022. Т. 13686 LNCS.
2. Russakovsky O. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge / O. Russakovsky, J. Deng, H. Su, J. Krause, S. Satheesh, S. Ma, Z. Huang, A. Karpathy, A. Khosla, M. Bernstein, A.C. Berg, L. Fei-Fei // International Journal of Computer Vision. 2015. Т. 115. № 3.
3. Barbu A. ObjectNet: A large-scale bias-controlled dataset for pushing the limits of object recognition models / A. Barbu, D. Mayo, J. Alverio, W. Luo, C. Wang, D. Gutfreund, J. Tenenbaum, B. Katz // Advances in Neural Information Processing Systems. 2019. Т. 32.
4. Krizhevsky A. Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images / A. Krizhevsky // ... Science Department, University of Toronto, Tech. ... 2009.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРОЩЕНИЯ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ТЕКСТОВ

*С. А. Большакова*  
*svetlako@yandex.ru*

Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк

Современный мир формирует новые условия для жизни человека, связанные с обилием информации, которую нужно уметь обрабатывать. На этой новой стадии развития человечества адаптация к физической среде уступает место адаптации к информационной среде. Адаптированные (упрощенные) тексты часто применяются на этапе обучения иностранному языку. Рост потребности в упрощенных текстах также связан с увеличением числа людей с ограниченными возможностями здоровья, для которых сложные тексты могут быть трудны для восприятия и понимания. Адаптированные тексты помогают таким людям получить доступ к информации и образованию, что способствует их социальной интеграции и равноправию. В связи с этим возникает потребность в системах, позволяющих автоматизировано адаптировать и упрощать текст.

Одним из эффективных способов упрощения естественно-языковых текстов является использование синонимии, поскольку один и тот же смысл может быть выражен различными синтаксическими конструкциями и словами, среди которых можно найти наиболее простую форму выражения.

В широком понимании синонимы – это слова, которые имеют одинаковое или близкое значение. Синонимы могут быть представлены как одной частью речи, так и разными. Также в качестве синонимов могут выступать одно или несколько слов. Например, «атака» и «наступление», «большой» и «огромный», «рассердиться» и «дойти до белого каления», «идеализировать» и «смотреть сквозь розовые очки» [1].

В исследовании рассматривается разработанная система лексического упрощения текста, использующая специально размеченную базу синонимов и набор правил, что позволяет осуществлять лексическую замену слов и словосочетаний с восстановлением правильного синтаксиса и сохранением семантики текста.

Был изучен ряд словарей синонимов, из которых для этого исследования был выбран словарь Александровой З. Е [2]. Он содержит синонимические ряды, состоящие из доминанты и последующих синонимов, включая отдельные слова и синонимичные словосочетания. Для автоматического упрощения текста используется метод обратного использования синонимических рядов. Основная идея метода заключается в замене элементов синонимического ряда, встреченных в тексте, на доминанту, которая является наиболее общим и стилистически нейтральным членом синонимического ряда.

В русском языке синонимы зачастую обладают различными морфологическими характеристиками, что создает трудности при автоматической замене, связанные с соблюдением правил синтаксиса в адаптированном тексте. Правильный согласованный синтаксис подразумевает соблюдение синтаксических норм, которые регулируют правила построения словосочетаний и предложений. Такие нормы включают в себя: согласование подлежащего и сказуемого, правильный порядок слов в синтаксических единицах, совместимость определения и определяемого слова.

Для корректной работы системы упрощения все синонимические ряды словаря [2] были проанализированы, разделены на категории, и создана база синонимов, состоящая из 3-х частей: База слов, База словосочетаний и База неизменяемых словосочетаний. Работа с каждой категорией имеет свои особенности. Так База слов и База словосочетаний содержит только леммы (начальные формы) каждого члена синонимического ряда, а в Базе неизменяемых словосочетаний лемматизация не применяется, т.к. она по большей части содержит синонимические эквиваленты наречий.

Принцип работы системы упрощения русскоязычных текстов:

1. Система приводит каждый член предложения в начальную форму (лемматизирует).
2. Затем она выделяет в нем слово или словосочетание, содержащееся в Базе синонимов.
3. Если оно не является доминантой, то она заменяет его соответствующей доминантой.
4. Восстанавливает в полученном предложении правильный русский синтаксис.

Восстановления синтаксиса происходит в соответствии с разработанными правилами:

– Если заменяемое и заменяющее слова являются одинаковыми частями речи, то заменяющее слово ставится в той же форме, в которой находилось заменяемое.

– Если это существительные, отличающиеся родом, то система меняет форму предшествующего прилагательного, местоимения-прилагательного или причастия, согласуя его с новым существительным. То же делается по отношению к глаголу.

Рассмотрим, например, замену «распутица» → «бездорожье». При упрощении предложения «Настала распутица» → «Настало бездорожье» для соблюдения правильного синтаксиса после замены требуется дополнительная операция – изменение рода у глагола. В рамках данного исследования для решения таких проблем используется база продукционных правил для соблюдения синтаксиса, а также механизм обработки меток в базе синонимов. Более полное описание базы продукционных правил для замены отдельных слов и словосочетаний приведено в работе [3].

При замене словосочетаний восстановление синтаксиса в полученном предложении намного сложнее, чем при замене отдельных слов. Для решения этой проблемы был разработан ряд правил преобразования. В базе синонимов после члена синонимического ряда ставится специальная метка, при считывании которой применяется то или иное правило, например:

! 1 – слово-замена всегда ставится в единственном числе.

! 2 – слово-замена всегда ставится во множественном числе.

<падеж1>–<падеж2> – при замене данного словосочетания для замены существительных, если в заменяемой фразе первое существительное в падеже1, то слово-замена ставится в падеже2. Для замен-прилагательных: если ближайшее к заменяемому словосочетанию существительное в падеже1, то слово-замена и это существительное ставится в падеж2.

База слов и База словосочетаний снабжены подобными метками для восстановления правильного синтаксиса в тексте после проведения замены. Более полное описание данных меток в базе синонимов и работы с ними приведено в работах [4, 5].

Для тестирования работы системы упрощения использовались материалы Национального корпуса русского языка (НКРЯ) [6], т. к. он представляет современный русский

язык во всём многообразии жанров, стилей, территориальных и социальных вариантов. Упрощенный текст оценивали по следующим критериям: сохранение семантики, соблюдение синтаксиса и упрощение. Полученный в результате работы системы упрощения текст легче для восприятия людьми и средствами автоматической обработки естественного языка. Наиболее впечатляющие результаты были получены при замене словосочетаний. Одним из эффективных примеров практического применения системы автоматического упрощения русскоязычных текстов является предобработка текста перед применением машинного перевода текста. В работе [7] проведены тесты с машинным переводом упрощенных текстов. Они переводятся более адекватно и семантически верно.

Таким образом, автоматизированная система упрощения может быть использована при обработке естественного языка: машинный перевод, поиск и классификация, автоматическое реферирование текстов. А также для подготовки упрощенных текстов, применяемых в обучении для того, чтобы ускорить передачу основного содержания информации и облегчить восприятие материала пользователями с разным уровнем владения языком. Использование более простой лексики делает процесс обучения более доступным и эффективным.

### Литература

1. Полицына Е. В. Анализ подходов к автоматическому выделению контекстных синонимов из текстов на русском языке. [Текст] / Е. В. Полицына, С. А. Полицын, А. С. Поречный, Е. Е. Милованова // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2020. № 3. С. 120–132. <https://doi.org/10.17308/sait.2020.3/3046>
2. Александрова З. Е. Словарь синонимов русского языка: Практический справочник [Текст] / З. Е. Александрова. М.: Рус. яз., 2001.
3. Большакова С. А. Система автоматической адаптации русскоязычных текстов и ее практическая значимость [Текст] / С. А. Большакова // Проблемы искусственного интеллекта. 2024. № 3 (34). С. 45–54.
4. Ниценко, А. В. О словесных заменах, сохраняющих смысл русского предложения [Текст] / А. В. Ниценко, В. Ю. Шелепов, С. А. Большакова, К. С. Ивашко // Проблемы искусственного интеллекта. 2020. № 1 (16). С. 63–74.
5. Ниценко А. В. Русское синтаксическое управление при словесных заменах. О словах с функциями наречия и существительного [Текст] / А. В. Ниценко, В. Ю. Шелепов, С. А. Большакова, К. С. Ивашко // Проблемы искусственного интеллекта. 2020. № 2 (17). С. 46–57.
6. Национальный корпус русского языка. [Электронный ресурс] // URL: <http://ruscorpora.ru/new/index.html>. (дата обращения: 10.05.2024).
7. Большакова С. А. Практическое применение системы автоматической адаптации русскоязычных текстов [Текст] / С. А. Большакова // Донецкий международный круглый стол «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение» (ИИ-2024). – ДНР, Донецк: ФГБНУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (ФГБНУ «ИПИИ»). С. 11–15.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*В. В. Бурдельная*  
*nika.burdelnaya@mail.ru*

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва

Данная работа посвящена моделированию кредитного скоринга с использованием алгоритмов машинного обучения. В рамках исследования изучены теоретические аспекты построения скоринговой системы и оценки кредитоспособности заёмщика. Описаны наиболее известные скоринговые системы – FICO и VantageScore, а также российская практика построения моделей кредитного скоринга. Рассмотрена постановка задачи классификации машинного обучения для моделирования кредитного скоринга, а также описаны метрики качества построенной модели. Описано построение модели кредитного скоринга с помощью метода «*k*-ближайших соседей». Изучен математический аппарат для построения модели логистической регрессии, используемой в моделировании кредитного скоринга. Рассмотрены принципы построения решающих деревьев в задаче бинарной классификации. Исследовано применение ансамблевых алгоритмов машинного обучения при моделировании кредитного скоринга – бэггинга и бустинга над решающими деревьями. Описан синтетически полученный набор данных, содержащий информацию о заёмщиках банка, а также протестированы гипотезы относительно характеристик, свойственных «надёжным» клиентам банка. Осуществлена предварительная обработка данных: обеспечена исключительность данных, устранены выбросы, заполнены пропущенные значения, удалены наименее информативные признаки, проведено масштабирование. Проведён подбор оптимальных значений гиперпараметров для рассматриваемых моделей машинного обучения. Определена наилучшая модель для оценки кредитного скоринга, обладающая наиболее высоким значением метрики качества ROC AUC. На основе выбранной модели проведена классификация заёмщиков.

### Литература

1. Архипов В. А. Сравнительный анализ метрик качества для моделей бинарной классификации на примере кредитного скоринга // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 9–2. С. 12–15.
2. Беспалова И. В., Кочегарова О. С., Плеханова Т. А. Обзор математических моделей кредитного скоринга // Экономика и предпринимательство. 2019. № 7. С. 920–925.
3. Буланов В. А., Фомичева О. Е. Метрики оценки качества модели классификации на примере задачи кредитного скоринга // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2020. № 3. С. 33–37.
4. Воронин С. М. и др. Кредитный скоринг, реализованный с помощью машинного обучения // Столыпинский вестник. 2022. Т. 4. № 10. С. 5640–5648.
5. Гилёв Д. В. Прогнозирование риска невозврата кредита (скоринг): обзор существующих методов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 7-1. С. 70–80.
6. Жураев Ж. Д. Использование методов машинного обучения в моделировании кредитного скоринга // Вестник науки. 2021. Т. 2. № 6-1 (39). С. 87–91.



7. Инхиреева Т. И. Методология подготовки исходных данных для построения кредитного скоринга // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов VI Международной конференции, 14–19 октября 2019 г., Томск. – Томск, 2019. С. 246–251.

8. Исаев Д. В. Стратегия поиска эффективного алгоритма машинного обучения на примере кредитного скоринга // Проблемы экономики и юридической практики. 2020. № 6. С. 132–138.

## БЕЗОПАСНОЕ ФЕДЕРАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧИ АНТИФРОДА

*А. С. Гонганшев, Г. В. Федоров*  
*astemirgongapshev6194@mail.ru*

Научно-технологический университет «Сириус», Сочи

Федеративное обучение (Federated Learning – FL) – это комплекс методов в машинном обучении (Machine Learning – ML), позволяющий проводить совместное распределенное обучение модели ML. Создание технологии FL основано на следующих принципах: децентрализованность и неоднородность данных, конфиденциальность данных и обучаемой модели, распределенность вычислительной нагрузки, минимизация объемов обмена данными. Предложенные в технологии FL новые подходы играют особенно важную роль в эпоху цифровизации, когда конфиденциальность и безопасность данных имеют первостепенное значение. Используя вычислительные мощности отдельных устройств, FL позволяет обучать модели ML без необходимости централизации данных, тем самым сводя к минимуму риск утечки информации.

Сегодня федеративное обучение — это бурно развивающаяся область машинного обучения, в рамках которой можно обучать не только классические модели, но и глубокие нейронные сети. Несмотря на широкий выбор функциональных возможностей, предоставляемых различными фреймворками FL, в настоящее время остаются множество исследовательских направлений в этой области, в первую очередь относящиеся к оптимизационным задачам и к проблемам применимости моделей к реальным данным.

Совместно с компанией Glowbyte (отдел Advanced Analytics) мы исследовали задачу антифрода, в рамках которой два клиента совместно обучают единую модель. В наших исследованиях мы использовали следующие установки:

- Logistic regression и Multilayer perceptron (ML-модели)
- FedAvg и FedProx (FL-стратегии агрегации)
- IID и non-IID распределение данных (два сценария)
- Гомоморфное шифрование (HE)

В результате была найдена эффективная реализация методов гомоморфного шифрования к задаче антифрода, что, в частности, позволило увеличить степень защищенности при агрегации параметров модели в рамках федеративного обучения.

В докладе будут рассмотрены ключевые особенности и проблемы федеративного обучения, представлены результаты экспериментов в сценариях с IID и non-IID распределением данных между клиентами, а также проведено сравнение двух федеративных стратегий агрегации по качественным метрикам и времени выполнения с учетом использования гомоморфного шифрования. Будут обозначены преимущества и недостатки использования федеративных стратегий FedAvg и FedProx применительно к реальным бизнес-задачам на основе результатов наших экспериментов.

## Литература

1. Mansoor Ali, Faisal Naeem, Muhammad Tariq, and Georges Kaddoum. Federated learning for privacy preservation in smart healthcare systems: A comprehensive survey. arXiv preprint arXiv:2203.09702, 2022. Submitted 17 March, 2022.
2. Н. Brendan McMahan, Eider Moore, Daniel Ramage, Seth Hampson, and Blaise Agüera y Arcas. Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data, 2023.
3. Mohammad Zoynul Abedin, Fan Yang, Yanan Qiao, and Cheng Huang. Privacy-preserved credit data sharing integrating blockchain and federated learning for industrial 4.0. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 18(12):8755–8764, 2022.
4. Zhiwen Zhang, Hongjun Wang, Zipei Fan, Jiyuan Chen, Xuan Song, and Ryosuke Shibasaki. Gofite: Generative online federated learning framework for travel time estimation. IEEE Internet of Things Journal, 9(23):24107–24121, 2022.
5. Tian Li, Anit Kumar Sahu, Manzil Zaheer, Maziar Sanjabi, Ameet Talwalkar, and Virginia Smith. Federated optimization in heterogeneous networks, 2020.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

*Ю. А. Гордиенко*  
*jul\_gordienko@mail.ru*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Современные медицинские технологии переживают этап радикальной цифровой трансформации, успех которой связан с решением ряда как фундаментальных, так и инженерных проблем. В докладе рассмотрены эффективные подходы и модели интерпретации результатов диагностики, получаемых с использованием систем машинного интеллекта. Необходимость использования таких моделей объясняется тем, что более, чем треть задач медицинской диагностики могут быть автоматизированы, при этом применение интерпретируемых моделей позволяет существенно повысить доверие к полученным результатам. Это связано с тем, что с технической точки зрения современные интеллектуальные системы диагностики, основанные на использовании методов машинного обучения, являются «черным ящиком», а для организации эффективного лечения важно не только сформулировать диагноз болезни пациента, но и понять, почему такой диагноз был сгенерирован интеллектуальной системой и какие данные о пациенте имели наибольшее влияние на формулировку диагноза.

В докладе показано, как различная исходная информация о пациенте влияет на выбор моделей объяснения. В докладе также дан краткий обзор основных подходов к интерпретации результатов интеллектуальной диагностики и влияния на точность формулировок различных видов представления информации (данные КТ/МРТ или табличные формы) о состоянии здоровья пациента. Сложность применения систем искусственный интеллект в медицине связано с тем, что такие системы должны точно моделировать интеллектуальную деятельность врача, однако множество возможных интерпретаций состояния здоровья человека и их эквивалентных текстовых описаний, согласно теореме Геделя, всегда превосходит по объему множество вычислимых функций, реализуемых средствами машинного обучения. Поэтому «цифровые машины», составляющие основу современных систем интеллектуальной диагностики, должны участвовать реализации цикла «мониторинг-диагностика-действие» лишь в той части, для которой требуются быстрые вычисления, хранение и доступ большим объемам информации. Другими словами, в руках высококвалифицированных врачей такие системы должны стать специализированными инструментальными средствами, предобученными на основе большого объема валидированных на практике диагнозов.

Для оценки влияния на точность диагноза различных видов представления информации предлагается подход на основе абстракции отождествления различных диагностических текстов, сравнивая их как большие лингвистические модели на основе выделения, воплощенного в них семантического содержания. Это позволяет при сравнении различных вариантов формулировки диагноза принимать во внимание лишь те их различия, которые в данной ситуации оказываются существенными с точки зрения выбранной модели выживания больного. В докладе предлагается использовать новые композиционные модели и методов

интерпретации предсказаний моделей предиктивной аналитики, объясняющих, какие параметры мониторинга состояния здоровья пациента оказывают наибольшее влияние на семантическое содержание диагнозов, генерируемых интеллектуальной системой на основе выбранной моделей выживаемости.

Рассматриваемые в докладе подходы к диагностике носят персонифицированный характер, так как основаны на комбинировании различных моделей машинного обучения, что позволяет реализовать диагностические предсказания не в «среднем», а с учетом актуальных на текущий момент характеристик здоровья конкретного пациентов в контексте информации об эффективности лечения пациента в предыдущие периоды времени и анализа геномных данных. Анализируются новые методы предобработки больших массивов числовых данных на основе алгоритмов построения деревьев решений с использованием градиентных алгоритмов поиска параметров разбиений в узлах дерева, позволяющих реализовать обучение с произвольными функциями потерь, для решения широкого класса задач предиктивной аналитики. Этот подход позволяет заменить эвристический поиск параметров (аргументов) локальных функции классификации состояний (разрешимости множества состояний) таким образом, чтобы получить оценки параметров с использованием различных функций потерь, формируя композицию дерева решений и нейронных сетей.

### Литература

1. Уткин Л. В., Крылова Ю. И., Константинов А. В. Модели объяснения диагноза как элемент интеллектуальных систем диагностики в медицине: краткий обзор. *Российский журнал персонализированной медицины*. 2022;2(6):23-32. <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2022-2-6-23-32>.
2. Konstantinov A. V, Utkin L. V. Interpretable machine learning with an ensemble of gradient boosting machines // *Knowledge-Based Systems*. 2021; 222:1–16.
3. Utkin L. V., Zaborovsky V. S., Kovalev M. S. et al. Uncertainty Interpretation of the Machine Learning Survival Model Predictions. *IEEE Access*. 2021;9:120158-120175. DOI <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3108341>.

## **IPESnet: МОДЕЛЬ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СВОЙСТВ ВОДОРАСТВОРИМОСТИ ИНТЕРПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*И. В. Григорян*  
*grigorian.iv19@physics.msu.ru*

Физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва  
Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, Москва

Работа посвящена разработке модели машинного обучения для предсказания свойств водорастворимости интерполиэлектролитных комплексов (ИПЭК). Растворимость ИПЭК в водно-солевых средах определяется множеством факторов, связанных с параметрами полимерных компонентов и составом среды. [1–5].

Данная работа посвящена разработке одной из первых моделей на основе подходов машинного обучения для прогнозирования области существования водорастворимых ИПЭК для решения биомедицинских задач. Предложен новый подход независимого рассмотрения физико-химических свойств полиэлектролитов, а также химической структуры их мономерных звеньев. На основе описанного подхода разработана модель IPESnet.

Результаты работы были применены для выбора оптимального состава ИПЭК для различных условий окружающей среды с целью создания бактерицидных покрытий. Разработанный подход является универсальным и потенциально может быть использован для прогнозирования свойств многокомпонентных систем различной химической природы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Некоммерческого фонда развития науки и образования «Интеллект».

### **Литература**

1. Hu C.-M. J., Zhang L. Nanoparticle-based combination therapy toward overcoming drug resistance in cancer // *Biochemical pharmacology*. 2012. 83, 8, 1104.
2. Lankalapalli S, Kolapalli VR. Polyelectrolyte Complexes: A Review of their Applicability in Drug Delivery Technology // *Indian J Pharm Sci*. 2009, Sep;71(5):481-7.
3. Pigareva V. A., Bol'shakova A. V., Marina V. I., Sybachin A. V. Water-Soluble Interpolyelectrolyte Complex Based on Poly(diallyldimethylammonium chloride) and Sodium Polyacrylate as a Component for Creating Stable Biocidal Coatings // *Colloid Journal*. 2023. Vol. 85, N. 3. P. 441.
4. Giaouri, E., Heir, E., Desvaux, M. et al., Intra- and inter-species interactions within biofilms of important foodborne bacterial pathogens // *Front. Microbiol*. 2015. Vol. 6. P. 841.
5. Kuenneth, C., Ramprasad, R. polyBERT: a chemical language model to enable fully machine-driven ultrafast polymer informatics // *Nat Commun*. 2023.14, 4099.

## РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ЭМЕРДЖЕНТНОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА PYTHON

*Р. Д. Гуськов*  
*roman.guskov97@gmail.com*

Самарский государственный технический университет, Самара

Основная тема исследовательской работы – создание систем управления ресурсами с использованием онтологий и мультиагентных технологий, рассматривается архитектура и метод создания подобных систем.

Ставится задача серийно-массового создания интеллектуальных систем управления ресурсами на основе требований современных предприятий, которые могут работать как умные сервисы с любыми цифровыми платформами, в частности, рассматривается проблема управления мобильными ресурсами и возможности применения такой системы для управления грузовиками и такси, курьерами, мобильными бригадами, спутниками и дронами и т. д.

В работе выделяется основной подход к разработке таких систем – предлагается построение решений для отдельных предприятий основываясь на универсальной кастомизируемой платформе, построенной по принципу «лоу-код», где такие возможности достигаются путем применения онтологий. Приводится пример архитектурного и технологического решения на языке программирования Python, которое позволяет создать подобную систему.

Для инструментальной платформы фиксируются типовые компоненты: веб-интерфейсы, онтологическая база знаний и центральный мультиагентный «движок» для распределения, планирования, оптимизации (пока есть время), мониторинга и контроля ресурсов, а также рассматриваются дополнительные компоненты, которые могут быть добавлены в систему в зависимости от задачи

В статье приводится предлагаемый пользователям бизнес-процесс выработки и согласования решений по построению планов, перечисляются основные роли участников планирования, их возможности, права и задачи.

Работа показывает гибкость и эффективность такого подхода к созданию интеллектуальных систем управления ресурсами в реальном времени.

### Литература

1. Oracle: Choose the Best Modern ERP for Your Business - <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/modern-erp.shtml>.
2. Грачев С. П., Жилиев А. А., Ларюхин В. Б. и др. Методы и средства построения интеллектуальных систем для решения сложных задач адаптивного управления ресурсами в реальном времени // Автоматика и телемеханика. 2021. № 11. С. 30–67.
3. Wrona Z., Buchwald W., Ganzha M. et al. Overview of Software Agent Platforms Available in 2023 // Information. 2023. Vol. 14. Article number 348.
4. Андреев В., Витих В., Батищев С. и др. Методы и средства создания открытых мультиагентных систем для поддержки процессов принятия решений // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 2003. № 1. С. 126–137.
5. Майоров И. В. Применение мультиагентной платформы для создания интеллектуальных систем управления ресурсами в реальном времени // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. № 1. С. 37–41.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ТЕМАТИК ИССЛЕДОВАНИЙ

*Д. А. Девяткин*  
*devyatkin@isa.ru*

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук,  
Москва

Важной задачей, которую необходимо решить для обеспечения устойчивого развития науки и техники, является организация информационного обеспечения управления исследовательской и инновационной деятельностью. Ключевым условием успешной организации процессов исследовательской и инновационной деятельности является доступ к инструментам поиска и анализа научной и методической информации, позволяющим выявлять наиболее перспективные тематики исследований и технические разработки [1]. Особенно актуальной эта задача стала в связи с ограничением доступа ко многим зарубежным системам научно-технической аналитики. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать и развивать средства автоматического сбора, анализа и синтеза полнотекстовых документов на естественном языке.

В настоящее время распространенным подходом к решению этой задачи является оценка цитируемости публикаций, относящихся к тематике с помощью существующих зарубежных наукометрических баз [1]. Например, в работе [2] в результате мета-анализа наукометрических публикаций показано, что основными критериями оценки перспективности научных направлений остаются наукометрические индексы, при этом наблюдается значительный рост применения библиометрии в качестве инструмента картирования исследований и разработок, принятия решений в области управления наукой. В статье [3] анализируется развитие области «искусственный интеллект» с учетом общего количества работ и совокупного импакт-фактора журналов, в которых они опубликованы. С помощью тематического анализа текстов публикаций с учетом уровня цитирования определяются исследовательские фронты, которые далее ранжируются с применением наукометрических индексов. Однако перечисленные подходы не позволяют оценить перспективность новых тематик, характеризующихся относительно низкой цитируемостью, не позволяя, таким образом, выработать решения по опережающей поддержке перспективных направлений развития науки и техники.

Для решения поставленной выше проблемы предлагается использовать методы структурирования и автоматического анализа полных текстов рецензий научных публикаций. В качестве источника рецензий могут выступать открытые ресурсы в интернете, на которых размещаются тексты рецензий научных публикаций, либо информационные системы институтов развития, Российской академии наук, продведомственных организаций Минобрнауки, осуществляющих экспертизу результатов научно-технической деятельности. Примерами таких ресурсов являются OpenReview<sup>1</sup> и PapersWithCode<sup>2</sup>. Для автоматического сбора информации с этих ресурсов используется специализированное программное обеспечение – веб-краулеры, позволяющее загружать из этих ресурсов тексты новых рецензий с заданной периодичностью [4].

---

<sup>1</sup> <https://openreview.net>

<sup>2</sup> <https://paperswithcode.com>



На основе текстов рецензий предполагается формировать оценки результатов научно-технической деятельности по следующим критериям: актуальность, новизна, характеристика метода. Для выявления фрагментов текстов, содержащих оценки рецензируемых работ по заданным критериям, был сформирован размеченный корпус анонимизированных рецензий рукописей, поданных в научные журналы «Искусственный интеллект и принятие решений» и «Информационные технологии и вычислительные системы». Суммарно корпус содержит более 100 размеченных рецензий. На этом корпусе была до-обучена кросс-языковая сеть с архитектурой «Трансформер» Xlm-roberta-large [5]. Выбор этой сети обусловлен возможностью переноса результатов обучения на корпусе русскоязычных текстов на англоязычные тексты, то есть использования до-обученной модели для анализа рецензий из открытых источников на английском языке. В результате экспериментальных исследований результатов работы сети на размеченном корпусе показано (табл. 1), что целевые фрагменты русскоязычных рецензий могут быть выделены с высоким качеством (точностью  $P$ , полнотой  $R$  и  $F_1$ -мерой). В то же время для англоязычных рецензий удовлетворительные оценки качества получены не были, что указывает на необходимость введения определенного количества размеченных англоязычных рецензий в обучающий корпус.

Таблица 1

Результаты оценки метода выявления фрагментов рецензий

Класс	$P$	$R$	$F_1$
Новизна	0,88	0,94	0,91
Актуальность	0,92	0,92	0,92
Характеристики метода	0,80	0,84	0,82
Иное	1,0	0,98	0,99

Для поиска новых тематик исследований применены методы мультимодального тематического моделирования, позволяющие выявлять группы рецензий на исследования, посвященные решению новых задач, либо применению новых методов для решения существующих проблем [6]. В качестве модальностей предлагается использовать выявленные фрагменты рецензий, содержащие оценку новизны, актуальности и характеристик метода.

Для определения перспективности новых исследований также применяется метод на основе многослойной нейронной сети с архитектурой «Трансформер» Xlm-roberta-large. Для обучения метода используется анонимизированный размеченный корпус экспертных заявок на выполнение научных проектов по конкурсу «А» РФФИ в области технических и физико-математических наук за 2018-2019 годы (более 90 тыс. экспертных). Корпус содержит численные оценки заявок по шкале от 1 до 5 по критериям новизны, актуальности и характеристик предлагаемых решений, а также текстовые обоснования этих оценок. Сеть обучалась восстанавливать численные оценки по трем указанным критериям на основе текстовых описаний. По итогам экспериментальных исследований на тестовой выборке метода отмечен относительно низкий уровень точности  $P$  результатов при высоком уровне полноты  $R$  (табл. 2).

Таблица 2

Результаты оценки метода определения перспективности исследований

	$P$	$R$	$F_1$
xlm-roberta-large	0,59	0,87	0,70
xlm-roberta-large + XGBoost	0,59	0,88	0,71

Для повышения качества определения перспективности исследований была сформирована композиция из сети Xlm-roberta-large и классификатора на основе деревьев решений, обученного методом градиентного бустинга XGBoost [7]. Для обучения классификатора на основе XGBoost использовались следующие группы признаков:

- длина текста;
- количество противопоставлений в тексте;
- количество клауз в будущем времени в тексте;
- количество вопросительных предложений.

Состав этих признаков был подобран вручную с привлечением экспертов-лингвистов. В результате было получено некоторое повышение оценок полноты результатов классификации. Ручной анализ ошибок, приводящих к снижению точности, показал, что в некоторой части некорректно классифицированных работ наблюдалось сутевое расхождение между численной оценкой эксперта и ее текстовым обоснованием.

Результаты экспериментальных исследований на ретроспективных данных в области робототехнических систем показали, что разработанные методы позволяют достаточно надежно выявлять перспективные тематики исследований. Полученная оценка полноты 0,88 показывает, что значительная часть работ, положительно оцененных экспертами, может быть найдена с применением предложенного метода. Разработанный метод, таким образом, позволяет выявлять перспективные тематики исследований без использования наукометрических оценок.

### Литература

1. Zupic I., Čater T. Bibliometric methods in management and organization //Organizational research methods. 2015. Т. 18. №. 3. С. 429–472.
2. Mejia C. et al. Exploring topics in bibliometric research through citation networks and semantic analysis //Frontiers in Research Metrics and Analytics. 2021. Т. 6. С. 742311.
3. Luo C., Zhou L., Wei Q. Identification of research fronts in artificial intelligence //2017 2nd Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS). – IEEE, 2017. С. 104–108.
4. Chen Z. et al. An improved shark-search algorithm based on multi-information //Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007). – IEEE, 2007. Т. 4. С. 659–658.
5. Ni J., Florian R. Neural Cross-Lingual Relation Extraction Based on Bilingual Word Embedding Mapping //Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP). 2019. С. 399–409.
6. Vorontsov K. et al. Bigartm: Open source library for regularized multimodal topic modeling of large collections / Analysis of Images, Social Networks and Texts: 4th International Conference, AIST 2015. – Russia, Yekaterinburg, April 9–11, 2015. Revised Selected Papers 4. // Springer International Publishing, 2015. С. 370–381.
7. Chen T., Guestrin C. Xgboost: A scalable tree boosting system //Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining. 2016. С. 785–794.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА, ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ СЕТЕВЫХ СООБЩЕСТВ НА ОБЩЕСТВЕННО-ЗНАЧИМЫЕ СОБЫТИЯ**

*Д. С. Землянский*  
*zeidail@mail.ru*

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных и управляющих систем,  
Таганрог

### **Введение**

В последние годы социальные сети и сетевые платформы приобретают огромное влияние, становясь неотъемлемой частью жизни для большинства людей. Сегодня значительная часть общества объединена в разнообразные онлайн-сообщества, а в ближайшем будущем еще больше людей станет активными участниками сетевых объединений. Эти платформы выступают посредниками для коммуникации, обмена информацией и формирования общественного мнения, оказывая мощное воздействие на социум. Законы и механизмы, регулирующие влияние социальных сетей на общество, находятся в начальной стадии изучения, что обусловлено новизной соцсетей как сложного социокультурного явления.

Особенно важное значение имеют интеллектуальные технологии, которые позволяют эффективно мониторить, анализировать и оценивать социально-психологические реакции сетевых сообществ на значимые общественные события. Такие технологии дают возможность не только выявлять ключевые темы и настроения, но и отслеживать динамику их изменений во времени. Это представляет значительный научный интерес, поскольку открывает доступ к новой информации о механизмах общественного взаимодействия. Практическая ценность этих технологий особенно велика для анализа настроений и поведения различных социальных групп. С их помощью можно более точно оценивать общественные настроения, выявлять потенциальные источники напряженности и прогнозировать возможные изменения в настроениях населения. Мониторинг и анализ коммуникации в соцсетях создают основу для более глубокого понимания социальных процессов, влияющих на общественное мнение, и помогают выявлять тонкие изменения в восприятии и реакциях общества на события, значимые для социума.

### **Выявление инфлюенсеров и влиятельных лиц в интернет-сообществах и их влияние на аудиторию**

Выявление инфлюенсеров имеет огромное значение в современном мире. Инфлюенсеры способны оказывать значительное воздействие на аудиторию, поскольку они не только транслируют личные взгляды, но и влияют на выборы, ценности и поведение своих подписчиков. Это делает их важным инструментом для компаний, маркетологов, а также исследователей социальных процессов. Анализ семантических и риторических структур текстов (RST), который помогает выделить ключевые темы и важные высказывания, что позволяет выявлять лидеров мнений на основе значимости их высказываний и их отношения к различным темам. Эмоциональный анализ: важен для выявления эмоционального отклика, который инфлюенсеры вызывают в своих аудиториях, и определения, какие темы вызывают

наибольший резонанс. Парсинг зависимостей: применяется для анализа связи между инфлюенсерами и другими участниками сети, выявляя их значимость на основе упоминаний, цитирования или связей. Далее рассмотрим методы, которые используются для выявления инфлюенсеров, анализа их высказываний и влияния, а также оценки эмоционального отклика и сетевых связей.

### **Методы анализа текстов для выявления и оценки социально-психологических реакций сетевых сообществ**

Риторический анализ с помощью RST (Rhetorical Structure Theory), который выявляет смысловые связи между частями текста. Структуры RST-дерева помогают выстраивать риторические отношения (например, объяснение, контраст, развитие) и выделять основное и второстепенное содержание текста. Этот подход применяется для суммаризации текста и анализа дискурса, так как позволяет понять структуру аргументов автора.

Парсинг зависимостей (dependency parsing) на основе MaltParser. Этот метод моделирует грамматические связи между словами, формируя отношения зависимости и связи внутри предложений, что улучшает понимание смысловых и грамматических структур текста.

Синтаксический и семантический анализ с использованием NLP-конвейеров на основе библиотек, таких как isanlp, включающих поддержку SpaCy и предобученные модели для анализа структуры предложений и лемматизации.

### **Методы анализа эмоциональности**

Модель эмоций использует предобученные нейронные сети и специализированные словари, чтобы определять эмоциональную окраску текста (например, раздражение, вдохновение, беспокойство). Например, модель Rexhaif использует русскоязычную версию сети BERT для классификации эмоций, что позволяет определять эмоциональный тон текста на основе лемм и их контекста.

Emotive-srl-api — специализированный API, обученный на основе модели RuBERT, который анализирует выражение эмоций в тексте и классифицирует его эмоциональную составляющую.

### **Архитектура системы выявления и оценки социально-психологических реакций сетевых сообществ**

В системе мониторинга и анализа социально-психологических реакций сетевых сообществ на значимые общественные события предусмотрены несколько взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет свою уникальную функцию. Эти подсистемы охватывают процессы сбора, обработки, анализа и представления данных, что позволяет оценить настроение и реакции аудитории в онлайн-среде. Система обеспечивает возможность глубокой аналитики благодаря последовательной обработке данных, начиная с их первичного сбора и заканчивая финальной визуализацией и представлением результатов. В системе предусмотрены следующие подсистемы:

**Подсистема сбора данных** для системы мониторинга и оценки социально-психологических реакций сетевых сообществ на значимые общественные события. Эта подсистема отвечает за сбор данных из различных источников (социальные сети, мессенджеры и т. д.), их сохранение в хранилище сырых данных и выполнение предобработки перед дальнейшим анализом. Включает скрипты для запуска процессов сбора и предобработки данных. Предобработанные данные передаются в хранилище обработанных данных. Все компоненты этой подсистемы запускаются вручную программистом.

**Подсистема анализа социально-психологических реакций** сетевых сообществ на значимые общественные события. Подсистема осуществляет анализ текстов, тематических направлений, уровня активности дискуссий и изменений психолингвистических показателей с целью выявления нетипичных обсуждений, отражающих социальные реакции. Результаты работы сохраняются в хранилище обработанных данных. Компоненты запускаются вручную программистом.

**Подсистема идентификации инфлюенсеров и оценки их влияния** на участников сетевого общения. Обеспечивает выделение атипичных пользователей и инфлюенсеров на основе анализа их активности и структуры взаимодействий. Все результаты сохраняются в хранилище обработанных данных. Компоненты также запускаются вручную программистом.

**Подсистема отображения и оценки социально-психологических реакций** сетевых сообществ на значимые события. Эта подсистема предоставляет web-интерфейс и содержит скрипты для загрузки результатов анализа из хранилища обработанных данных. Через web-интерфейс эксперты могут взаимодействовать с системой, просматривая и анализируя полученные результаты.

В настоящее время разрабатывается функционал для интеграции и взаимодействия между различными подсистемами, что позволит автоматизировать обмен данными и обеспечить более плавный процесс анализа. Планируется, что каждая из подсистем, начиная со сбора данных и заканчивая визуализацией результатов, будет передавать информацию следующей подсистеме в цепочке обработки, минимизируя ручное вмешательство и ускоряя процесс анализа. Этот подход позволит системе выявления и оценки социально-психологических реакций сетевых сообществ функционировать как единый, слаженный механизм, обеспечивая эффективную и своевременную обработку больших объемов информации.

### **Планы на дальнейшую разработку**

В будущем систему можно расширить, добавив возможности автоматического запуска процессов обработки, что позволит минимизировать участие человека и повысить оперативность анализа. В частности, можно внедрить инструменты для более гибкой настройки фильтров и анализа по заданным параметрам, что позволит экспертам быстрее выделять ключевые реакции на общественно значимые события и прогнозировать их дальнейшее развитие.

Также перспективным направлением является добавление модуля для анализа визуального контента и невербальных сигналов, что позволит расширить спектр анализируемой информации и получать более точные оценки настроений пользователей. Встроенные механизмы машинного обучения и искусственного интеллекта могли бы помочь более точно

определять тональность и содержание сообщений, а также выявлять скрытые связи между темами и участниками обсуждений.

### Литература

1. Neves A. et al. Quantifying complementarity among strategies for influencers' detection on Twitter // *Procedia Computer Science*. 2015. Т. 51. С. 2435–2444.
2. Rodríguez-Vidal J. et al. Automatic detection of influencers in social networks: Authority versus domain signals // *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2019. Т. 70. №. 7. С. 675–684.
3. Fabio R. Gallo, Gerardo I. Simari, Maria Vanina Martinez, Marcelo A. Falappa, Predicting user reactions to Twitter feed content based on personality type and social cues, *Future Generation Computer Systems*. 2020. Vol. 110. P. 918–930. ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.10.044>.
4. Linbo Luo, Kexin Liu, Bin Guo, Jianfeng Ma, User interaction-oriented community detection based on cascading analysis, *Information Sciences*, 2020. Vol. 510. P. 70–88, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.09.022>.
5. Wang, Y. Online community user behavior pattern analysis (Outstanding Academic Papers by Students (OAPS), City University of Hong Kong). 2022.
6. Shahbaznezhad, H., Dolan, R., & Rashidirad, M. The Role of Social Media Content Format and Platform in Users' Engagement Behavior // *Journal of Interactive Marketing*. 2021. 53(1), 47–65. <https://doi.org/10.1016/j.intmar.2020.05.001>.

## ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИТУАЦИЯХ

*А. В. Исаев*  
*alis@sfedu.ru*

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,  
Южный федеральный университет, Таганрог

*Ситуационный анализ представляет собой процесс оценивания внешних и внутренних факторов с целью определения рационального принятия решений. Одним из инструментов для анализа ситуаций и принятия решений является применение пространственных данных и геоинформационных систем (ГИС). Задачей ситуационного анализа в рамках ГИС является выработка достоверного решения для некоторой проблемной ситуации, представленной картографическим образом. В статье для определения достоверности выработанных решений предлагается возможный вариант развития прецедентного анализа, с помощью методологии образного представления ситуации путем добавления к прецеденту дополнительной экспертной информации, заданной картографически экспертом, а также контекста ситуации. Данная модель является развитием прецедентного анализа. Предлагается функция трансформирования образов в ситуационном анализе для принятия решений в геоинформационных системах.*

### Введение

Известным подходом для повторного использования знаний в ситуационном анализе является прецедентный анализ (СВР), основанный на адаптации известной ситуации и вычислении близости к проблемной ситуации по специальной метрике. Однако в статьях [1–9], посвященных применению и реализации прецедентного анализа, малоисследованным остаётся вопрос используемых метрик для расчета близости ситуаций и повышения достоверности выработанных решений для проблемных пространственных ситуаций, в связи с чем данный метод можно считать правдоподобным, но недостоверным. Основой, предложенной в работах [10–12], является образный анализ, представляющий собой картографическое описание ситуации, состоящее из самого прецедента и его допустимых преобразований, сохраняющих смысл образа при переносе знаний из одной местности в другую. В данной работе под задачей трансформирования подразумевается перенос знаний о прецедентах (ситуациях). Целью трансформирования является перенос в заданную целевую область «смысла» ситуации и воспроизведение новой ситуации в рамках этого «смысла» заданного контекста. Решению задачи трансформирования знаний с применением ГИС посвящено множество работ. Однако данные исследования обладают некоторыми недостатками, которые не позволяют решить задачу трансформирования знаний эффективно и достоверно.

### Постановка задачи

Целью исследования является представление в формальном виде функции трансформирования знаний на основе экспертных данных, представленных картографическим способом.

В статье решается задача переноса знаний в новую область. Будем считать заранее известными: базу знаний, состоящую из реальных прецедентов; экспертами картографиче-

ски для каждого прецедента (образа) заданы допустимые преобразования  $H(c)$ ; экспертами даны для каждого допустимого преобразования предпочтения важности  $W$ , отражающие важность картографических объектов центра образа в рассматриваемом контексте; экспертами заданы онтологии картографических объектов, отражающие смысловое содержание центра образа; задана целевая область  $\Omega$ , в которую необходимо трансформировать прецедент. Необходимо перенести знания об известных заранее прецедентах в заданном контексте в новую область и определить в этой области местность, в которой размещение нового прецедента будет разумным, а смысл контекста будет сохранен и перенесён наиболее достоверно.

### **Прецедентный анализ ситуаций**

В ситуационном анализе необходимо выявить пространственные классы и отношения, которые будут характеризовать смысл прецедента. Проблема выработки достоверных решений состоит в неопределенности, неоднозначности пространственных объектов и отношений между ними, делая очень проблематичными процессы принятия решений. Причина заключается в постоянно меняющемся реальном мире, поверхности земного шара и природной среде, что приводит к тому, что знание о предыдущих ситуациях может оказаться бесполезным в новых условиях. Одним из подходов для анализа ситуаций является прецедентный анализ (Case Based Reasoning, CBR). Метод CBR основан на концепции воспоминаний о прошлом опыте, который каким-то образом напоминает о возникшей проблемной ситуации. Если текущая и историческая ситуации достаточно схожи по своей природе, то можно сделать вывод, что решения в обеих ситуациях одинаковы. Преимущество прецедентного анализа заключается в том, что все рассматриваемые прецеденты случались в реальной жизни и являются достоверными. Однако использование метрики близости позволяет лишь оценить степень аналогичности одной ситуации и другой, что приводит к тому, что выводы, получаемые в ходе прецедентного анализа, являются правдоподобными, но недостоверными. Основным недостатком исследований является недостаточный уровень достоверности реализуемой метрики близости двух ситуаций, в исследованиях предлагается некая метрика сходства, но не приводится оценка эффективности полученных результатов на основе данной метрики. Также следует отметить, что в CBR отсутствует универсальная метрика, независимая от особенностей задачи и предметной области. CBR не позволяет учитывать неоднозначность пространственных ситуаций и неоднородность земного рельефа. В ГИС атрибутивные данные часто подвержены изменениям со временем. Это может включать в себя изменения в географических параметрах, обновление атрибутов объектов и другие изменения.

### **Образный анализ ситуаций**

Основой предлагаемого метода является модель представления геопространственных ситуаций в виде образов, предложенная в работах [10–12]. Данный подход предполагает решение задачи ситуационного анализа, основываясь на знаниях и накопленном опыте экспертов в области ГИС. Экспертными знаниями являются центр образа и его допустимые преобразования. Под центром образа ситуации понимается реально наблюдавшаяся ситуация, по сути, это набор размеченных на карте существенно важных картографических объектов,



влияющих на размещение прецедента и описывающих ситуацию как прецедент. Допустимыми преобразованиями (рис. 1) являются возможные размещения прецедента, которые не меняют сути рассматриваемой ситуации и задаются экспертами картографически [10].



Рис. Центр образа ситуации (размещение сервиса шиномонтажа)

### Предлагаемое решение

Предлагаемый метод является развитием образного анализа ситуаций. При переносе образа существенную роль играет контекст ситуации, например, важность картографических объектов центра образа при их переносе в новую область, а также картографические объекты, которые не попали в центр образа, но влияющие на допустимые преобразования. Таким образом, предлагаемой моделью представления ситуации является набор из трёх компонент: центр образа прецедента ( $c$ ), допустимые преобразования  $H(c)$  и контекст трансформирования ( $K_{TR}$ ). В данной модели образ ситуации ( $I$ ), включает помимо представления о ситуации и её допустимые преобразования, информацию, как эта ситуация может быть отображена в другой области:

$$I = \langle c, H(c), K_{TR} \rangle, \quad (1)$$

Контекст ситуации можно описать:

$$K_{TR} = \langle W_c, O_K, T_K, \Omega_K \rangle, \quad (2)$$

Контекст ситуации включает в себя:

- $W_C$  – важность картографических объектов центра образа в контексте исходной области ситуации, влияющие на результат трансформирования ситуации в новую заданную область;
- $O_K$  – массив опорных объектов, не вошедших в центр образа, но влияющих на размещение образа в другом контексте;
- $T_K$  – массив опорных топологических отношений между опорными объектами и центром образа, влияющих на допустимое преобразование центра образа;
- $\Omega_K$  – контекст исходной области, выявленный у эксперта (информация об области: топология области, состояние области геопространственные характеристики области).

Операция переноса ситуации выполняется функцией трансформирования:

$$I_{new} = \langle c_{new}, H(c_{new}), K_{TRnew} \rangle = F_{TR}(\langle c, H(c), K_{TR} \rangle, \Omega_{new}, E_{LIMITS}, \nu_{TR}) \quad (3)$$

- $\langle c, H(c), K_{TR} \rangle$  – центр образа ситуации, его допустимое преобразование и контекст ситуации;
- $\Omega_{new}$  – целевая область на карте для трансформирования ситуации;
- $E_{LIMITS}$  – экспертная информация, заданные онтологии и ограничения;
- $\nu_{TR}$  – метрика сохранения перенесенного смысла, которой должен удовлетворять перенесенный образ.

Качество функции трансформирования – значение метрики перенесённого смысла в заданном контексте. Поскольку функция трансформирования обладает критерием оценки её качества, она рассматривается как оптимизационная задача, цель которой позволить наилучшим образом трансформировать знания о прецедентах в новую целевую область  $\Omega_{new}$ , то есть обеспечить максимальную достоверность перенесенного смысла.

### Заключение

В данном исследовании анализируется прецедентный анализ ситуаций, выявляются недостатки данного подхода переноса ситуаций в ГИС. Предлагается модификация прецедентного анализа, которая позволяет при трансформировании знаний учитывать контекст ситуации и географические особенности карты. В будущей работе планируется исследование самой метрики достоверности переноса, а также практическая реализация предлагаемой в статье функции трансформирования и оценка её эффективности на примере базы знаний с заранее известными прецедентами.

### Литература

1. Watson I. An introduction to Case-based reasoning. Progress in Case-Based Reasoning. LNAI #1020. 1996. P. 3–16.
2. Leake D. B., Kinley A., Wilson D. Case-based similarity assessment: estimating adaptability from experience. Proc. of American Association of Artificial Intelligence (AAAI-97). 1997. P. 674–679.
3. Osborne H. R., Bridge D. G. A case base similarity framework. Proc. of 4th European Workshop on Case-Based Reasoning (EWCBR'98), 1998. P. 309–323.

4. Warren T. Liao, Zhang Z. and Mount C. R. Similarity measures for retrieval in case-based reasoning systems. *Applied Artificial Intelligence*. 1998. 12:267-288.
5. Ines Rekik, Sabeur Elkosantini and Habib Chabchoub. A case-based reasoning based multi-agent system for the reactive container stacking.
6. K. Venkatesh Raja, R. Siddharth, S. Yuvaraj, K.A. Ramesh Kumar. An Artificial Intelligence based automated case-based reasoning (CBR) system for severity investigation.
7. Tversky A. Features of similarity // *Psychological Rev.* 1977. 84:327± 352.
8. M. Sánchez-Marrè, U. Cortés, I. R.-Roda, and M. Poch. Sustainable case learning for continuous domains // *Environmental Modelling* 1999.14(5):349-358,
9. Gavin Finnie, Zhaohao Sun Similarity and metrics in case-based reasoning.
10. Беляков С. Л. Трансформирование опыта принятия решений в пространственных ситуациях / *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2021.
11. Беляков С. Л. Знания для аргументации при сопоставлении пространственных ситуаций / *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2022.
12. Беляков С. Л. Об особенностях проектирования геоинформационных справочных систем / *Известия ТРТУ*, 2010.

## СОЗДАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ЭМЕРДЖЕНТНЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

*М. В. Кандеев*  
*karandachik09@gmail.com*

Самарский государственный технический университет, Самара

Основная тема данной исследовательской работы заключается в разработке методологии подготовки студентов к коммерческой, научной и исследовательской деятельности в области систем «эмерджентного интеллекта» (ЭИ) – самоорганизующегося коллективного искусственного интеллекта, основанного на онтологиях и мультиагентных системах.

Главная цель — ускорение и повышение эффективности обучения и переподготовки профессиональных кадров за счет внедрения практико-ориентированного подхода по принципу «обучаться, делая».

Основные принципы разрабатываемого подхода:

1. Небольшие теоретические сведения по онтологиям и мультиагентным технологиям, дополняемые практиками и примерами расчетов по принятию решений с переговорами и взаимными уступками.

2. Первая ступень курса – освоение конструктора онтологий и унифицированной мультиагентной системы адаптивного планирования (на примере курьеров).

3. Вторая ступень курса – мультиагентное программирование для решения задачи управления мобильными ресурсами нарастающей сложности (от простого матчинга – к проактивности, многокритериальности, консолидациям, микроэкономике и т. д.).

4. Участие в игре «Муравьи против Пауков» – разработка моделей и методов коллективного принятия решений, помогающих малым муравьям добывать пропитание и защищаться от превосходящих сил пауков.

5. Разработка ЭИ платформы и вовлечение обучаемых в решение бизнес задач путем разработки новых классов агентов и протоколов переговоров, методов принятия и согласования решений и т. д.

6. Исследование разработанных моделей и методов и их сравнение с существующими методами.

7. Формирование видения будущего и дорожной карты развития ЭИ.

Предлагаемый подход позволяет ускоренно сформировать специалистов, способных понимать, разрабатывать и применять принципы, модели и методы ЭИ и реализовывать их в онтологически-настраиваемых мультиагентных системах в различных отраслях.

Статья более подробно описывает суть методологии и её применение, разбирая в качестве примера историю развитие четырёх студентов первокурсников, начавших работать над промышленным проектом в области ЭИ. Перспективы данной методологии заключаются в возможности её масштабирования и адаптации для обучения большего числа студентов различных специальностей, что будет способствовать повышению эффективности создания и внедрения ЭИ систем и охвату большего числа отраслей.

### Литература

1. Пригожин И. Р. Время, хаос, квант. М.: Наука, 1994. С. 45–50.
2. Дорофеев В. Д., Михайлов С. И. Роевой интеллект и его применение в робототехнике / Санкт-Петербург: БХВ-Петербург. 2010. С. 56–60.
3. Бонабо Э., Дориго М., Торо Г. Роевой интеллект: от природы к искусственным системам. : Пер. с англ. М.: Техносфера. 2005.
4. Журавлёв Ю. И., Гаврилова Т. А. Интеллектуальные системы: методы и инструменты. –Санкт-Петербург: Питер. 2007. С. 78–82.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ЭМЕРДЖЕНТНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СПУТНИКАМИ

*Н. Ю. Лебедев*  
*nikitaaa385@gmail.com*

Самарский государственный технический университет, Самара

Основная тема исследовательской работы – применение инструментальной платформы эмерджентного интеллекта для управления космическими аппаратами, выполняющими съёмку наземных объектов. Платформа базируется на моделях и методах коллективного принятия решений и мультиагентных технологиях.

Основная цель — обеспечение выполнения целевой задачи группировкой спутников, включающей съёмку и передачу данных на наземные пункты.

Описывается инструментальная платформа, которая включает веб-интерфейсы для управления, базу знаний, мультиагентный движок и дополнительные модули, добавляемые в зависимости от специфики задачи.

В статье приводится предлагаемый пользователям бизнес-процесс, перечисляются основные роли участников планирования, их возможности, права и задачи.

Предлагаемый подход позволяет создавать самоорганизующиеся «умные группировки» спутников, где управление осуществляется автономно через автоматизацию процессов принятия решений на борту каждого аппарата и координацию между ними.

### Литература

1. Потюпкин А. Ю., Пантелеймонов И. Н., Тимофеев Ю. А., Волков С. А. Управление многоспутниковыми орбитальными группировками // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2020. Т. 7. Вып. 3. С. 61–70.
2. Потюпкин А. Ю. Управление многоспутниковыми космическими системами М.: Инфра-Инженерия. 2024. С. 292.
3. Кобылянский В. В., Мятлов Г. Н., Седов А. Н., Скобелев П. О. Перспективы создания интеллектуальной системы управления группировкой безэкипажных судов на основе принципов эмерджентного интеллекта // Морские информационно-управляющие системы. 2023. № 1(23). С. 26–31.
4. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт. Т. 5.: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2004.
5. Грачев С. П., Жилиев А. А., Ларюхин В. Б. и др. Методы и средства построения интеллектуальных систем для решения сложных задач адаптивного управления ресурсами в реальном времени // Автоматика и телемеханика. 2021. № 11. С. 30–67.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА

*П. А. Ледерер, В. Е. Семенов*  
*pledederer25@gmail.com, vse@sfedu.ru*

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности  
Южного федерального университета, Таганрог

Своевременность обнаружения повреждений дорожного полотна в автоматическом режиме с помощью специализированных автолабораторий позволяет значительно сократить издержки на ремонт в будущем. На данный момент существует множество способов мониторинга состояния дорог [1], в том числе с применением современных методов компьютерного зрения на основе свёрточных нейронных сетей [2]. Увеличение точности и скорости работы систем технического зрения при уменьшении себестоимости программно-аппаратного комплекса играет решающую роль в развитии данной индустрии. Разработка киберфизических систем и алгоритмов компьютерного зрения на основе нейронных сетей имеет важное значение для улучшения качества работы дорожных лабораторий.

Подобные анализирующие системы включают в свой состав большое количество программных модулей, взаимодействующих друг с другом. Для их корректной и согласованной работы необходимо на ранних этапах разработки заложить в проект легко масштабируемую, гибкую и способную работать в режиме реального времени программную архитектуру. В качестве подобного связующего ПО может выступать фреймворк ROS2 [3], включающий в себя помимо системы обмена сообщениями, основанной на протоколе DDS, удобные средства визуализации для упрощения отладки системы в процессе разработки. Также ROS позволяет использовать различные симуляторы, такие как CARLA [4], для тестирования комплексных алгоритмов на виртуальных полигонах.

Целью работы является изучение возможности реализации системы технического зрения для контроля состояния дорожного полотна на базе одноплатного компьютера с нейроускорителем [5]. Также в работе приведены результаты тестирования системы на виртуальном полигоне и в реальных условиях.

### Литература

1. Taehyeong Kim, Seung-Ki Ryu Review and Analysis of Pothole Detection Methods / Taehyeong Kim, Seung-Ki Ryu // Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences. 2014. № 8. С. 603-6.
2. Muhammad Haroon Asad, Saran Khaliq, Muhammad Haroon Yousaf, Muhammad Obaid Ullah, Afaq Ahmad Simulation of Quantity and Quality of Saq Aquifer Using Artificial Intelligence and Hydraulic Models / Muhammad Haroon Asad, Saran Khaliq, Muhammad Haroon Yousaf, Muhammad Obaid Ullah, Afaq Ahmad // Modern Solutions to Civil Engineering Problems Based on Soft Computing Techniques. 2022.
3. Sk Abu Talha, Mohammad A. Karasneh, Dmitry Manasreh, Alfarooq Al Oide, Munir D. Nazzal A LiDAR-camera fusion approach for automated detection and assessment of potholes us-

ing an autonomous vehicle platform / Sk Abu Talha, Mohammad A. Karasneh, Dmitry Manasreh, Alfaroq Al Oide, Munir D. Nazzal. 2023.

4. Chi-Wei Kuan, Wen-Hui Chen, Yu-Chen Lin Pothole Detection and Avoidance via Deep Learning on Edge Devices / Chi-Wei Kuan, Wen-Hui Chen, Yu-Chen Lin // International Automatic Control Conference (CACS). 2020.

5. Ледерер, П. А., Кочубей, Д. С., Семенов, В. Е. Разработка программно-аппаратного комплекса анализа дефектов дорожного покрытия при помощи нейронных сетей / П. А. Ледерер, Д. С. Кочубей, В. Е. Семенов // Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2023). Таганрог: ДиректСайнс. 2023. С. 443–449.



## МОДИФИКАЦИЯ TRIPLET LOSS ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИЗ ОТКРЫТОГО СЛОВАРЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА

*Б. В. Павленко*  
*Bogdanpavl2000@mail.ru*

Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк

### Введение

Обнаружение объектов – это область компьютерного зрения, которая занимается локализацией и классификацией объектов, содержащихся на изображении или видео.

До популяризации глубокого обучения для задачи обнаружения объектов, почти все операции по обнаружению объектов выполнялись с помощью классических методов машинного обучения. В отличие от методов технического зрения, методы искусственного интеллекта базируются на глубоком обучении нейросетей.

В общем задачу обнаружения объектов можно представить следующим образом. Имея размеченный набор данных  $D = \{(I_i, O_i)\}_{i=1}^{|D|}$ , где  $I_i$  – это  $i$ -ое изображение, а  $O_i$  представлен в виде соответствующего набора аннотированных объектов. Каждый объект  $o$  представляет собой ограничивающий прямоугольник/рамку  $b \in R^4$  и соответствующий класс  $u \in C$ , где  $C$  является пространством категорий набора данных  $D$ . Обозначим обучающий и тестовый наборы данных как  $D_T$  и  $D_V$ .

Процесс формирования признаков и предсказания можно объяснить, используя архитектуру Faster RCNN [5]. Пусть на вход архитектуры для обнаружения объектов подается изображение  $I \in R^{H \times W \times 3}$ , тогда используя базовую сеть (в ряде случаев с дальнейшим применением пирамидальной сети (feature pyramid network, FPN) [6] кодируется набор иерархических карт объектов  $F = \{F_2, F_3, \dots, F_6\}$ , а сеть предложения регионов (Region Proposal Network, RPN) генерирует набор предположений регионов  $P \subset R^4$ . Затем голова R-CNN осуществляет выравнивание регионов интересов (regions of interest, RoI) для  $F$ , чтобы извлечь векторные представления предположений регионов  $E = \{e_p\}_{p \in P} \subset R^d$ . Логит предположения  $p$ , относящийся к классу  $c$ , может быть определен как:

$$l(p, c) = \frac{e_p \cdot t_c}{\|e_p\| \cdot \|t_c\|}, \quad (1)$$

где скалярное произведение,  $t_c$  – векторное представление класса  $c$ .

Вероятность того, что предположение  $p$  относится к категории  $c \in C \cup \{bg\}$ :

$$P_c(p, c) = \frac{\exp(l(p, c))}{\sum_{c \in C \cup \{bg\}} \exp(l(p, c))} \quad (2)$$

Во время обучения каждому предположению  $p$  присваивается метка класса  $y_p \in C \cup \{bg\}$ . Значение потерь для R-CNN определяется как

$$L = - \sum_{p \in P} \log P_{C \cup \{bg\}}(p, y_p) \quad (3)$$

### Задача обнаружения объектов из открытого словаря

Классическое обнаружение объектов требует обнаружения объектов из замкнутого набора категорий. Дополнительные аннотации и обучение в свою очередь требуются, если необходимо обнаружить объекты неизвестных категорий. Это привлекло много внимания к обнаружению новых категорий без аннотаций или даже к обнаружению объекта из новой категории, что в настоящее время называется обнаружением открытого словаря (open vocabulary detection, OVD) [7] – это задача обнаружения объектов, направленная на обнаружение объектов из новых категорий, выходящих за рамки базовых категорий, на которых обучен детектор.

Формально детектор обучается на наборе данных обнаружения с базовой категорией  $C^B$ , соответствующей аннотацией региона и протестирована на новом входном изображении  $I \in R^{H \times W \times 3}$  для обнаружения объектов, принадлежащих к новому набору категорий  $C^N$ , где  $C^B \cap C^N = \emptyset$ . Как правило, базовые классы используются при обучении или калибровке модели, в то время как новые классы используются при тестировании модели.

Т.е. в обычной классификационной модели новые классы распознаются и помечаются с меткой класса «unknown». В подходе с zero-shot модель должна классифицировать новые классы уже на определенных категориях. А в подходе OVD модель может классифицировать новые классы с помощью большого языкового словаря  $C_L$ . Это свойство позволяет использовать дополнительный неразмеченный набор данных или предобученную визуально-языковую модель (vision language model, VLM), что позволит модели адаптировать знания для новых классов. При этом  $C_L$  может не покрывать все классы, содержащиеся в  $C_B$  или  $C_N$ , в том числе набор изображений может также их не покрывать. И, наоборот, в  $C_L$  могут также содержаться слова из заранее определенных новых категорий, что может еще больше расширить возможности обобщения моделей. В последнее время, благодаря быстрому внедрению больших языковых моделей (Large Language Models, LLM) [3, 4], изучение открытой лексики стало более перспективным направлением, поскольку в мультимодальную архитектуру можно встроить больше языковых знаний.

Главные преимущества применения подхода OVD:

- 1) повышение робастности и метрик;
- 2) способность к zero и one-shot обучению;
- 3) эффективная процедура извлечения знаний: модель преподавателя и модель студента;
- 4) способность к распознаванию объектов различных размеров;
- 5) возможность обучения на неразмеченных данных;
- 6) скорость распознавания зависит от количества объектов в итоговом словаре.

Распространенным способом создания открытого словаря является замена фиксированных весов классификатора вставками текста из модели VLM. В частности, модель видения генерирует визуальное внедрение для каждого предложения блока/маски и вычисляет оценки сходства путем вычисления скалярного произведения с текстовыми внедрениями как из базового, так и из новых классов. Классификационные баллы рассчитываются следующим образом:

$$p_{ij} = \frac{\exp(e_i^p, e_j^t)}{1 + \sum_{j'=1}^{|C_B \cup C_N|} \exp(e_i^p, e_{j'}^t)} \quad (4)$$

На практике векторные представления из изображений обучаются с помощью базовых аннотаций, соответствующих векторным представлениям из текста. Т.е. модель сочетает в себе знания VLM и изученные визуальные функции, а детектор может обнаруживать новые классы с помощью семантически связанных вложений текста.

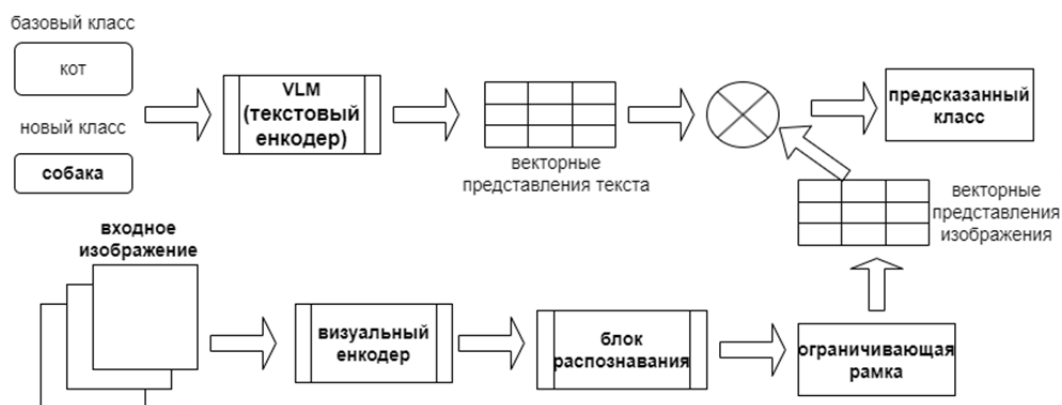


Рис. 1. Типовая структура OVD

На основе результатов анализа литературных источников можно выделить следующие проблемы OVD.

1) Современные методы OVD основаны на крупномасштабных моделях, предварительно обученных визуальному языку, таких как CLIP, для распознавания новых объектов. Можно выделить следующие препятствия, которые необходимо устранить при включении этих моделей в обучение детекторов: 1) несоответствие распределения, возникающее при применении VL-модели, обученной на целых изображениях, к задачам распознавания областей; 2) сложность локализации объектов новых классов; 3) решить проблемы баланса между базовыми и новыми классами.

2) Основная проблема с существующими детекторами OVD заключается в том, что они полагаются на предложения областей, которые часто ненадежны для охвата всех новых классов на изображении из-за отсутствия обучающих данных.

3) Существующие детекторы объектов OVD только индивидуально согласовывают вложения областей с соответствующими функциями, извлеченными из VLM. Такой подход оставляет композиционную структуру семантических концепций в сцене неиспользуемой, хотя эта структура может быть неявно изучена VLM.

4) Необходима более точная настройка, подсказки или обучающие адаптеры, позволяющие избежать потери способности к обобщению. Кроме того, объединение предсказаний VLM во время логического вывода препятствует использованию детекторов OVD в режиме реального времени.

### Модифицированный triplet loss

Для разрешения вышеуказанных проблем выдвигается гипотеза использовать triplet loss для улучшения робастности и сходимости между текстовыми описаниями  $T$  и визуальными признаками  $I$ .

Для набора визуальных признаков и набора текстовых описаний необходимо вычислить коэффициент корреляции  $F$  между ними.

$$F = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{\sum_{j=1}^n (\hat{t}_{ji} - \bar{T})(\hat{i}_{ji} - \bar{I})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\hat{t}_{ji} - \bar{T})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^n (\hat{i}_{ji} - \bar{I})^2}} \quad (5)$$

где  $\bar{I}$ ,  $\bar{T}$  – средние значения векторных представлений

$$\hat{I} = \|i_i, i_j\|_2 \quad (6)$$

$$\hat{T} = \|t_i, t_j\|_2 \quad (7)$$

Основной функцией потерь, используемой в OVD, является:

$$L_1 = \frac{1}{V} \sum_r R - E(r), \quad (8)$$

где  $R$  – совмещённые текстовые и визуальные признаки,  $E(r)$  – векторные признаки, извлекаемые из словаря,  $V$  – общий размер словаря

Предполагается ввести модифицированный triplet loss:

$$L_{tr} = L(a, b, c) = \max\{d(a_i, b_i) - d(a_i, c_i) - F + \alpha, 0\} \quad (9)$$

где  $a$  – текущий пример,  $b$  – позитивный пример,  $c$  – негативный пример,  $\alpha$  – разница между  $b$  и  $c$ ,

$$d(x, y) = \|x - y\|_2. \quad (10)$$

Общая функция потерь выглядит следующим образом:

$$L = L_1 + L_{tr}. \quad (11)$$

### Выводы

Выделены основные проблемы OVD. Предложена модификация triplet loss, основанная на вычислении коэффициента корреляции между текстовыми и визуальными признаками. В дальнейшем планируется провести эксперименты на основе данной модификации triplet loss для наборов данных VisDrone (набор размеченных объектов, полученных с дрона) [8], а также GeoText (набор данных для задачи перекрёстной геолокализации) [9].

### Литература

1. LeCun Y. Object recognition with gradient-based learning / Y. LeCun, P. Haffner, L. Bottou, Y. Bengio // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 1999. Т. 1681.
2. Liu L. Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey / L. Liu, W. Ouyang, X. Wang, P. Fieguth, J. Chen, X. Liu, M. Pietikäinen // International Journal of Computer Vision. – 2020. Т. 128. № 2.

3. Tong K. Deep learning-based detection from the perspective of small or tiny objects: A survey. T. 123 / K. Tong, Y. Wu. 2022.
4. Zaidi S.S.A. A survey of modern deep learning based object detection models. T. 126 / S.S.A. Zaidi, M.S. Ansari, A. Aslam, N. Kanwal, M. Asghar, B. Lee. 2022.
5. Ren S. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks / S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017. T. 39. № 6.
6. Li X. Feature Pyramid Network / X. Li, T. Lai, S. Wang, Q. Chen, C. Yang, R. Chen // Proceedings - 2019 IEEE Intl Conf on Parallel and Distributed Processing with Applications, Big Data and Cloud Computing, Sustainable Computing and Communications, Social Computing and Networking, ISPA/BDCLOUD/SustainCom/SocialCom 2019. – 2019.
7. Zhu C. A Survey on Open-Vocabulary Detection and Segmentation: Past, Present, and Future / C. Zhu, L. Chen. 2023.
8. Cao Y. VisDrone-DET2021: The Vision Meets Drone Object detection Challenge Results / Y. Cao, Z. He, L. Wang, W. Wang, Y. Yuan, D. Zhang, J. Zhang, P. Zhu, L. Van Gool, J. Han, S. Hoi, Q. Hu, M. Liu, C. Cheng, F. Liu, G. Cao, G. Li, H. Wang, J. He, J. Wan, Q. Wan, Q. Zhao, S. Lyu, W. Zhao, X. Lu, X. Zhu, Y. Liu, Y. Lv, Y. Ma, Y. Yang, Z. Wang, Z. Xu, Z. Luo, Z. Zhang, Z. Zhang, Z. Li, Z. Zhang // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2021. 2021, October.
9. Chu M. Towards Natural Language-Guided Drones: GeoText-1652 Benchmark with Spatial Relation Matching / M. Chu, Z. Zheng, W. Ji, T. Wang, T.-S. Chua. 2023.

## **БУДУЩЕЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ: КАК ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ТРАНСФОРМИРУЮТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС**

*Н. В. Писарь*  
*npisar@kantiana.ru*

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград

В последние годы методика обучения русскому языку как иностранному (далее – РКИ) претерпевает значительные изменения в связи появлением нового типа коммуникации – «человек – искусственный интеллект (далее – ИИ)» за счет активного внедрения технологий ИИ во все сферы жизни человека. Навыки взаимодействия с ИИ наряду с владением иностранными языками становятся одним из требований к подготовке конкурентоспособного специалиста, поэтому перед педагогами РКИ стоит задача по формированию у обучающихся коммуникативной компетенции, которая теперь включает в себя общение не только «человек – человек», но и «человек – ИИ».

Актуальность настоящего исследования определяется:

- 1) увеличением роли ИИ в жизни человека;
- 2) необходимостью формирования у инофонов навыков общения с ИИ на русском языке как компонентом коммуникативной компетенции;
- 3) потребностью в разработке технологии обучения инофонов взаимодействию с ИИ на русском языке.

Цель исследования – продемонстрировать тактику составления комплекса заданий на коммуникацию с ИИ, способствующих развитию у инофонов всех видов речевой деятельности как возможную базу формирования новой технологии обучения РКИ.

Обзор научной и учебно-методической литературы показал, что преподаватели РКИ все чаще используют ИИ на занятиях. Однако большая часть заданий сводится к написанию инофонами предложенного преподавателем промпта и анализу получившегося результата [1,2,3,5], связанной методики обучения взаимодействию с ИИ нет.

Мы предлагаем разработанную на основе интерактивного метода тактику обучения инофонов коммуникации с ИИ, посредством которой они смогут в дальнейшем самостоятельно создавать понятные ИИ промпты для решения задач различных типов. В ее основе лежат такие методические приемы, как:

- 1) демонстрация примеров правильного и неправильного промптинга;
- 2) обсуждение и выявление правил создания понятного ИИ промпта;
- 3) коммуникация с ИИ с использованием образца промпта, сделанного по правилам;
- 4) коммуникация с ИИ для решения задания по сформулированному инофонами самостоятельно промпту;
- 5) коммуникация с ИИ для выполнения проектного/творческого задания.

Посредством указанной тактики была выстроена технологическая структура занятия по коммуникации с генеративным ИИ для группы иностранных преподавателей-нефилологов из Намибии и Зимбабве (9 человек), обучавшихся в ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» по программе повышения квалификации «Русский язык как иностранный для науки, образования, культуры» (72 часа) в июне

2024 г. Также разработанная тактика обучения использовалась для развития у инофонов речевых умений в области аудирования и говорения при работе с авторскими ботами, созданными как приватный навык к голосовому помощнику «Алиса» и как чат-боты в Telegram. В рамках педагогического эксперимента в 2023 г. с иностранными студентами 2 года обучения направления 45.03.02 «Лингвистика» (профиль «Русский язык в бизнесе») (20 человек) коммуникация «человек – ИИ» происходила с авторским диалоговым тренажером «Стив Мартинс» для решения кейсов по бизнес-русскому [4]. Кроме того, на основе указанной тактики формировались речевые умения в области устной коммуникации в профессиональной сфере общения у иностранных студентов-медиков 2 года обучения с авторскими ботами-пациентами (например, @patient2med\_bot) с целью алгоритмизации умений вести профессиональный диалог врача с пациентом.

При апробации представленной тактики коммуникации с генеративным ИИ и авторскими ботами как инструментами развития у инофонов речевых умений было выявлено, что общение с ИИ позволяет корректировать у обучающихся ошибки во всех видах речевой деятельности. Практический опыт взаимодействия инофонов с ИИ показал, что благодаря такой коммуникации обучающиеся развивают речевые умения, цифровые (работа с нейросетями «Fusion Brain», «Gigachat», «Алиса») и метакогнитивные (креативное и критическое мышление, умение работать в команде, навыки прогнозирования и т.п.) навыки.

Однако внедрение ИИ в методику обучения РКИ создает временные (преподавателю необходимо тратить больше времени на подготовку учебного материала; обучающиеся начинают использовать ИИ для развлечения вместо выполнения заданий); финансовые (для работы большого количества обучающихся с авторскими ботами необходимо оформление подписки на соответствующие конструкторы); внешние (не все программные продукты с внедренным ИИ являются отечественными, что в связи с западными санкциями может привести к потере учебного контента, расположенного на таких ресурсах; для работы с некоторыми отечественными продуктами требуется наличие российского номера телефона для регистрации); мотивационные (обучающиеся начинают применять ИИ для выполнения домашних заданий, промежуточной и итоговой аттестации; у обучающихся снижается мотивация, если на занятии нет элементов, связанных с использованием ИИ) риски.

На основании анализа рисков были определены точки роста в методике обучения РКИ:

- а) появление современных учебных изданий, в которых будут представлены задания на обучение коммуникации с ИИ;
- б) разработка на основе теории и методики обучения РКИ новых или совершенствование уже существующих отечественных продуктов, которые могут использовать инофоны для коммуникации с учетом уровня владения русским языком и целей взаимодействия с ИИ;
- в) формирование технологии обучения РКИ посредством ИИ.

Будущее методики обучения РКИ так или иначе будет связано с внедрением ИИ, и преподавателям уже сейчас необходимо выработать стратегии и тактики преподавания русского языка в новой реальности, где искусственный интеллект играет значимую роль.

## Литература

1. Дзюба Е. В. Уроки русского для иностранцев: техники искусственного интеллекта или искусство техники // Русистика. 2024. Т. 22. № 2. С. 242–261.

2. Козловцева Н. А. Методика применения ChatGPT при обучении стилистике русского языка как иностранного // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 1 (104). С. 156–158.

3. Наргес А. М. К. Использование искусственного интеллекта на занятиях по РКИ (с учетом преимуществ и недостатков) // Векторы развития рус стики и лингводидактики в контексте современного филологического образования. Сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2023. С. 129–131.

4. Писарь Н. В., Ремболович Ж. В., Юрасюк Н. В. Технология создания диалогового тренажера для обучения инофонов бизнес-коммуникации на русском языке // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2023. Т. 15. № 3 (61). С. 112–118.

5. Сысоев П. В., Филатов М. В. Технологии искусственного интеллекта в обучении русскому языку как иностранному // Русистика. 2024. Т. 22. № 2. С. 300–317.



## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ 3D-МИКРОТОМОГРАФИИ

*А. В. Семёнов*  
*aseme@sfedu.ru*

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности  
Южного федерального университета (ИКТИБ ЮФУ), Таганрог  
Южный научный центр Российской академии наук, Таганрог

Интерес научно-технического сообщества к рентгеновской микротомографии в последние годы растет. Микротомография находит все более широкое применение в биологии и медицине для исследования микроанатомии тканей и органов и диагностики патологий тканей. Основным недостатком микротомографии является ограничение по размеру и плотности исследуемых образцов (живой ткани, материалов), что связано с ограниченной проникающей способностью рентгеновского излучения. Следовательно, при микротомографии более крупных или плотных образцов живых и неживых тканей необходимо решать проблему снижения качества изображения, так как поглощение и рассеяние рентгеновских лучей в плотных материалах приводит к уменьшению контраста и увеличению шума на изображениях. При этом высокое пространственное разрешение микротомографа достигается только при небольшом размере образца и минимальном расстоянии между образцом и детектором рентгеновского излучения. Увеличение же размера образца приводит к снижению разрешения или, при том же разрешении, приводит к появлению искажений и «артефактов» на изображении. К счастью, существует множество методов, предназначенных для увеличения дискретизации изображений и уменьшения шумов на них.

Методы искусственного интеллекта (ИИ) в медицине широко используются уже давно. Так широкое распространение получили методики анализа пациентов на предмет предрасположенности или наличия опухоли головного мозга [1], ишемического инсульта [2], болезни Альцгеймера [3] и т. д. При этом речь идет об анализе изображений образцов тканей или рентгеновских снимков пациента, когда с помощью нейросетей происходит первичное автоматическое распознавание поврежденных участков тканей или выделение патологически измененных участков тканей для помощи врачу при дальнейшем анализе.

Но для того, чтобы врач мог увеличить и лучше рассмотреть изображение, полученное с помощью микротомографа, для автоматической визуализации различных тканей образцов, еще на этапе обработки исходных изображений от микротомографа необходимо повысить дискретизацию и разрешение исходных теневых проекций и убирать шумы на них. И затем при реконструкции 3D модели образца применять уже отфильтрованные от шумов исходные снимки теневых проекций. В этом случае для повышения качества изображений, увеличения разрешения исходных снимков микротомографа и фильтрации шумов применяются различные методы. В рамках этих методов также может применяться искусственный интеллект.

Как показал обзор литературы, исследований на тему повышения качества микротомографических изображений не так много. Среди этих публикаций ещё меньше тех работ, в которых приводится сравнение различных методов повышения разрешения снимков и фильтрации шумов на них. При этом важно учитывать, что выбор оптимального метода

обработки исходных изображений от микротомографа зависит от цели, с которой делались снимки, точности позиционирования детектора микротомографа, размеров рабочей зоны, метода реконструкции 3D модели изображения и технических возможностей модуля обработки сигнала микротомографа.

Задача данного доклада – сравнить различные методы и выбрать оптимальный метод улучшения снимков за счет фильтрации шумов на исходных изображениях микротомографа при решении задач выделения ключевых особенностей на 3D микротомографических моделях. Например, такой задачей является микротомографическое исследование образцов, которые содержат в себе различные типы тканей: костную, мышечную, сосудистую. Как было сказано выше, методы устранения шумов (то есть, методы повышения четкости исходных снимков микротомографа) делятся на методы с использованием методов машинного обучения и без него. Так, например, метод Собеля выделяет контуры объектов с помощью градиента яркости, накладывая матрицу  $3 \times 3$  на точки изображения. Методами глубокого машинного обучения снимки обрабатываются иначе: свёрточные сети пропускают нормализованные изображения через блоки кодировщиков и декодеров, значительно улучшая качество. Было проведено сравнение метода фильтрации шумов на изображении, основанного на метриках среднеквадратического отклонения и структурного сходства [4] с фильтрацией шумов методом, основанным на применении нейронных сетей, который показал лучшие результаты. В презентации доклада будут обсуждены актуальные методы повышения качества микротомографических изображений на основе искусственного интеллекта и приведено их сравнение с классическими методами распознавания объектов на изображении, например, двусторонней фильтрацией, полосовым фильтром, быстрым преобразованием Фурье и т. п.

### Литература

1. Elaissaoui K., Ridouani M. Application of Deep Learning in Healthcare: A Survey on Brain Tumor Detection. – URL: [https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/pdf/2023/02/itmconf\\_cocia2023\\_02005.pdf](https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/pdf/2023/02/itmconf_cocia2023_02005.pdf).
2. Cao Z, Xu J, Song B. et al. Deep learning derived automated ASPECTS on non-contrast CT scans of acute ischemic stroke patients. *Human Brain Mapping*. 2022;43(10): 3023–3036. hbm.25845 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35357053/>.
3. Trufanov G. E., Efimtsev A. Yu. Artificial intelligence technology in MR neuroimaging. A radiologist's perspective. *Russian Journal for Personalized Medicine*. 2023;3(1):6-17. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2023-3-1-6-17>.
4. Shah D., Mehta S., Agrawal A., Purohit S. & Chaudhury B. Capability enhancement of the X-ray micro-tomography system via ML-assisted approaches. 2024. arXiv preprint arXiv:2402.05983. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2402.05983>.

## ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И РАЗВЕРТЫВАНИЯ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*В. Е. Семенов*  
*vse@sfnedu.ru*

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных и управляющих систем,  
Таганрог

### Введение

В докладе представлен опыт создания и разработки системы для автоматизации процессов машинного обучения, а именно: сборки, генерации синтетических данных, автоматизации разметки и аугментации данных, а также автозапуска обучения под конкретные задачи. Система находится в стадии разработки, поэтому её тестирование проводится под конкретные задачи и архитектуру нейронных сетей. Вся система представляет собой набор инструментов для создания датасета. Программное обеспечение позволяет выполнять генерацию, автоматическую разметку и аугментацию объектов с использованием 3D-моделей. В системе присутствуют инструменты для ручной разметки с аугментацией и сортировкой данных под нужный тип задачи, а также утилита для автоматической разметки данных из видеозаписей. Рассмотрим каждый инструмент подробнее.

### Генератор данных

Программное обеспечение для генерации синтетических данных создано с использованием графического программного интерфейса OpenGL [1] для отображения двухмерной и трёхмерной графики и библиотеки OpenCV, позволяющей обрабатывать изображения на языке программирования C++. В конфигурационном файле передаются параметры: 3D-модель объекта, на основе которой будет создана обучающая выборка и задний фон. Программа генерирует изображения, на которых объект вращается в пространстве, изменяет размер и положение на экране. Идёт сохранение кадров и аугментация данных для увеличения обучающей выборки. Создаётся автоматическая разметка данных для формата свёрточной нейронной сети YOLO.

1. Инициализация – загрузка конфигурации, 3D-модели объекта и фона и настройка параметров OpenGL для визуализации.

2. Основной цикл генерации данных – создание последовательности изображений с объектом, который вращается, изменяет размеры и положение:

- Применение случайных преобразований к объекту (вращение, масштабирование, перемещение);
- Рендеринг кадра с фоном и объектом;
- Выполнение аугментации кадра (изменение яркости, контрастности, добавление шума и т. д.).

3. Сохранение данных – сохранение изображения с аугментацией и добавление его в датасет.

4. Автоматическая разметка – создание файла разметки в формате YOLO для каждого кадра.

На рисунке 1 представлен внешний вид созданного изображения для обучения и его результат.

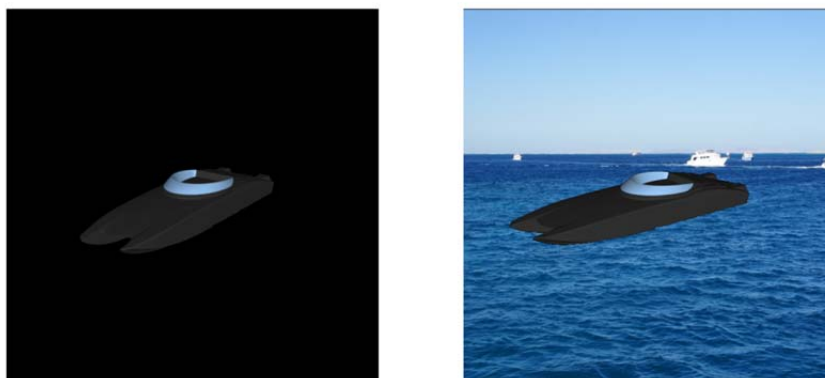


Рис. 1. Пример генерации изображения по 3D-модели

### **Инструмент ручной разметки**

Прототип инструмента для ручной разметки был создан с помощью библиотек Qt и OpenCV. Его функционал достаточно прост, он позволяет размечать данные на изображениях, создавать аугментированные копии и автоматически размечать их на основе разметки оригинального изображения. Данное приложение позволяет выбирать нужный тип аугментации изображения.

1. Ручная разметка – отображение изображения и получение от пользователя выделенной области (bounding box) для разметки.

2. Сохранение разметки – запись координат разметки для текущего изображения.

3. Выбор и применение аугментации – пользователь выбирает нужный тип аугментации (например, поворот, изменение контрастности и т. д.).

4. Сохранение аугментированных копий – сохраняется копия изображения с примененной аугментацией, при этом разметка автоматически переносится на новые копии.

На рисунке 2 представлена демонстрация работы прототипа приложения.

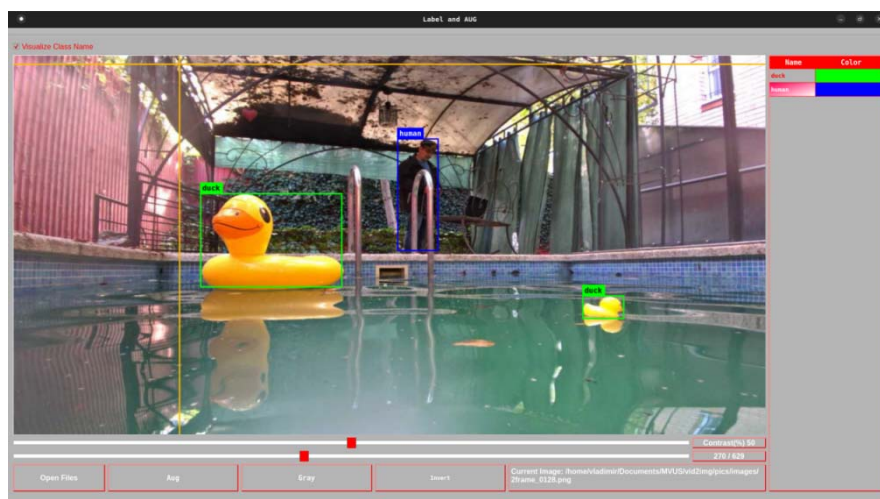


Рис. 2. Прототип инструмента разметки

### Автоматизация процессов обучения

После сборки датасета с использованием соответствующих инструментов начинается автоматический процесс запуска обучения сверточной нейронной сети YOLO для задач детекции или классификации объектов. В этапе разработки были выбраны тестовые целевые платформы amd64 и arm64. В качестве системы на arm использовался одноплатный компьютер на процессоре RK3588 с нейросопроцессором, что усложнило задачу автоматизации конвертации весов. После завершения обучения выполняется автоматическая конвертация модели в формат весов RKNN. Этот процесс позволяет оптимизировать производительность модели для встраиваемых систем, обеспечивая эффективную работу в реальном времени на ограниченных вычислительных ресурсах.

1. Инициализация и запуск процесса обучения – тренируем модель YOLO на подготовленном датасете.
2. Определение целевых платформ – определяем список платформ, на которых будем тестировать модель.
3. Конвертация модели в нужный формат – выполняем автоматическую конвертацию для работы на нейросопроцессоре RK3588 или в формат ONNX при использовании amd64.
4. Сохранение и оптимизация модели – сохраняем и оптимизируем полученную модель.

### Заключение

На данном этапе получилось создать несколько программных средств для оптимизации процесса подготовки обучающей выборки и конвертации обученных весов для тестовой платформы. В дальнейшем планируется: собрать все описанные выше утилиты в одно приложение и расширить возможности автоматизации обучения для различных целевых платформ и архитектур нейронных сетей; добавить функционал подбора оптимальных параметров обучения с использованием методов распределенного обучения [2]; создать среду для тестирования и сравнения обученных моделей нейронных сетей, что позволит упростить

процесс отладки и дообучения; написать программный конвертер для автоматизации инференса модели нейронной сети; создать программный инструмент для автоматической разметки данных из видеопотока, путем детекции с помощью предобученной модели сети и программных трекеров движения.

### Литература

1. OpenGL Wiki / [Электронный ресурс] // khronos: [сайт]. – URL: <https://www.khronos.org/opengl/wiki/>.
2. Семенов, В. Е. Решение задачи обучения и применения нейронных сетей с использованием нескольких вычислителей / В. Е. Семенов [Текст] // II Всероссийская школа-семинар Национального центра физики и математики для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Центр».

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ ЖИВОТНЫХ

*В. В. Семёнова*  
*vladasemnv@gmail.com*

Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, Москва

Ежегодное в мире проводятся тысячи исследований на животных, направленных на изучение механизмов функционирования организма. С развитием инструментов искусственного интеллекта и работы с большими данными автоматизированная регистрация параметров животных (фенотипирование) становится мощным инструментом для фундаментальных исследований в физиологии.

Этот подход позволяет собирать данные без необходимости проведения стрессирующих животных тестов, что особенно важно для лабораторных животных с высокой стресс-реактивностью (мыши, крысы). Автоматизированные системы фенотипирования, такие как Phenomaster, минимизируют влияние человеческого фактора и генерируют большие объемы данных, значительно расширяя возможности изучения физиологических процессов. Тем не менее, с ростом объемов данных их «ручная» обработка становится трудоемкой, что делает автоматизацию и использование машинного обучения критически важными для эффективного анализа.

Целью исследования была разработка подхода к анализу данных автоматизированного фенотипирования животных, способного классифицировать физиологические состояния на основе данных мультимодальных сенсоров. Работа направлена на внедрение методов машинного обучения для оптимизации анализа больших объемов данных и повышения точности идентификации состояния организма. Экспериментальные данные были собраны на модели мышей с различным гормональным статусом, наблюдения проводились с использованием системы Phenomaster. Основной задачей было распознавание пола и гормонального статуса животных с высокой точностью. Для анализа применялись алгоритмы машинного обучения, включая иерархический классификатор на основе градиентного бустинга (LightGBM), который позволил выделить значимые фенотипические показатели.

Результаты подтверждают, что наиболее эффективным подходом к задачам классификации на основании мультимодальных физиологических данных в данной работе является иерархический классификатор. Он достиг высокой точности в распознавании пола (точность – 0,87, ROC AUC – 0,97) и гормонального статуса (точность среди самок – 0,91, среди самцов – 0,90). При этом высокие показатели были достигнуты уже за относительно ограниченное по времени наблюдение, что свидетельствует о возможности сокращения продолжительности экспериментов для данного типа задач без потери качества данных.

### Литература

1. Gharagozloo M. [и др.]. Machine Learning in Modeling of Mouse Behavior // *Frontiers in Neuroscience*. 2021. (15). С. 700253.
2. Но Н. [и др.]. A fully automated home cage for long-term continuous phenotyping of mouse cognition and behavior // *Cell reports methods*. 2023. N 7 (3).
3. Rulli S. B., Cambiasso M. J., Ratner L. D. Programming of the reproductive axis by hormonal and genetic manipulation in mice // *Reproduction (Cambridge, England)*. 2018. N 4 (156). С. R101–R109.



## АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*А. Н. Скляр, Д. И. Свириденко, Я. В. Ракшун*  
*S.G.U@yandex.ru*

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск

Экспериментальные станции на источниках синхротронного излучения представляют из себя комплекс систем, обеспечивающих достижение необходимых параметров окружающей среды исследуемого образца и падающего на него пучка синхротронного излучения. Для большинства исследовательских методик перед проведением целевого эксперимента необходима длительная настройка параметров станции и пробоподготовка. Настройку параметров станции выполняет оператор в соответствии со спецификой текущей конфигурации станции, проводимого эксперимента, исследуемого образца [1]. Выполнение этой процедуры требует от оператора детального понимания работы станции: от генерации синхротронного излучения до взаимодействия излучения с веществом. Возникающие на разных этапах ошибки оператора, вызванные высокой сложностью системы, приводят либо к необходимости приостановки эксперимента, либо к необходимости проведения эксперимента с самого начала с новым образцом. Дополнительным осложняющим фактором может являться время жизни образца для разрушающих методик. В таком случае от оператора также требуется достаточно быстрое принятие решений, что иногда не представляется возможным. Классическим решением вышеобозначенных проблем является делегирование части обязанностей оператора вычислительной машине. В случае работы с экспериментальными установками недостаточно автоматизированной системы управления: требуется интеллектуальная система.

Такой интеллектуальной системой может служить цифровой двойник экспериментальной станции. Цифровой двойник – это двусвязная система объект-цифровая модель [2]. В рамках работы были определены основные элементы функциональной структуры цифрового двойника экспериментальной станции синхротронного излучения, установлены функциональные связи между этими элементами. Определено и реализовано ядро цифрового двойника. Создана и показана работоспособность цифровой тени одной из систем станции.

### Литература

1. Дарьин А. В., Ракшун Я. В. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапиллярные линзы) // Системы анализа и обработки данных. 2013. № 2 (51). С. 119–129.
2. Kritzinger W. et al. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification // Ifac-PapersOnline. 2018. Т. 51. № 11. С. 1016–1022.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ГОРОДСКИХ ИНТЕРНЕТ-СООБЩЕСТВ

*М. А. Станкевич*  
*stankevich@isa.ru*

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук,  
Москва

В работе рассматриваются способы применения методов интеллектуального анализа данных, а также методов обработки естественного языка и машинного обучения, для анализа свободно доступной информации о реакции пользователей социальных сетей на новости и события, обсуждаемые в городских интернет-сообществах. Целью данного анализа может выступать как оценка общей эмоциональной напряженности сообществ, в разрезе различных тематик и временных периодов, так и выявление наиболее значимых событий.

Одним из направлений данного исследования является анализ временных рядов, построенных на основе различных психолингвистических маркеров. Расчет таких маркеров осуществляется при помощи инструмента TITANIS [1], а качестве анализируемых данных выступают комментарии пользователей в сетевых сообществах. В экспериментальном исследовании была показана возможность обнаружения сезонности коэффициента Трейгера, который позволяет оценивать общий фон эмоционального напряжения [2]. Также продемонстрировано выявление тенденций к изменчивости данного показателя и предложены способы интерпретации получаемых результатов.

Другим направлением исследований является эмотивный анализ дискуссий из сетевых сообществ. Суть данного метода заключается в поиске предикатно-аргументных структур в тексте, где в роли предикатов выступают эмотивы [3], а в качестве аргументов выступают слова с ролью экспериенцера или каузатора. Для выявления таких конструкций используется нейросетевая модель на основе архитектуры RoBERTa [4]. Изучение частотных аргументов позволяет обнаружить сущности в тексте, которые вызывают наибольшую эмоциональную реакцию. При этом, группировка эмотивных предикатов по типам базовых эмоций позволяет уточнять, какие конкретные эмоции вызывают отдельные сущности.

Помимо этого, показаны способы анализа и сравнения психолингвистических маркеров дискуссий в разрезе различных тематик, временных отрезков и их активности.

Для демонстрации использования рассматриваемых методов выступает набор данных, собранный на основе 5 крупнейших интернет-сообществ города Саров в социальной сети ВКонтакте.

Исследование выполнено в рамках научной программы Национального центра физики и математики, направление № 9 «Искусственный интеллект и большие данные в технических, промышленных, природных и социальных системах».

### Литература

1. Smirnov I., Stankevich M., Kuznetsova Y., Suvorova M., Larionov D., Nikitina E., Savelov M., Grigoriev O. TITANIS: A Tool for Intelligent Text Analysis in Social Media // In:

Kovalev S. M., Kuznetsov S. O., Panov A. I. (eds) Artificial Intelligence. RCAI 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12948 // Springer, Cham. P. 232–247.

2. Nosov A., Kuznetsova Yu., Stankevich M., Smirnov I., Grigoriev O. Modeling Seasonality of Emotional Tension in Social Media. Computers. 2024. 13(1), 3; <https://doi.org/10.3390/computers13010003>.

3. Григорьев О. Г., Кузнецова Ю. М., Никитина Е. Н., Станкевич М. А., Чудова Н. В. Каузативно-эмотивный анализ. Часть I. Методика изучения эмоциональных реакций пользователей социальных сетей // Психологический журнал. 2022. Т. 43, № 3. С. 114–121.

4. Zmitrovich D. et al. A family of pretrained transformer language models for Russian //arXiv preprint arXiv:2309.10931. 2023.

## РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ И ЗАДАЧ ГИДРОДИНАМИКИ НА ФИЗИЧЕСКИ ИНФОРМИРОВАННЫХ СЕТЯХ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ

*Д. А. Стенькин*  
*stynukin@mail.ru*

Пензенский государственный университет, Пенза

Физически информированные нейронные сети позволяют преодолеть проблемы, связанные с построением сетки, особенно при решении обратных краевых задач. Такие сети актуальны для киберфизических систем и цифровых двойников. В обратных задачах точные значения параметров уравнений, граничных и начальных условий могут быть не заданы, поэтому многие численные методы оказываются не столь эффективными. В качестве физически информированных нейронных сетей предлагается использовать сети радиальных базисных функций. Физически информированные сети радиальных базисных функций обучаются проще полносвязных сетей. Они позволяют настраивать параметры радиальных базисных функций [1–3]. Физически информированные сети радиальных базисных функций позволяют аналитически получить формулы для градиента функции потерь. Мы адаптировали метод Левенберга–Марквардта. Формулы для матрицы Якоби были получены аналитически [4–6]. Разработан алгоритм решения системы дифференциальных уравнений с частными производными для задачи гидродинамики [7–8]. На примере модельной задачи разработаны программы решения двумерных стационарных уравнений Навье–Стокса при помощи физически информированных сетей радиальных базисных функций, обучаемых методом Нестерова [9].

### Литература

1. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Solving Equations Describing Processes in a Piecewise Homogeneous Medium on Radial Basis Functions Networks. *NEUROINFORMATICS 2020. Studies in Computational Intelligence*, Cham. Springer. 2021. 1008, 412–419.
2. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Deep Radial Basis Function Networks. 7th International Conference on Contemporary Information Technology and Mathematics, ICCITM. 2021. 267–273.
3. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Solving of Inverse Coefficient Problems on Networks of Radial Basis Functions. *Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research V. NEUROINFORMATICS 2021. Studies in Computational Intelligence*. Cham: Springer, 2022. 1008, 230–237.
4. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Physics-Informed Radial Basis Function Networks: Solving Inverse Problems for Partial Differential Equations. *Cyber Physical Systems and Control II. CPSC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems // Springer*. Cham. 2023. 460, 3–12.
5. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Physics-Informed Radial Basis-Function Networks // *Technical Physics*. 2023.
6. Gorbachenko V. I., Stenkin D. A. Mathematical Modeling on a Physics-Informed Radial Basis Function Network // *Mathematics*. 2024. 12, 2, 241.
7. Kovasznay L. S. G. Laminar flow behind a two-dimensional grid. *Mathematical Proceedings of the Cambridge*. 1948. 44, 1, 58–62.
8. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ, 1955.
9. Nesterov Y. E. Introduction to convex optimization. Moscow Center for Continuous Mathematical Education. 2010. 280.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УРЕГУЛИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА**

*О. В. Теплова*  
*olga-anonim@mail.ru*

Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк

В работе выделены основные мимические признаки проявления психических состояний персонала во время работы. Существует целый ряд определений понятия «психическое состояние», но в данной работе под психическим состоянием будет подразумеваться как некий фон, способствующий или препятствующий возникновению определенных эмоций и как следствие длительного переживания эмоций и чувств.

Цель работы – провести анализ требований к лицу, принимающему решение (ЛПР), по ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), предложить на основе имеющихся инструментов систем поддержки принятия решений (СППР) определения психических состояний персонала, работающего на пультах управления производствами.

При возникновении чрезвычайных ситуаций человеческий фактор часто становится причиной усугубления ситуации, поэтому предлагается создание системы поддержки принятия решений (СППР) при возникновении чрезвычайных ситуаций, учитывая психоэмоциональное состояние персонала. В работах отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам выявления причин аварий и ЧС, вызванных ошибками человека, показано, что 98 % аварий и ЧС могут быть предотвратимы [1].

Отметим два известных подхода к системному моделированию сложных социотехнических систем: иерархическая социотехническая структура Расмуссена и системно-теоретическая модель аварий и процессов Левесона. Две системные модели для анализа безопасности и аварий разработаны на основе методов когнитивной системной инженерии: анализ когнитивной надежности и ошибок и функционально-резонансный анализ [2]. По мере понимания причин, при рассмотрении аварий учитываются не только результаты человеческих ошибок, но и неблагоприятные организационные факторы, проводится социологический анализ причин аварий. Структурное представление начинается с основного события, которое спровоцировало аварию, затем анализируются возможные причины и сценарии, приведшие к этому инциденту [2].

Таким образом, в разрабатываемой СППР должно быть предусмотрено два режима функционирования: «повседневная деятельность» и «режим ЧС». Основными задачами СППР в повседневном режиме будут сбор информации об объекте, формирование ситуационных планов действий при угрозе возникновения и ликвидации ЧС, разработка документов для проведения учений и инструктажей. В режиме ЧС – оперативное прогнозирование и оценка обстановки, подача управляющих воздействий на соответствующие приборы. Следовательно, правильно спроектированная и отлаженная система поддержки принятия решений может отследить предпосылки к возникновению производственных проблем и проинформировать персонал о необходимости реагирования или, в случае возникновения чрезвычай-

чайной ситуации, взять контроль за управленческими процессами на себя, полностью исключив человеческий фактор.

Однако при проектировании и обучении системы могут быть учтены не все факторы и процессы, а также по данным сотрудников МЧС до 30 % пострадавших от стрессовых ситуаций субъектов в состоянии трезво оценивать ситуацию и принимать адекватные решения по её устранению. Отсюда возникает потребность дистанционной оценки психического состояния персонала во время ЧС в текущий момент времени и сохранения преимущества управленческих решений персонала.

Навыки и умения, которыми должно обладать лицо принимающее решение (ЛПР), целесообразно разделить на три подмножества [1]:

- 1) подмножество присутствующих у ЛПР навыков и умений, являющихся релевантными предметной области предупреждения и ликвидации ЧС;
- 2) подмножество присутствующих у ЛПР навыков и умений не релевантных предметной области предупреждения и ликвидации ЧС;
- 3) подмножество необходимых для решения задач предупреждения и ликвидации ЧС, но отсутствующих у данного ДЛ навыков и умений.

Классифицировать психические состояния трудно, так как все они связаны, поэтому любая классификация будет носить условный характер. В работах Платонова [3] все психические состояния классифицировались по доминирующим компонентам психической деятельности: эмоциональные, познавательные, волевые, мотивационные. К эмоциональным состояниям относятся чувства, страсти, настроение, эмоции и аффекты. К познавательным – интерес, сосредоточенность, задумчивость, увлеченность. Волевые состояния включают в себя инициативность, решительность, целеустремленность, уверенность, настойчивость. Мотивационные состояния – желания, стремления, намерения. Для анализа физиогномического проявления были выбраны эмоциональные и познавательные состояния.

П. Экман и У. Фризен, изучая сокращения лицевых мышц, пришли к выводу, что существует три типа мимических сигналов [4]:

1. стабильные (цвет кожи, форма и конструкция лица);
2. относительно стабильные (внешний вид кожи, расположение морщин, тонус мышц лица);
3. нестабильные – кратковременные изменения движений мышц лица.

Также ими были выделены пять типов движений [4]:

1. эмблемы (движения, заменяющие слова или фразы),
2. иллюстраторы (движения, сопровождающие вербальные сообщения),
3. экспрессивные речевые знаки (движения, служащие для выражения эмоций),
4. регуляторы беглости коммуникации,
5. адаптеры (движения, сопровождающие потребности человека).

Для анализа мимики человека в физиогномике выделяют три зоны лица сверху вниз [5]: интеллектуальная, эмоциональная, витальная. Интеллектуальная зона включает в себя следующие элементы: лоб, глаза и брови. Эмоциональная включает в себя нос, щеки, скулы. Витальная содержит рот и подбородок. Каждая зона лица содержит группы мимических мышц. В интеллектуальной зоне находятся мышцы лба, надбровные дуги, мышцы век. В эмоциональной – пирамидальные мышцы носа, крылья носа, скулы. Витальную зону составляют губы, подбородок.

Согласно данному представлению лица, можно описать качественные и количественные показатели мимики, которые соответствуют переживаемым персоналом психическим состояниям. В состоянии спокойствия мышцы во всех трех зонах находятся в состоянии общего тонуса организма (норма-тонус), которое фиксируется как исходно представление человеческого лица.

Для автоматического распознавания эмоций широко используются следующие виды нейронных сетей:

- контекстно-зависимая сеть распознавания эмоций (CAER-Net);
- глобально-локальная сеть распознавания эмоций (GLAMOR-Net);
- гибридные модели распознавания эмоций.

Гибридные модели распознавания эмоций работают с множеством биометрических признаков. В разрабатываемой системе желательна идентификация переживаемого психического состояния персонала для точности определения смены соматических реакций на психическое воздействие по следующим данным:

1. Изображение персонала: мимика, жестикуляция
2. Интонация голоса персонала
3. Лексический анализ высказываний персонала

Таким образом анализ психического состояния персонала будет производиться несколькими неинвазивными методами, без активного вмешательства в производственный процесс. Данные о психическом состоянии персонала будут передаваться в СППР для дальнейших действий.

## Литература

1. Щетка В. Ф., Заводсков Г. Н. Модель ошибок должностных лиц при принятии решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 1. С. 106–118.
2. Киван М., Березкин Д. В., Смирнова Е. В. Гибридная методика поддержки принятия решений для управления рисками в сложных социотехнических системах.
3. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2023. № 2 (143). С. 90–110. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2023-2-90-110>.
4. Психология [Текст] : [Учеб. пособие для повышения квалификации инж.-пед. работников] / К. К. Платонов, Г. Г. Голубев. - Москва: Высш. школа, 1977.
5. Алейников С. А., Гофман О. О., Басов О. О. Информационная модель невербальных сигналов акустического и визуального каналов коммуникации, учитывающая индивидуально-психологические особенности профилируемой личности. Экономика. Информатика. 2022. 49(3): 630–640. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-630-640.
6. Равенский Н. Как читать человека. Черты лица, жесты, позы, мимика / Москва. РИПОЛ классик, 2007. – ISBN 978-5-7905-5021-8.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ

*Ю. В. Тыряткин*  
*tyuv.24@uni-dubna.ru*

Общество с ограниченной ответственностью «Технопарк Полимед», Дубна  
Государственный университет Дубна, Дубна

В последние время ИИ стал важной частью разработки видеоигр, способствуя повышению их интерактивности и реализма. Работа фокусируется на методах и алгоритмах ИИ, используемых для создания умных NPC (персонажей, не управляемых игроком), которые могут адаптироваться к действиям пользователя, а также на применении машинного обучения для улучшения качества игрового процесса.

Исследуются алгоритмы для принятия решений и планирования, которые позволяют NPC адекватно реагировать на действия игрока.

Цель работы — изучить, как ИИ влияет на видеоигры, обеспечивая более реалистичный и адаптивный игровой опыт. За последние годы ИИ занял ключевую роль в разработке игр, что значительно влияет на взаимодействие игроков с виртуальными мирами. Исследование охватывает современные алгоритмы и технологии, применяемые для моделирования поведения игровых персонажей, и использование машинного обучения для адаптации уровня сложности и подстройки под стиль игры каждого пользователя.

### Литература

1. Бартов, И. И. Искусственный интеллект в видеоиграх: теория и практика. — Москва: Инфра-М, 2020.
2. Виноградов, С. А. Игры и искусственный интеллект: современный подход. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2019.
3. Громов, А. И., & Сидорова, Н. В. Алгоритмы ИИ для игровых приложений. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2021.
4. Дьяков, В. А. Разработка игр с использованием искусственного интеллекта. — Екатеринбург: УрФУ, 2022.
5. Захаров, П. О. Искусственный интеллект в игровой индустрии. — Краснодар: КубГАУ, 2023.
6. Иванов, А. С. Основы искусственного интеллекта в компьютерных играх. — Казань: Казанский университет, 2020.
7. Клименко, Д. В. Игровой интеллект: от теории к практике. — Челябинск: ЧелГУ, 2021.
8. Лебедев, Ю. Л. Искусственный интеллект: новые горизонты в играх. — Москва: Наука, 2019.
9. Мельников, А. Е. Машинное обучение в разработке игровых AI. — Тюмень: ТюмГУ, 2022.
10. Никифоров, И. В. Искусственный интеллект и виртуальная реальность: зеркало будущего. — Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2023.
11. Орлов, Т. С. Искусственный интеллект в цифровых играх. — Москва: Эксмо, 2021.



12. Петрова, Е. К. Психология игр и искусственный интеллект. – Владивосток: Дальневосточный университет, 2020.
13. Сафонов, К. Ю. Игра и интеллект: подходы и технологии. – Санкт-Петербург: Питер, 2022.
14. Фролов, Д. В. Системы AI для компьютерных игр. – Нижний Новгород: ННГУ, 2021.
15. Шевченко, Р. Г. Искусственный интеллект и его применение в игровой сфере. – Москва: Высшая школа, 2023.

## РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ ВО ФРОНТАЛЬНОЙ И БОКОВОЙ ПРОЕКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

*Е. А. Угольникова*  
*giekoolis@gmail.com*

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения  
Российской академии наук, Новосибирск

Автоматизированная интерпретация рентгенограмм позвоночника на уровне практикующего врача-рентгенолога может дать значительные преимущества во многих медицинских учреждениях, начиная от улучшения расстановки приоритетов, ускорения рабочего процесса и поддержки принятия клинических решений до широкомасштабного скрининга и глобальных инициатив в области общественного здравоохранения.

По построенной трехмерной модели позвоночника можно анализировать искривление в трехмерном пространстве, оценить состояние позвонков и межпозвоночных дисков, моделировать процесс компенсации позвоночника при определенном вмешательстве и изменении, проводить оценку саггитального баланса.

В ходе разработки и реализованы модели глубокого обучения для детекции и сегментации позвонков. Реализовано несколько вариантов работы алгоритма распознавания позвонков на рентгенограммах в боковой проекции: U-Net [1] Spine архитектура для распознавания всех тел позвонков на целом снимке; U-Net Vertebrae архитектура для распознавания тела позвонка на вырезанном из целого снимка изображении; YOLO архитектура [2] для детекции расположения тел позвонков, для дальнейшей обработки моделью U-Net Vertebrae. А также проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВМиМГ СО РАН (проект № 0251-2022-0002).

### Литература

1. Ronneberger Olaf, Fischer Philipp, Brox Thomas. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. 2015. 05. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1505.04597>.
2. Joseph Redmon Santosh Divvala Ross Girshick Ali Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016. 05. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.17270>.
3. VertXNet: Automatic Segmentation and Identification of Lumbar and Cervical Vertebrae from Spinal X-ray Images / Yao Chen, Yuanhan Mo, Aimee Readie, Gregory Ligozio, Thibaud Coroller, and Bartlomiej W. Papiez. 2022. <https://arxiv.org/pdf/2207.05476.pdf>.
4. Automated Spinal Midline Delineation on Biplanar X-Rays Using Mask R-CNN / Yang Zixin, Skalli Wafa, Vergari Claudio, Angelini Elsa D., and Gajny Laurent // VipIMAGE 2019 / ed. by Tavares João Manuel R. S., Natal Jorge Renato Manuel. Cham : Springer International Publishing. 2019. P. 307–316. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32040-932>.

## ПРИЕМЫ И МЕТОДИКИ РАСПОЗНАВАНИЯ КОНТЕНТА, СОЗДАННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д. В. Усиков  
u.dmitriy.d@mail.ru

Московская академия Следственного комитета Российской Федерации им. А. Я. Сухарева, Москва

Широкое распространение различных нейросетей, способных к искусственной генерации высокореалистичного контента (дипфейков) в виде фото, видео- и аудиозаписей или текста, которые доступны для работы пользователям, не обладающим специальными познаниями в области Интернета и компьютерных технологий, привело к тому, что эти инструменты стали использоваться как средство политической борьбы [1] или совершения преступлений [2]. Безусловно, это вызывает необходимость в разработке и совершенствовании приемов и методик распознавания дипфейков.

Конкретные типы дипфейков наиболее эффективно используются для манипулирования в отдельных сферах и отраслях, при этом наряду со специфичными приемами распознавания существуют и общие способы применимые для всего искусственно сгенерированного контента [3]. Если же рассматривать все приемы и методы в целом, то можно выделить два базовых подхода: *технический* – подразумевает исследование технической стороны контента, программной составляющей, кода и его артефактов, метаданных и проч.; *фактологический* – включает в себя исследование всех содержательных аспектов контента, поиск артефактов, негативных признаков, фактчекинга, в т.ч. методами OSINT, анализ источника контента. Далее рассмотрим два указанных подхода:

**Технический подход** применительно к дипфейкам в виде текста, будет заключаться в виде исследования их перплексии – уровня предсказуемости и частотности используемых в тексте слов в общем словаре языка. Известно, что созданный нейросетями текст показывает более низкий уровень перплексии – такой текст лексически разнообразен, построен на простых языковых клише, а также характеризуется более низкой эмоциональной окрашенностью [4]. Анализ осуществляется производством измерений и расчетов специальными программами [5]. При исследовании изображений целесообразно изучение статистики шумов, которые формируют след, специфичный для фотокамер и заметно меняются при редактировании [6]. Аудио дипфейки распознаются через анализ частот [7]. Все перечисленное выше применимо и при исследовании видео, которое позволяет анализировать контент динамически. Также правильным решением будет анализировать исходный код и метаданные файла, в которых сохраняются следы генерации нейросетью [8].

Большим изъяном технологического подхода является то, что в условиях распространения и передачи дипфейков через Интернет он теряет свои преимущества. Так изначально фото может быть заменено идентичным скриншотом, что сделает недоступным для исследования шумы, а метаданные стертые или отредактированы.

**Фактологический подход** во многом устойчив к таким болезням. Так, текстовые дипфейки часто выдают себя фактическими ошибками в содержании – часто спасает элементарная проверка. При исследовании изображения (если оно изначально не выдает себя специфичной стилистикой) необходимо искать видимые артефакты, ошибки генерации. Так известно, что популярные нейросети с трудом воссоздают человеческие пальцы, а также

объекты, которые не являются общеприменимыми, широко распространенными, часто совершают ошибки при создании фона [9]. Также полезным является проверка фото на правильность методами OSINT, внимательное изучение и проверка окружения, предметов и объектов на нём. Видеоконтент дает возможность проявиться всем артефактам в динамике, а следовательно, и более полно их выявить, и проанализировать [10]. Так обращает на себя внимание специфика поведения человека, его мимика, жесты, в том числе такие мелочи как моргание и дыхание. Речь человека в таком случае, как и текст, будет характеризоваться монотонностью, ровным тоном, тембром, однородным темпом. Кроме того, дипфейк не будет содержать «грехи», характерные для людей – оговорки, ошибки, паузы хезитации, покашливания и прочее – дипфейк оказывается куда более нейтральным чем человек, «стерильным» [11]. Не будут отражены соответственно и «грехи» свойственные конкретному человеку в целом или в определенный период (с связи с болезнью или травмой, например). Все это вновь подчеркивает необходимость базового фактчекинга – дипфейк это в первую очередь «фейк» – нужно искать подтверждения представляемым событиям в других источниках, соотносить информацию, анализировать комплексно. Также проверять необходимо не только сам контент, но и его источник, отследить путь распространения.

Минусом фактологического подхода, однако, оказывается его громоздкость – при полноценном проведении исследования разрешение вопроса о том, является ли контент дипфейком становится длительным и ресурсозатратным.

При этом необходимо отметить, что распознавание дипфейков со временем все более осложняется, как в связи с техническим совершенствованием, обучением нейросетей, так и в связи с появлением новых программных продуктов, направленных в том числе на поиск и исправление ошибок нейросетей. Генеративно-состязательные нейросети (GAN) могут как затруднить исследование, так и наоборот, стать практически панацеей, если использовать сам ИИ для распознавания дипфейков [12].

Таким образом можно прийти к выводу, что сколько-нибудь полноценное разрешение вопроса о том, является ли тот или иной контент искусственно сгенерированным невозможно без использования одновременно технического и фактологического подходов. В таком случае анализ некоторого предполагаемого дипфейка или проверка контента на его искусственность должна представлять из себя своеобразное расследование со сбором всесторонней информации из различных источников и последующим её исследованием. При применении такого принципиального подхода к исследованию конечным его результатом будет не только ответ на то является ли некоторый контент искусственно сгенерированным или нет, но и знание о том, сколько сил было вложено в создание дипфейка, кем и какой инструмент для этого использовался, с какой целью и как дипфейк создавался и распространялся.

## Литература

1. Robins-Early N. Disinformation reimaged: how AI could erode democracy in the 2024 US elections / N. Robins-Early. – Текст: электронный // The Guardian : [сайт]. – URL: <https://www.theguardian.com/us-news/2023/jul/19/ai-generated-disinformation-us-elections> (дата обращения: 27.10.2024).

2. Куликов В. Эксперты после инцидента с Ларисой Долиной ждут роста дипфейкмошенничеств / В. Куликов. – Текст: электронный // Российская газета : [сайт]. – URL:

<https://rg.ru/2024/08/14/predlozhenno-razrabotat-sistemu-psihologicheskoy-zashchity-ot-telefonnyh-moshennikov.html> (дата обращения: 27.10.2024).

3. Bansal M. What journalists should know about AI-generated disinformation / M. Bansal. – Текст : электронный // IJNet : [сайт]. URL: <https://ijnnet.org/en/story/what-journalists-should-know-about-ai-generated-disinformation> (дата обращения: 27.10.2024).

4. Tang R., Chuang Y. N., Hu X. The science of detecting llm-generated text // Communications of the ACM. – 2024. Т. 67. №. 4. С. 50–59.

5. Мельников С. Ю., Пересыпкин В. А. Об эволюции языковых моделей и возникающих угрозах их применения в информационно-коммуникационных и социальных системах // XVI Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2023). – 2023. С. 156–159.

6. Rossler A. et al. Faceforensics++: Learning to detect manipulated facial images // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. 2019. С. 1–11.

7. Cannam C., Landone C., Sandler M. Sonic visualiser: An open source application for viewing, analysing, and annotating music audio files // Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia. 2010. С. 1467–1468.

8. Паркин, А. Дипфейки: как определить подделку и обезопасить пользователей от мошенников / А. Паркин. – Текст : непосредственный // Системы безопасности. 2023. № 5. – С. 36–37.

9. Learn to spot fake faces at a glance. – Текст : электронный // Which Face Is Real? : [сайт]. – URL: <https://www.whichfaceisreal.com/learn.html> (дата обращения: 27.10.2024).

10. Сможете ли вы отличить дипфейк от реального фото или видео?. – Текст : электронный // Соль : [сайт]. – URL: <https://salt.press-club.pro/test/smozhete-li-vy-otlichit-dipfejk-ot-realnogo-foto-ili-video-test> (дата обращения: 27.10.2024).

11. Панкратова, И. Онлайн-расследование. Как отличить сгенерированный нейросетью контент от настоящего / И. Панкратова. – Текст : электронный // The Bell. : [сайт]. – URL: <https://thebell.io/onlayn-rassledovanie-kak-otlichit-sgenerirovannyyu-neyrosetyu-kontent-ot-nastoyashchego> (дата обращения: 27.10.2024).

12. Генеративно-сопоставительные сети (GAN). – Текст : электронный // "Учебник по машинному обучению" Яндекс Образование : [сайт]. – URL: <https://www.whichfaceisreal.com/learn.html> (дата обращения: 27.10.2024).

## **ИНТЕГРАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И АНАЛИЗАТОРА ПМРА-IV И СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*А. И. Хамидуллин*  
*khamidullin23444@gmail.com*

Казанский государственный энергетический университет, Казань

В ходе работы над программно-аппаратным комплексом, состоящим из нескольких звеньев: гусеничный робот, робот-манипулятор и анализатор ПМРА-IV скважинной жидкости [1], – приходится сталкиваться с различными трудностями по интеграции каждого из элементов комплекса.

Проводится глубокая модернизация главного управляющего устройства для полного функционирования всех элементов и программных частей программно-аппаратного комплекса. Переход от микроконтроллеров Arduino к микрокомпьютерам Orange Pi на базе процессоров ARM заметно увеличили производительность и общие функциональные возможности по интеграции всех устройств в единый управляемый комплекс [2].

Система управления и диспетчеризации мобильным колесным роботом проходит этап дополнения новым функционалом для управления и контроля показателей робота-манипулятора и анализатора ПМРА-IV скважинной жидкости. Модернизация аппаратной платформы сделала возможным перенос системы управления роботом с внешнего сервера на программную платформу робота.

Поставлены дальнейшие цели по модернизации и интеграции нового оборудования для технического зрения с использованием технологий OpenCV, искусственного интеллекта и обнаружения объектов для передвижения программно-аппаратного комплекса в открытых пространствах [3].

### **Литература**

1. Kashaev R. S., Ahn Nguen Duc, Kozelkova V. O., Kozelkov O. V., Dudkin V. V. Online Multiphase Flow Measurement of Crude Oil Properties Using Nuclear(Proton) Magnetic Resonance Automated Measurement Complex for Energy Safety at Smart Oil Deposits. *Energies*. 2023; 16(3):1080. <https://doi.org/10.3390/en16031080> с. 1603-1080.
2. Хамидуллин А. И. Интеллектуальная система управления мобильным колесным роботом : магистерская диссертация / Хамидуллин Адель Ильсурович; науч. рук. П. А. Лазарева ; КНИТУ-КАИ. – Казань, 2023. С. 83.
3. Мирошник И. В., Шалаев А. Н. Управление траекторным движением автономных роботов // Научно-технический вестник СПб ГИТМО. Информационные, вычислительные и управляющие системы. 2002. № 6. С. 237.

## **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ОГРАНИЧИТЕЛЯМИ**

*Д. Л. Хапкин, А. М. Максименко*  
*dima-hapkin@ya.ru*

Тульский государственный университет, Тула

В работе предложен метод синтеза нейросетевых систем управления для нелинейных объектов. Рассматриваются замкнутые следящие системы с отрицательной обратной связью. Для регулирования систем рекомендуется использовать искусственные нейронные сети, последовательно включенные с объектом управления.

Одним из основных преимуществ применения искусственных нейронных сетей в системах автоматического управления является возможность обучения, что позволяет создавать качественные регуляторы при отсутствии точных математических моделей объекта управления. Кроме того, возможна адаптация к изменяющимся характеристикам окружающей среды.

Тем не менее, несмотря на многочисленные преимущества, использование нейронных сетей в системах автоматического управления может порождать определенные проблемы. Одним из ограничений использования таких контроллеров является отсутствие гарантии устойчивости в изменяющихся условиях работы. Хотя тестирование системы управления [1], [2] может выявить некоторые ошибки, но не гарантирует их отсутствие. Для преодоления этой проблемы необходима разработка теоретических методов, обеспечивающих выполнение предъявляемых требований.

Одним из основных свойств систем автоматического управления является их устойчивость. Она может быть обеспечена с помощью применения прямого метода Ляпунова, который требует формирования функции Ляпунова. В ряде работ с использованием этого подхода синтезирована устойчивая замкнутая нейросетевая система управления [3]–[6]. Однако, в них рассматриваются объекты с гладкими нелинейностями для автономного режима работы. В докладе предлагается методика синтеза следящей системы на основе нейросетевого регулятора для управления нелинейными объектами, в том числе с ограничителями. Также формируется функция Ляпунова, гарантирующая устойчивость замкнутого контура. Важно отметить, что рассматривается именно система слежения, а не автономная система. В качестве объектов управления анализируются перевернутый маятник и силовой гидропривод с объемным управлением.

Предложенный метод может быть распространен на более сложные объекты управления, включая различные элементы робототехнической системы и работа в целом. Подход предполагает обучение с учителем для формирования нейроимитатора и обучение с подкреплением для формирования нейрорегулятора и функции Ляпунова. Устойчивость полученной системы в пределах заданного ограниченного фазового пространства подтверждается с помощью решения задачи целочисленного программирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме FEWG-2022-0003.

### Литература

1. Differentiable Convex Optimization Layers / A. Agrawal [и др.] // Proceedings of 33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019). – Vancouver, Canada, 2019.

2. Verification of Binarized Neural Networks via Inter-neuron Factoring / C.-H. Cheng [и др.] // Proceedings of Verified Software. Theories, Tools, and Experiments : Lecture Notes in Computer Science / ред. R. Piskac, P. Rümmer. – Cham: Springer International Publishing, 2018. С. 279–290.

3. Khapkin D. L. Study of neural network control stability based on mixed linear integer programming / D. L. Khapkin, S. V. Feofilov, A. V. Kozyr // Proceedings of 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – Lipetsk: IEEE, 2022. С. 326–329.

4. Counter-example guided synthesis of neural network Lyapunov functions for piecewise linear systems / H. Dai [и др.] // Proceedings of 59th IEEE Conference on Decision and Control (CDC). 2020.

5. Lyapunov-stable neural-network control / H. Dai [и др.] // arXiv: Robotics. 2021.

6. Learning Lyapunov Functions for Hybrid Systems / S. Chen [и др.] // Proceedings of 55th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS). – Baltimore, MD, USA: IEEE, 2021. С. 1-1.



## РАЗРАБОТКА ВОДНОГО ДРОНА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ КУРСА НА ОБЪЕКТ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БОРТОВОЙ КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОПРОЦЕССОРНОГО МОДУЛЯ

*М. В. Хисамутдинов*  
*L-V-P@yandex.ru*

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных и управляющих систем,  
Таганрог

В работе представлен проект, который автор выполнил самостоятельно в инициативном порядке, направленный на разработку демонстрационного малогабаритного плавательного средства ДМПС (водного дрона). Данный проект является продолжением работы автора по автоматизированной съемке ИСЗ (объект управления в данной задаче не поворотная установка оптической системы, а ДМПС), представленный ранее на школе-семинаре НЦФМ [1].

Управление курсом дрона осуществляется с использованием сервомашинки, которая поворачивает рулевое перо, а вращение гребного винта с использованием бесколлекторного двигателя, который управляется esc-регулятором. Сигналы управления формирует одноплатный нейропроцессорный модуль на базе rock5b на выводах GPIO с использованием цифровой камеры (выходной сигнал трехканальный 8Мп 30Гц) как датчика обратной связи при автоматической установке курса. Оператор может дистанционно управлять дроном и получать цифровой видеосигнал с использованием wifi сети, а также дистанционно производить запуск алгоритма автоматической установкой курса на объект, для выделения которого обучена искусственная нейронная сеть (ИНС) и подготовлен файл весов tknp для реализации вывода нейропроцессорного модуля в реальном времени. Для повышения производительности вывода ИНС и использования всех нейро-ядер используется механизм пула потоков, а также разбиение области анализа на три подобласти для попиксельного анализа всеми доступными нейроядрами.

В процессе тестирования водного дрона на море выявлено значительное влияние волнения на крен судна что вызывает срывы сопровождения объекта. В этой связи оперативно продолжен, разработан и апробирован метод стабилизации видеопотока на основе данных с бортового акселерометра и магнитометра. Стабилизатор видеопотока позволяет минимизировать влияние волнения воды и компенсирует крен и тангаж водного дрона за счет смещений и поворота кадра видеопоследовательности в реальном времени. Для работы в режиме реального времени использован встроенный видеоускоритель Mali-G610 одноплатного нейропроцессорного модуля. На рисунке 1 представлен пример компенсации значительного крена на видеокadre (~30 градусов):

Основные функции и параметры водного дрона, внешний вид водного дрона представлен на рисунке 2:

- макет системы ДМПС состоит из трех узлов, управляющий ПК (ноутбук), водный дрон на базе rock5b и стандартный wi-fi роутер 2,4 ГГц;

- связь наземного управляющего ноутбука с дроном посредством wi-fi передачи, дистанция между узлами ДМПС не более 50 м в условиях хорошей радиовидимости;

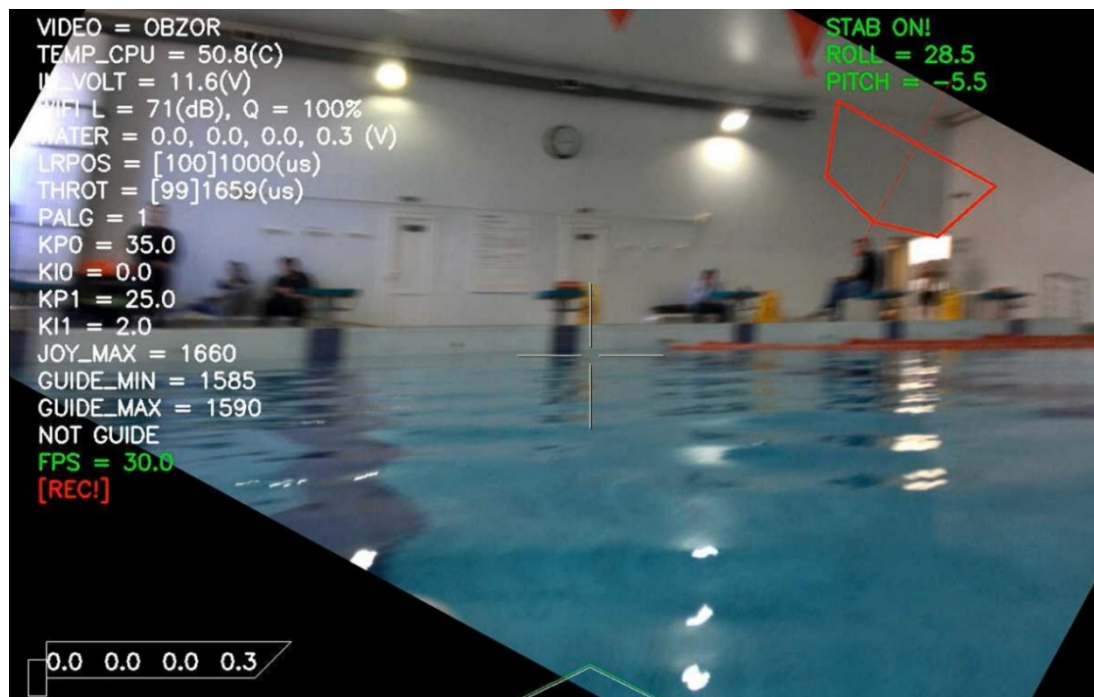


Рис. 1. Компенсация крена на видеокадре на основе данных бортового акселерометра/магнитометра

- передача трехканального видеосигнала с водного дрона на ПК разрешением 1280×768, сжатие покадровый MJPG протокол UDP, трафик 10 мбит/с;
- наложение телеметрической информации на передаваемый видеосигнал: о температуре вычислителя, состоянии бортовой сети, уровне приема Wi-Fi сигнала, уровне воды в 4-х отсеках водного дрона, текущего fps обработки видеоданных, крене и тангаже дрона, вывод сигнализирующих сообщений в случае достижения критических значений данных показателей;
- переключение между обзорным и узкоугольным каналом видеосигнала водного дрона, обзорный канал 75×59 градусов, узкоугольный канал 25×21 градус;
- ручное управление водным дроном с использованием джойстика на ПК;
- возможность удаленной настройки параметров курсового PI-регулятора;
- возможность удаленной настройки алгоритма управления тяговым двигателем и граничных значений его скоростей;
- возможность удаленного включения/отключения нейродетектора;
- возможность обновления матрицы весов нейродетектора на бортовом вычислителе для выделения требуемых объектов;
- возможность удаленного ручного корреляционного захвата заданной области изображения (ROI);
- удержание и преследование выбранного объекта водным дроном;
- возможность удаленного включения/отключения стабилизатора видеопотока.



Рис. 2 Внешний вид водного дрона

Дальнейшая работа может быть направлена на доработку дальнобойного канала радиосвязи (исключения wi-fi средств связи из системы), для передачи аналогового видеосигнала с водного дрона и управляющего цифрового сигнала с ПК с небольшой пропускной способностью (~кбит/с) на дистанциях более 50 м. Возможно также использование данной системы на катамаранах/тримаранах с соответствующей доработкой управления двигателями в случае безрулевых водных дронов (управление двумя ходовыми двигателями для поворота).

### Литература

1. Хисамутдинов М. В. Программно-аппаратный комплекс управления поворотной установкой, получения качественных изображений и идентификации объектов в реальном времени с использованием нейропроцессоров / М. В. Хисамутдинов [Текст] // II Всероссийская школа-семинар Национального центра физики и математики для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Центр исследования архитектур суперкомпьютеров». – г. Саров., 2024. С. 60–61.

## ПРЕИМУЩЕСТВА МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ В ПРЕДСКАЗАНИИ ЦЕН АКТИВОВ

*К. Ю. Хубиев, М. Е. Семенов*  
*kasymkhankhubievnis@gmail.com, [semenov.me@talantiuspech.ru](mailto:semenov.me@talantiuspech.ru)*

Научно-технологический университет «Сириус», Сочи

Традиционные методы предсказания цен активов основываются на анализе числовых данных, таких как исторические временные ряды цен и торговых объемов, что ограничивает точность предсказания. Мультимодальный подход охватывает две модальности: текст и числа. Мультимодальность позволяет анализировать данные разных модальностей одновременно, чтобы улучшить качество предсказания цены. Существующие исследования [1–3] применяют лишь оценку тональности новостей как дополнительный параметр. В нашем исследовании мы применяем векторное представление новостей, чтобы извлечь ценную для предсказания информацию. В данной работе мы рассматриваем российский фондовый рынок: исторические цены активов, торгуемых на Московской бирже, новостной поток соответственно целевым активам.

Мы собрали новостные статьи из федеральных СМИ, социальных сетей и тематических форумов. Мы использовали следующие модели: LinReg (линейная регрессия), KNN (к-ближайших соседей), DT (решающее дерево), RF (случайный лес), XGBoost (бустинговый алгоритм), LSTM (рекуррентная модель долгой и короткой памяти). Исторические свечные данные активов были скачаны с помощью API Московской биржи за период с 7 июля 2022 года по 7 июня 2024 года. Данный период соответствует стабилизации и роста рынка. Новостные статьи переводились в векторное представление с помощью TF-IDF векторизатора. Дублирующие новости фильтровались в режиме one-shot следующим образом: конкатенированные векторные представления статей подавались в MLP с 11 скрытыми слоями, на выходе получаем число: 1 – дублирующие новости, 0 – иначе. Точность фильтрации дубликатов 98 %.

Таблица 1

Таблица коэффициента Шарпа и оборота кумулятивных доходностей торговых стратегий

Стратегия	Коэффициент Шарпа	Оборот
Buy & Hold	1,71	0,00
Mean Reversion	2,53	1,36
Random Forest	4,49	1,33
LSTM + Text	7,69	1,35

Эксперимент проходил в два этапа: сначала модели обучались предсказывать цены на основе только временных рядов, далее модели обучались предсказывать цены на временных рядах и векторах новостей. Модели KNN, DT, RF и XGBoost продемонстрировали свою не-

эффективность на стадии роста рынка при обучении на ценах закрытия, так как реальные цены актива выходили за пределы максимальных значений цен, используемых при обучении, выходя на плато. Эта проблема эффективно решается при переходе от цен к значению относительного прироста цен. На основе предсказанных векторов относительных приростов были построены алгоритмические стратегии: Buy & Hold – консервативная стратегия покупки и удержание индекса Московской биржи.

В результате мы продемонстрировали, что модели, учитывающие две модальности, предсказывают лучше, чем только на временных рядах. Торговые стратегии, построенные на предсказании моделей, учитывающих новостной поток, превзошли по доходности индекс московской биржи, и получили лучшее качество в сравнении с классической стратегией Mean Reversion по метрикам: коэффициент Шарпа и оборот портфеля.

### Литература

1. Mishev K., Gjorgjevikj A., Vodenska I., Chitkushev L., Trajanov D. Evaluation of sentiment analysis in finance: from lexicons to transformers. // IEEE access. 2020. V. 8. P. 131662–131682.
2. Ho Trang-Thi, Huang Yennun. Stock price movement prediction using sentiment analysis and CandleStick chart representation. // Sensors. 2021. V. 21, N 23. P. 7957.
3. Куликова Т. Д., Ковтун Е. Ю., Буденный С. А. Получаем ли мы пользу от категоризации потока новостей в задаче прогнозирования цен акций? // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. 2023. Т. 514, № 2. С. 385–394.

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ ПО ПОКАЗАНИЯМ СПЕКТРОМЕТРА БОННЕРА

*К. А. Чижов*<sup>1,2</sup>, *А. А. Белый*<sup>2</sup>, *М. Д. Стариковская*<sup>2</sup>  
*kchizhov@jinr.ru*

<sup>1</sup> Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова, Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

<sup>2</sup> Государственный университет «Дубна», Дубна

Восстановление энергетического спектра нейтронов по результатам измерений многошаровым спектрометром Боннера [1] является некорректно поставленной обратной задачей и требует специальных методов решения. В работе представлен метод восстановления спектра с помощью регрессионной модели алгоритма машинного обучения «случайный лес». Модель была обучена на базе данных, состоящей из 251 спектра для различных энергетических установок [2]. В качестве входных признаков модели были использованы показания спектрометра для восьми шаров замедлителя и категориальный признак «тип спектра», описывающий на какой энергетической установке и в каких условиях спектр был получен. Для обеспечения условия гладкости искомый спектр был представлен в виде разложения по базису из 100 полиномов Лежандра [3]. Для повышения качества работы алгоритма были оптимизированы 4 гиперпараметра: число деревьев в лесу; максимальная глубина дерева; минимальное число объектов для расщепления; ограничение на число объектов в листьях. Показано, что наибольшее влияние на качество работы алгоритма оказывает гиперпараметр «ограничение на число объектов в листьях». Влияние ошибки в исходных данных на спектр и получаемую по нему мощность дозы было оценено методом Монте-Карло по  $10^3$  случайным розыгрышам. На тестовой выборке показано, что восстановленные спектры по характеру близки к исходным, и имеют с ними высокую корреляцию, равную 0,78. Ошибка рассчитанной по исходным и восстановленным спектрам мощности эффективной дозы для изотропного облучения не превышает 44 %. Обучение модели и расчёты были проведены на Многофункциональном информационно-вычислительном комплексе ОИЯИ. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124092700007-4 «Применение объяснительного искусственного интеллекта для интерпретации алгоритмов машинного обучения»).

### Литература

1. Richard, L., Bramblett., Ronald, I., Ewing., T., Bonner W. A new type of neutron spectrometer // Nuclear Instruments and Methods. 1960. V. 9(1). P. 1–12. doi: 10.1016/0029-554X(60)90043-4.
2. Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes, 403 // Vienna: International Atomic Energy Agency. 2001. ISBN 92-0-102201-8.
3. Chizhov K, Beskrovnaya L, Chizhov A. Neutron spectra unfolding from Bonner spectrometer readings by the regularization method using the Legendre polynomials // Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei 2024. 55(3). P. 532–534–

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ НАНАЙСКОГО ЯЗЫКА: РАЗРАБОТКА ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА

*С. В. Шафеев*  
*[res-con@yandex.ru](mailto:res-con@yandex.ru)*

Институт педагогики и психологии Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, Комсомольск-на-Амуре

В условиях глобализации языки коренных малочисленных народов, такие как нанайский язык, находятся под угрозой исчезновения. Цель данного исследования – разработка голосового помощника, говорящего на нанайском языке, чтобы поддержать его популяризацию и изучение среди молодёжи. Проект нацелен на интеграцию нанайского языка в цифровую среду и основывается на применении искусственного интеллекта (ИИ) и технологий машинного обучения.

Процесс цифровизации языковой среды включает в себя создание параллельных текстовых корпусов для автоматического перевода, оцифровку архивных материалов и разработку мультимедийного контента для повышения интереса к языку. Проект поддерживает федеральные инициативы и цели ЮНЕСКО по сохранению языков коренных народов. Предварительный анализ показывает, что цифровые технологии могут значительно способствовать поддержке и развитию малочисленных языков (Новожилов, 2022; Зайцева, 2022). Голосовой помощник будет внедрён в образовательный процесс, содействуя культурному обмену и взаимодействию носителей языка.

В исследовании также учитываются современные достижения в области машинного перевода и обработки естественного языка, позволяющие автоматизировать перевод текстов и улучшать качество распознавания речи (Шурманова, Сергеева, 2023; Яблокова, Калитина, Брит, 2022). Таким образом, проект способствует сохранению нанайского языка и созданию цифровой языковой среды, что соответствует задачам федеральной инновационной площадки «Развитие языков коренных малочисленных народов Приамурья».

### Литература

1. Зайцева В. П. Цифровые технологии в языковом образовании: краткий обзор и перспективы // Педагогика и образование: вызовы и перспективы: электронный сборник статей по материалам внутривузовской научно-практической конференции для преподавателей и обучающихся в рамках проводимых в университете Дней российской науки, Чебоксары, 2022. С. 75–78. DOI: 10.47813/dnit-III.2024.11.003.
2. Яблокова, А. А., Калитина, В. В., Брит, А. А. Цифровое историко-культурное наследие: к вопросу о применении искусственного интеллекта // III Всероссийская научная конференция с международным участием «Достижения науки и технологий, культурные инициативы и устойчивое развитие ДНиТ-III-2024». Красноярск, 2024. УДК 379.822. EDN DWNQСX. DOI: 10.47813/dnit-III.2024.11.003.
3. Новожилов А. Г. Сохранение языков коренных малочисленных народов в условиях глобализации (опыт Северо-Запада России) // Русин. 2022. № 67.
4. Шурманова А. А., Сергеева Н. А. Искусственный интеллект и коренные малочисленные народы: приложения по сохранению национальных языков // Социология искусственного интеллекта. 2023. Т. 4, № 2. С. 73–85.

## БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ: ПРИМЕНЕНИЕ ГОМОМОРФНОГО ШИФРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*К. Д. Шанькин*  
*mr.shanckin@yandex.ru*

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара

В условиях стремительного развития машинного обучения и возрастающей важности защиты персональных данных, гомоморфное шифрование (ГШ) предстает как перспективное решение для обеспечения безопасности информации. «Гомоморфное шифрование — алгоритм, который позволяет производить математические операции над зашифрованными данными и получать тот же результат (после дешифровки), что и в случае проведения операций с открытыми данными» (1). Это позволяет обрабатывать конфиденциальные данные без их расшифровки, что критически важно для многих отраслей, таких как медицина и финансы. В частности, унификация методов защиты данных в этих сферах становится особенно актуальной, учитывая специфику и чувствительность обрабатываемых данных.

Различные типы гомоморфного шифрования, такие как частичное, ограниченное и полное, предлагают различные возможности для выполнения операций над зашифрованными данными (1). «Идея гомоморфного шифрования была предложена... в далеком 1978 году» (1), однако создание алгоритма полного гомоморфного шифрования произошло лишь в 2009 году (1). Это подчеркивает сложность разработки и реализации эффективных алгоритмов ГШ. В настоящее время активно ведутся исследования по улучшению производительности и расширению функциональности существующих алгоритмов, что может существенно повысить производительность вычислений и снизить время обработки данных.

Преимущества использования ГШ в машинном обучении очевидны. «Использование гомоморфного шифрования защищает конфиденциальность данных, позволяя компаниям использовать машинное обучение, не рискуя утечкой личной информации» (4). Это особенно актуально для облачных вычислений, где данные хранятся на внешних серверах (2). ГШ позволяет проводить анализ данных, сохраняя их зашифрованными, что обеспечивает дополнительный уровень защиты от несанкционированного доступа. Более того, «хранение данных, защищенных гомоморфным шифрованием в облаке, практически не создает риска утечки — отсутствие ключа делает бессмысленным похищение данных» (1). Это дает возможность предприятиям самим контролировать уровень защиты, а также обременять поставщиков облачных услуг дополнительными требованиями к безопасности.

Применение ГШ уже находит свое применение в различных областях, таких как здравоохранение и финансы (3). В медицине, например, это позволяет анализировать медицинские данные пациентов без раскрытия их личной информации (4). В финансовом секторе ГШ обеспечивает конфиденциальность при проведении сложных аналитических операций, таких как оценка рисков и прогнозирование. Однако, широкое внедрение ГШ сдерживается рядом факторов. Компании часто сталкиваются с необходимостью обновления своих ИТ-структур и обучением сотрудников, что требует дополнительных ресурсов и времени.

Несмотря на значительные преимущества, практическое применение гомоморфного шифрования (ГШ) сталкивается с трудностями. «В настоящее время использование разрабо-



танных алгоритмов требует слишком больших временных затрат» (1). Это связано с тем, что алгоритмы полного гомоморфного шифрования требуют выполнения множества сложных математических операций, что увеличивает общее время обработки данных. Например, операции умножения и сложения над зашифрованными данными могут потребовать в десятки раз больше ресурсов по сравнению с аналогичными действиями над незашифрованной информацией.

Высокая вычислительная сложность алгоритмов ГШ является одним из основных препятствий для их широкого распространения. Эта сложность усугубляется также необходимостью повторной обработки больших объемов данных, поскольку такие алгоритмы могут не поддерживать параллельную обработку, что увеличивает временные задержки. В этом контексте значительное количество вычислительных операций зависит от длины ключа и структуры данных, что может приводить к проблемам в реальном времени, особенно в приложениях, где требуется мгновенная обработка, таких как онлайн-банкинг или системы медицинской диагностики.

Также существуют проблемы, связанные с управлением ключами и необходимостью стандартизации (4). Сложная механика генерации, хранения и распределения криптографических ключей может стать серьезным препятствием для внедрения ГШ на практике. Например, если ключи не будут надежно защищены, вся система шифрования может оказаться под угрозой, что, в свою очередь, требует дополнительных мер безопасности. Отсутствие унифицированных стандартов затрудняет интеграцию ГШ с существующими системами и создает дополнительные сложности для разработчиков и исследователей.

Однако развитие вычислительных мощностей и совершенствование алгоритмов ГШ постепенно нивелируют эти ограничения. Новые технологии, такие как квантовые вычисления, имеют потенциал значительно ускорить обработку данных. В конечном счете, адаптация технологий и повышение вычислительных мощностей позволят избавиться от старых узких мест и получить максимально эффективный инструмент для защиты данных. Это даст возможность использовать ГШ более широко в различных областях, таких как финансы, медицина и облачные вычисления, и обеспечит полноценную защиту конфиденциальной информации.

В заключение гомоморфное шифрование представляет собой перспективный подход к обеспечению безопасности данных в машинном обучении. Несмотря на существующие вызовы, «развитие вычислительных мощностей и теоретической базы позволяет говорить о перспективности данного направления» (3). Дальнейшие исследования и разработки в этой области позволят сделать ГШ более эффективным и доступным, обеспечивая надежную защиту конфиденциальной информации в условиях растущих угроз кибербезопасности. Gartner прогнозирует рост инвестиций в проекты, включающие полностью гомоморфное шифрование (4). Это не только улучшит защиту персональных данных, но и повысит доверие пользователей к системам, активно использующим алгоритмы машинного обучения для принятия решений.

## Литература

1. Есаков, П. Гомоморфное шифрование. В паре лет от массового внедрения [Электронный ресурс] // PLUS World. 2023. Режим доступа: <https://plusworld.ru/journal/2023/plus->

10-2023/gomomorfnoe-shifrovaniye-v-pare-let-ot-massovogo-vnedreniya/ (дата обращения: 25 октября 2024).

2. Астахова Л. В., Султанов Д. Р., Ашихмин Н. А. Защита облачной базы персональных данных с использованием гомоморфного шифрования // Современные технологии и инновации в науке и образовании. 2016. № 3. С. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-oblachnoy-bazy-personalnyh-dannyh-s-ispolzovaniem-gomomorfnoy-shifrovaniya>.

3. Гомоморфное шифрование [Электронный ресурс] // QApp. – Режим доступа: <https://qapp.tech/help/homomorphic-encryption> (дата обращения: 25 октября 2024).

4. Homomorphic encryption: как проводить анализ данных или обучать ИИ, сохраняя конфиденциальность данных [Электронный ресурс] // Компьютерра. 2024. 03 июля. Режим доступа: <https://www.computerra.ru/299092/homomorphic-encryption-kak-provodit-analiz-dannyh-ili-obuchat-ii-sohranyaya-konfidentsialnost-dannyh/> (дата обращения: 25 октября 2024).

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ ДОЛГОВЫХ ЦЕННЫХ БУМАГ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Д. М. Эркенова, А. В. Санджиева*  
*erkenovaj@gmail.com*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва  
Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,  
Санкт-Петербург

В данной работе в качестве объекта исследования выступают индикативные цены облигаций, представленные в наборе данных. В качестве предмета исследования выступает моделирование цен облигаций в условиях экономической нестабильности.

Цель данной работы заключается в использовании техник и алгоритмов машинного обучения для разработки метода своевременного предсказания цен на облигации, используя данные, которые будут получены в определенный момент времени. В этой работе имеющиеся данные эффективно использованы посредством тщательного исследования моделей машинного обучения и их комбинации с методами анализа временных рядов.

Практическая значимость работы обосновывается тем, что справедливая стоимость облигации позволит инвесторам сделать вывод о том, при какой процентной ставке приобретение ценной бумаги будет выгодно. В работе рассматривается и прогнозируется инвестиционный портфель, состоящий из шести облигаций разных секторов.

Подробно был изучен рынок облигаций за два года, было изучено влияние политической и экономической ситуации на рассматриваемый показатель. В рамках данного анализа стало известно, что наиболее интересными для инвесторов являются облигации банковского сектора, но они же являются и наиболее рисковыми. Было выявлено, что ОФЗ выпускаются в большем объеме в период экономической нестабильности с целью восполнения дефицита бюджета. А также стало известно, что облигации нефтегазового сектора имеют довольно стабильный характер.

Сложность заключалась в представлении универсальных критериев, которые возможно посчитать для всех моделей, и которые дадут одинаковый объем информации о них. В качестве такого критерия было взято сравнение СКО построенной модели с СКО тривиальной модели, выбранная модель далее проверяется на адекватность критерием Фишера, после чего рассчитывался коэффициент детерминации, чтобы оценить, насколько хорошо модель описывает временной ряд.

Были проведены анализ и предобработка данных, методами корреляционного анализа и взаимной информации были отобраны факторы для дальнейшего моделирования. Были сравнены факторы для всех временных рядов и составлен набор факторов, которые следует рассматривать при моделировании прироста стоимости облигаций. В этот набор вошли следующие факторы: доходность к погашению, g-спред, индекс корпоративных облигаций, ключевая ставка РФ, уровень инфляции, уровень безработицы, курса доллара к рублю, рублевая кривая доходности, объем корпоративных облигаций России.

Цель работы также была достигнута, суммарно было построено по 12 моделей для каждого из 6 рассматриваемых временных рядов. Были рассмотрены как однофакторные,

так и многофакторные модели. Важной характеристикой моделей является переобучение на каждом шаге, то есть для каждого следующего предсказываемого значения обучающая выборка увеличивалась на одно.

Исходя из проделанной работы был значительно сокращен объем рассматриваемых факторов и моделей для прогнозирования цены облигаций. Было так же выявлено, что прогнозирование методами машинного обучения для получения значений лучше, чем в тривиальной модели, возможно. Однако не удалось выявить универсальную модель прогнозирования цен облигаций, также не удалось подобрать универсальные факторы для многофакторного моделирования.

В целом, результаты работы положительные и могут быть использованы инвесторами при оценке рисков инвестиционного портфеля.

### Литература

1. Габбасова Л. Б Мирзагалямов Б. Б. Экономическое поведение банков в условиях финансовой нестабильности // Вестник экономики, права и социологии – Казань, 2016.
2. Методика определения стоимости рублевых облигаций /Национальный расчетный депозитарий [Электронный ресурс]. [https://www.nsd.ru/upload/docs/info/cc/Methodika\\_opredeleniya\\_stoimosti\\_rublevyh\\_obligacij.pdf](https://www.nsd.ru/upload/docs/info/cc/Methodika_opredeleniya_stoimosti_rublevyh_obligacij.pdf) (дата обращения: 23.03.2023).
3. На рынке рублевых облигаций начался кризис / РБК [Электронный ресурс]. - Ресурс доступа: <https://www.rbc.ru/finances/18/11/2014/546a0546cbb20f48c6a1135e> (дата обращения: 25.03.2023).
4. Облигации банков / Fin-plan [Электронный ресурс]. - <https://fin-plan.org/blog/investitsii/obligatsii-bankov/> (дата обращения: 26.03.2023).
5. Странности и аномалии на Мосбирже: как санкции изменили рынок / РБК Инвестиции [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <https://quote.rbc.ru/news/article/62fcc3bc9a794739ac92fa06> (дата обращения: 25.03.2023).
6. Лахно Ю. В. Рынок облигаций российских нефтегазовых компаний //Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – Москва, 2014.
7. Albulescu C. T. Bank financial stability and international oil prices: Evidence from listed. – Timisoara, Romania, 2022.
8. Cbonds [Электронный ресурс]. [cbonds.ru](https://cbonds.ru) (дата обращения: 25.03.2023)
9. Breiman L. Bagging predictors // Machine Learning. 1996. 24. P. 123–140.
10. Tiago Alexandre Rodrigues de Sousa Vieira Sovereign bonds markets forecasting using machine learning // Universidade Nova de Lisboa – 2020.
11. Usage of machine learning in time-series forecasting / Code IT [Электронный ресурс]. <https://codeit.us/blog/machine-learning-time-series-forecasting> (дата обращения: 17.05.2023).

## ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ ДАТЧИКОВ И СИСТЕМ НЕЙРОПРОТЕЗИРОВАНИЯ

*А. Д. Яким*  
*adsled@yandex.ru*

Московская академия Следственного комитета Российской Федерации им. А. Я. Сухарева, Москва

Одна из целей научного прогресса заключается в помощи людям, лишенным нормальной работы отдельных органов и частей тела. Это является одним из важных направлений развития современной медицины. Примером использования современных технологий для решения данной проблемы являются нейронные протезы – устройства, необходимые для людей с физически ограниченными возможностями, способные заменить двигательную, сенсорную или когнитивную модальность, которая могла быть повреждена в результате травмы или заболевания. Может иметь место и обратный процесс, когда роботам придают схожесть с живыми существами (бионика) или даже оснащают их отдельными органами, взятыми от живых существ или аналогичными тем, что есть у живых существ (выращенная в лабораториях кожа, например). Вместе с тем указанные технические процессы не урегулированы должным образом с юридической точки зрения.

Сегодня рынок нейропротезирования сегментирован по типу устройств (выходное нейронное протезирование и входное нейронное протезирование), методу стимуляции (стимуляция спинного мозга, глубокая стимуляция мозга, стимуляция блуждающего нерва и другие методы) и применению (болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера, эпилепсия, нарушение слуховой обработки, офтальмология, расстройства и др.). Искусственные конечности (биопротезы), управляемые искусственным интеллектом, способны самостоятельно оценивать окружающую обстановку и предугадывать намерения своего хозяина. Ученые из Массачусетского технологического института провели первую в своем роде серию испытаний кибернетических протезов, подключаемых к нервной системе человека, что дает возможность носителю управлять искусственной конечностью почти так же, как и живой частью тела (Nature Medicine). Соединить электронное устройство с нервами человека стало возможно благодаря новой операции под названием агонист–антагонистический мионевральный интерфейс. Его суть заключается в повторном соединении мышц в остаточной конечности с бионическим протезом. Электрические сигналы от центральной нервной системы, которые передают инструкции для движения, могут обнаруживаться электродами в искусственной ноге.

На первый взгляд, информационно коммуникационные технологии не вызывают этических проблем, но, хотя имплантируемые устройства могут быть использованы для восстановления способностей организма, ими также могут злоупотреблять, в особенности, когда такие средства являются доступными для цифровых сетей. Некоторыми людьми такие устройства рассматриваются как угроза для человеческого достоинства и неприкосновенности человеческого тела, а для других – как средство восстановления поврежденных человеческих возможностей.

Таким образом, в свете развивающейся практики имплантации чипов в человеческое тело, как бы сильно не требовалось человеку вживание нейронных технологий, стоит позаботиться о правах и безопасности личности. Ведь главная конституционная обязанность государства – признавать, соблюдать и защищать конституционные права и свободы человека и гражданина.

### Литература

1. Конституция Российской Федерации: принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г. (с изм. от 30 декабря с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6 –ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11- ФКЗ) // Собрание законодательства РФ. 2014. N 31. Ст. 4398.

2. Хартия основных прав Европейского союза. Ницца, 7 декабря 2000 год.

3. Конвенции по правам человека и биометрии Совета Европы, «Этические аспекты имплантации средств информационно-коммуникационных технологий в тело человека». Амстердам, 1997.

4. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (ред. от 03.08.2018 г.) // Собрание законодательства РФ. 2011. N 32. Ст. 5116.

5. Федеральный закон от 20.05.2002 N 54-ФЗ «О временном запрете на клонирование человека» (ред. от 29.03.2010 г.) // Собрание законодательства РФ. 2002. N 21. Ст. 1917.

6. Доклад Европейской Комиссии «Этические аспекты имплантации средств информационно-коммуникационных технологий в тело человека», Амстердам, 21 декабря 2004 года.

7. Сундиев И., Фролов А. Выбор сингулярности // Экономические стратегии. 2017. № 4. С. 180–193.

**II ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА  
НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ  
И БОЛЬШИМ ДАННЫМ В ТЕХНИЧЕСКИХ, ПРОМЫШЛЕННЫХ, ПРИРОДНЫХ  
И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

ТЕЗИСЫ

25–29 ноября 2024 года

г. Саров

Печатается с оригинальных макетов авторов

Компьютерная подготовка оригинала-макета: *Моисеева Е. В.*

---

Подписано в печать .11.2024. Формат 60×84/8  
Печать электрографическая. Усл. печ. л. ~11,97 Уч. изд. л. ~9,03  
Тираж 90 экз. Зак. тип. 2126-2024

---

Отпечатано в ИПЦ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»  
607188, г. Саров Нижегородской обл., ул. Силкина, д. 23