

Государственный комитет по науке и технологиям  
Донецкой Народной Республики  
ГУ «ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: теоретические аспекты, практическое применение

Материалы  
ДОНЕЦКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО  
НАУЧНОГО КРУГЛОГО СТОЛА  
27 мая 2021  
г. Донецк

Донецк  
ГУ «ИПИИ»  
2021

УДК 004.89  
ББК 32.973  
И85

И 85        **Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение** : материалы Донецкого международного научного круглого стола. – Донецк : ГУ «ИПИИ», 2021. – 172 с.

Материалы Донецкого международного научного круглого стола «Искусственный интеллект. теоретические аспекты, практическое применение» (ИИ-2021) представляют собой тезисы участников Круглого стола по актуальным вопросам развития искусственного интеллекта, повышения доступности информации и вычислительных ресурсов для пользователей, совершенствования системы подготовки кадров в этой области, разработки и внедрения информационно-компьютерных технологий и интеллектуальных и роботехнических систем.

**УДК 004.89**  
**ББК 32.973**

© ГУ «ИПИИ», 2021

## ОРГАНИЗАТОР КРУГЛОГО СТОЛА «ИИ-2021»

Государственное учреждение

«Институт проблем искусственного интеллекта»

### ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

- Российской ассоциации искусственного интеллекта, Российская Федерация, Москва
- Государственного комитета по науке и технологиям Донецкой Народной Республики, Донецк
- Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
- Международного рецензируемого журнала «Проблемы искусственного интеллекта», Донецк

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ КРУГЛОГО СТОЛА «ИИ-2021»

- Обобщение идей и мнений относительно проблем искусственного интеллекта
- Концентрация усилий ученых в обсуждении проблем искусственного интеллекта, создании интеллектуальных систем и т.п.
- Передача накопленного современной наукой опыта и знаний научной молодежи, ведущей исследования в области искусственного интеллекта
- Определение новых стратегических направлений развития искусственного интеллекта

### ТЕМАТИКА КРУГЛОГО СТОЛА «ИИ-2021»

- Интеллектуальные информационные системы в медицине, образовании и технике  
*Модератор Г. В. Дорохина*
- Теоретические основы искусственного интеллекта (ИИ) Психологические и философско-методологические аспекты развития ИИ  
*Модератор к.т.н. И. С. Сальников*
- Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы. Прикладные системы на основе нейронных сетей  
*Модератор В. М. Зуев*
- Распознавание образов и интеллектуальный анализ данных  
*Модератор проф. В. Ю. Шелепов*
- Системный анализ, оптимизация, управление, принятие решений и обработка информации  
*Модератор к.т.н., доцент О. А. Криводубский*

В Донецком международном научном Круглом столе заочно приняли участие учёные и научные сотрудники 14 учебных, научно-исследовательских и научно-производственных организаций из разных городов Российской Федерации (заочно), Донецкой Народной Республики и Луганской Народной Республики, в их числе 1 академик РАН, 12 докторов наук и 10 кандидатов наук из следующих образовательных и научных учреждений:

Российский технологический университет МИРЭА,

г. Москва, Россия

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского,

г. Москва, Россия

ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта»,

г. Донецк, Донецкая Народная Республика

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики

и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк,

Донецкая Народная Республика

ВНИИЭФ, Институт теоретической и математической

физики Нижегородская область, г. Саров, Россия

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный исследовательский центр

«Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва, Россия

ГУ «Институт прикладной математики и механики»,

г. Донецк, Донецкая Народная Республика

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический

университет», г. Донецк, Донецкая Народная Республика

ГУ «Донецкий физико-технический институт

им. А.А. Галкина», г. Донецк,

Донецкая Народная Республика

ГОУ ВПО ЛНР Луганский государственный университет

имени Владимира Даля, г. Луганск,

Луганская Народная Республика

ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Моск. обл.,

п. Звёздный городок, Россия

ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону, Россия

Пензенский государственный технологический университет,

г. Пенза, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

СЕКЦИЯ 1  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ, ОБРАЗОВАНИИ  
И ТЕХНИКЕ

*С. А. Сигов, С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова*

**КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*МИРЭА – Российский технологический университет РТУ МИРЭА,  
г. Москва, Россия, c\_standard@fel.mirea.ru*

Существует широкий класс систем, отличающихся сложным структурным построением и связанных с восприятием и обработкой интенсивных изменяющихся информационных потоков. Сюда можно отнести сложные технические системы, научно-производственные и образовательные процессы, рабочие группы, выполняющие ответственные научно-исследовательские работы. Такие системы относятся, как правило, к разряду неравновесных систем. Для обеспечения высокой эффективности функционирования данных систем следует осуществлять непрерывный контроль их состояния, чтобы в случае необходимости принять соответствующие меры, которые могут быть связаны, например, с трансформацией структурного построения той или иной системы. Одним из эффективных способов контроля может служить представление неравновесной системы в виде когнитивной, функционирование которой описывается с помощью нелинейного дифференциального уравнения. Вопросам исследования такого рода систем был посвящен ряд работ [1-3], в частности связанных с разработкой методологии оценки неравновесной устойчивости когнитивных систем.

**Цель работы** – разработка методов и алгоритмов контроля режимов функционирования когнитивных систем обработки информации.

Разработаны алгоритм оценки эффективности функционирования структурных элементов, алгоритм построения фазового пространства, алгоритм контроля функционирования системы в режиме неравновесной устойчивости.

Для оценки эффективности предложено использовать метод попарных предпочтений, согласно которому формируется матрица попарных предпочтений ( $\delta_{sr}$ ) по каждому показателю эффективности ( $P_i$ ) и рассчитывается вероятностный показатель предпочтений ( $q_{js}$ ), кроме того, определяется коэффициент весомости для каждого показателя эффективности ( $\alpha_j$ ). Затем вычисляется значение эффективности  $P_s$  (рис. 1).

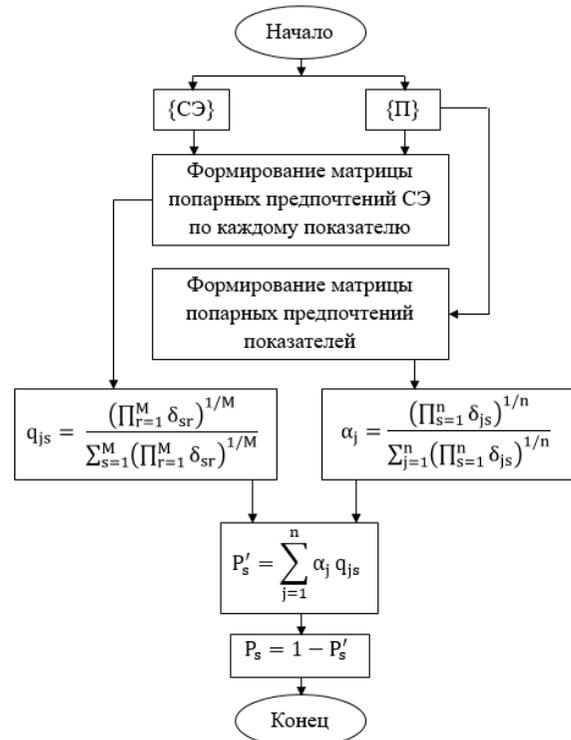


Рисунок 1 – Алгоритм оценки эффективности СЭ

Контроль функционирования неравновесных систем связан, согласно ранее разработанной методологии [1], с выполнением таких операций, как:

1. Установление диапазона допустимых значений вероятностей эффективности функционирования структурных элементов (СЭ)  $\Delta P = P_{max} - P_{min}$ ;
2. Установление допустимых значений числа СЭ ( $N$ );
3. Построение зависимости энтропии системы от числа СЭ и вероятности их эффективности  $H(N, P)$ ;
4. Построение фазовой диаграммы  $H=f(H)$  функционирования системы для ситуации, когда  $\Delta I > 0$ ,  $\Delta J > 0$ .

Выполнение данных операций позволяет определить фазовые пространства функционирования неравновесной системы.

Для определения границ области неравновесной устойчивости необходимо, используя полученные зависимости  $H(N, P)$ ,  $H = f(H)$ , определить  $\Delta H(N)$ ,  $\Delta \dot{H}(N)$ ,  $\Delta L(N)$  (рис. 2).

Рис. 3 и 4 иллюстрируют действие данного алгоритма для  $P=0,7, 0,9; N=5,7,10$ .

Реальная ситуация моделируется путем случайного задания значений  $P, N$ , определением для них значений энтропии  $H$ , значений  $\dot{H}$  и значений  $L$ . По положению точек в фазовом пространстве может осуществляться контроль функционирования системы (рис. 5). В случае «выхода» той или иной точки за пределы установленной области поступает сигнал на координирующий блок и, в случае необходимости, осуществляется трансформация структуры системы.

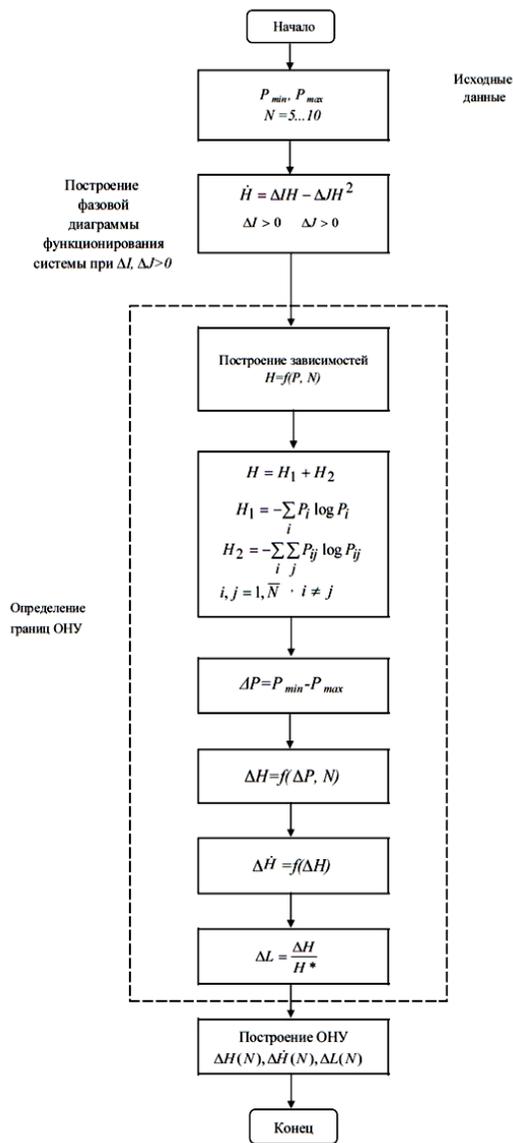


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма формирования фазового пространства функционирования неравновесной системы

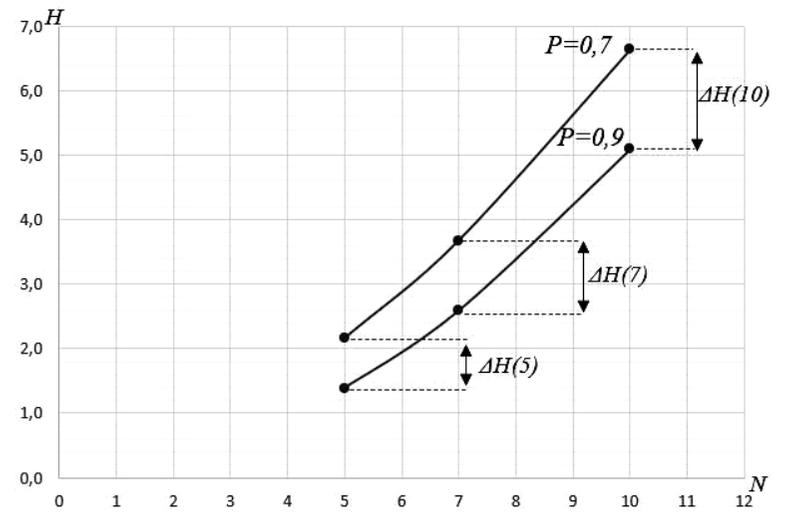


Рисунок 3 – Зависимость  $H$  от  $P$  и  $N$

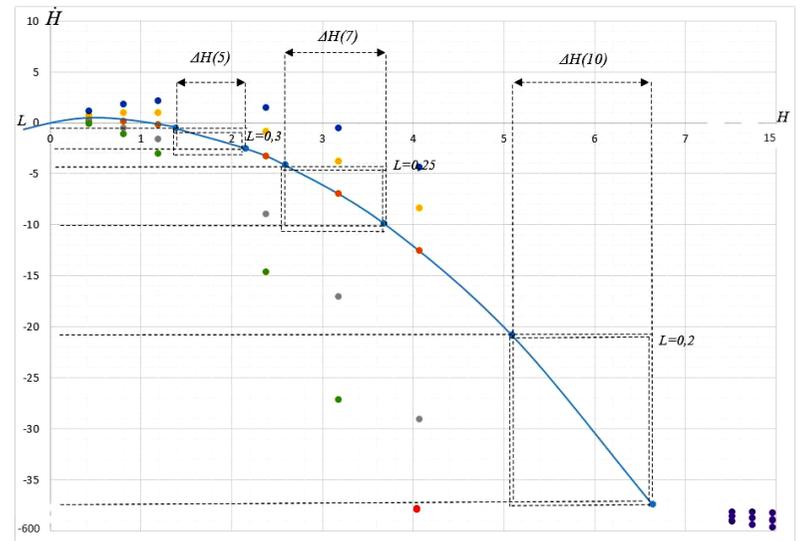


Рисунок 4 – Положение областей неравновесной устойчивости в фазовом пространстве

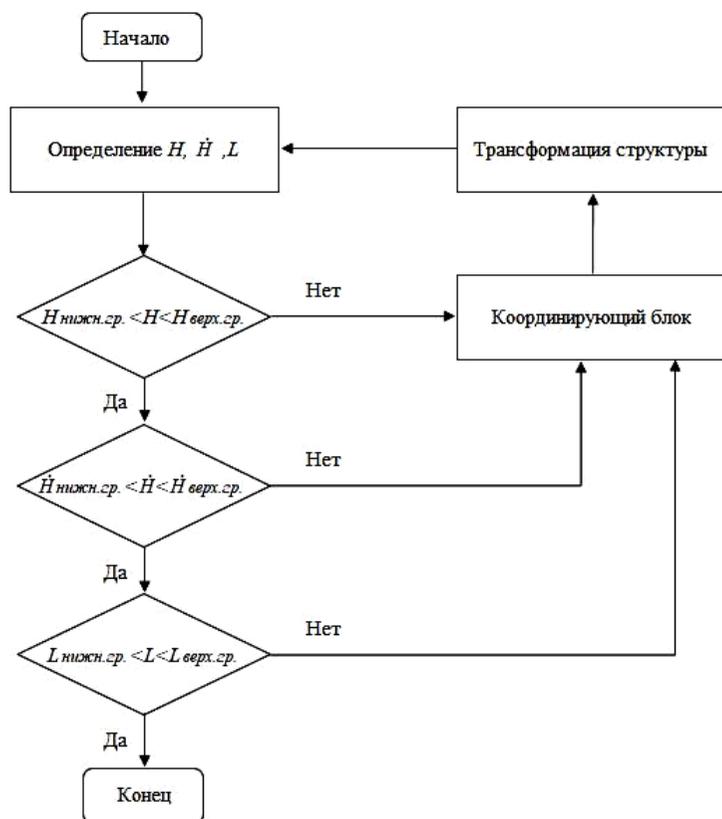


Рисунок 5 – Структурная схема алгоритма контроля текущего состояния системы

Практическая апробация разработанных методов и алгоритмов показала, что они могут быть использованы для решения такого рода практических задач, связанных с контролем функционирования и прогнозирования состояний широкого класса неравновесных технических систем, аппроксимируемых когнитивной моделью.

## Литература

1. Анцыферов С. С. Методология оценки состояний когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова // Проблемы искусственного интеллекта. – 2020. – № 3 (18). – С. 19–28.
2. Анцыферов С. С. Методика оценки эффективности структурных элементов когнитивных систем в реальном масштабе времени [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова // Нелинейный мир. – 2020. – № 3. – С. 33–41.
3. Antsyferov S. S. Method for controlling the cognitive systems functioning in non-equilibrium stability mode [Текст] / S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova, K. E. Rusanov // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russian Federation. – 2020. – С. 32–68.

*Д. А. Гаркуша, Г. А. Смирнов*

### **АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ РАБОТЫ С ОНТОЛОГИЯМИ**

*Государственное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк,  
dmitrii.garkusha.97@mail.ru, gen.smirnov.dn@gmail.com*

Термин «онтология» ввел Т. Грубер в работе [1] о взаимодействии интеллектуальных систем между собой и с человеком. Для такого взаимодействия нужно иметь формальное описание знаний на языке, известном и программам, и человеку. Знания предлагалось описывать на языке логики предикатов или в форме онтологий.

Основными «языками» для записи онтологий являются: *RDF/RDFS* – позволяют записывать простейшие факты об объектах, классах и свойствах; *OWL* – описывает сложные взаимоотношения классов и свойств (имеет 3 диалекта: *OWL Lite* для таксономий и простых ограничений, *OWL DL* для поддержки логики полного описания и *OWL Full* для максимальной выразительности и синтаксической свободы *RDF*).

Для записи и хранения *OWL*-онтологий используются форматы [2]: *RDF/XML Syntax*, *OWL/XML Syntax*, *Manchester OWL Syntax*, *Turtle Syntax* и др.

Благодаря представлению онтологий в формате, совместимом с *RDF*, их можно хранить в *RDF*-хранилищах. В *RDF*-хранилища встроены машины вывода, что позволяет использовать все возможности языка *OWL DL*.

Специально спроектированным семейством логик для представления знаний о предметной области являются дескриптивные логики (ДЛ). Они восполняют недостатки таких формализмов представления знаний, как семантические сети, фреймы и исчисление предикатов. Семантические сети и фреймы обладают высокими по выразительности средствами для представления знаний, но обеспечивают только неформальное описание понятий и отношений. Исчисление предикатов обеспечивает высокий уровень формализации описания знаний, но не предоставляет удобных средств для выражения специфических знаний о предметной области [2].

ДЛ позволяют удобно описывать знания о ПО формальным способом. Такие знания описываются последовательно: сначала вводятся необходимые понятия (терминология), а затем эти понятия используются для точного описания свойств объектов (индивидуумов, экземпляров), встречающихся в ПО.

Есть знания, которые не могут быть заданы с помощью стандартных аксиом языка *OWL*. Для их задания был разработан язык *SWRL (Semantic Web Rule Language)*, позволяющий задавать дополнительные правила вывода. Язык *SWRL* базируется на объединении языков *OWL DL* и *RuleML* (ядро *RuleML* – язык, являющийся синтаксическим подмножеством языка *Prolog*) [2].

К языкам представления знаний продукционного типа и инструментам их обработки также относят *CLIPS* (универсальный язык представления знаний, продукционная

система, использующая вывод от фактов к цели), *JESS* (декларативный язык, совместимый с *CLIPS*), *Drools* (система управления бизнес-правилами), *F-Logic* (онтологический язык, базирующийся на логиках первого порядка, в котором классы и свойства представлены как термины, а не как предикаты; создан для осуществления взаимодействия между онтологиями, построенными на основе предикатов, и онтологиями, построенными на основе *F-Logic*).

Многие зарубежные инструменты онтологического инжиниринга поддерживают формализмы для описания знаний и используют машины вывода из этих знаний: *Ontolingua*, *Protégé*, *OntoEdit*, *OilEd*, *WebOnto*, *ODE*, *DOE*, *KAON2*.

Так как *RDF* является графовой моделью данных, в качестве *RDF*-хранилищ используют графовые базы (ГБ) данных: *Stardog*, *Neo4J*, *ApacheJena*, *MarkLogic* и др.

*Stardog* – это платформа *EnterpriseKnowledgeGraph*, уникально сочетающая возможности хранения графов и виртуализации для гибкой и экономичной интеграции данных. *Stardog* масштабируем, безопасен и основан на стандартах.

Особенности *Stardog*: кодирует значение данных вместе с самими данными (постоянные метаданные, реальный контекст); включает реальные правила и использует лучший в своем классе вывод, чтобы сделать неявные знания явными; обеспечивает гибкое представление данных, обслуживая несколько вариантов использования с помощью одной модели.

*Stardog* предоставляет полный набор функций для интеграции данных для сложных данных. Преимущества:

- виртуальные коннекторы данных для всех основных *SQL*-серверов, *Cassandra*, *MongoDB* и других для удобного доступа к хранилищам данных;

- конвейер *NLP*, *BITES*, позволяет включать неструктурированные данные в дополнение к данным *SQL* и *NoSQL* в граф знаний;

- виртуализация данных в дополнение к *ETL* для устойчивого добавления данных в граф знаний;

- *BI / SQL Server*, который переводит граф знаний обратно в *SQL*; поддерживаемые платформы включают *Tableau*, *PowerBI*, *Cognos* и др.;

- своевременный вывод позволяет исследовать данные с применением различных наборов правил;

- встроенное машинное обучение, включая прогнозную аналитику и поиск по сходству;

- запросы пути позволяют вам перемещаться по графу, обнаруживая связи в ваших данных.

*Neo4J* – графовая система управления базами данных с открытым исходным кодом, реализованная на *Java*. Данные хранит в собственном формате, приспособленном для представления графовой информации, такой подход в сравнении с моделированием графовой базы данных средствами реляционной СУБД позволяет применять дополнительную оптимизацию в случае данных с более сложной структурой.

Характеризуется высокой производительностью и масштабируемостью. Распределенная кластерная архитектура *Neo4j* позволяет клиентам выполнять сложные рабочие нагрузки онлайн-обработки транзакций (*OLTP*) и обработки данных, сохраняя при этом соответствие *ACID* (атомарность, согласованность, изолированность, прочность) и целостность данных.

*Neo4j* может быть развернута на собственной, гибридной или мультиоблачной платформе. Обеспечивает 1000-кратную производительность при неограниченном масштабе.

Производительность обеспечивается за счет декларативного языка, имеющего самое большое в мире сообщество опытных разработчиков графов. Считается первым в отрасли *Graph ML* для предприятий.

*ApacheJena* – это открытая Java-платформа для создания приложений *SemanticWeb* и *LinkedData*. Рассчитана на преобразование и сохранение данных в формате *RDF* запрос данных *RDF* с использованием *SPARQL*.

*MarkLogic* – это современная графовая база данных. Имеет все функции *NoSQL* баз данных. Рассмотрим особенности, делающие *MarkLogic* удобной для интеграции данных:

1. Многомодельная база данных. *MarkLogic* хранит и запрашивает данные в документах, графических данных или реляционных данных, обеспечивая невероятную гибкость.

2. Встроенный поиск. В отличие от других баз данных, *MarkLogic* имеет встроенную поисковую систему. Это приводит к меньшим затратам времени и усилий на создание и настройку индексов для стандартных запросов и не требует привязанной поисковой системы для полнотекстового поиска, как в других базах данных.

3. Эластичная масштабируемость. *MarkLogic* является масштабируемой базой данных, которая масштабируется по горизонтали в кластерах на стандартном оборудовании до сотен узлов, петабайт данных и миллиардов документов, и при этом обрабатывает десятки тысяч транзакций в секунду.

*MarkLogic* – это надежная база данных, обладающая всеми корпоративными функциями, необходимыми для обработки конфиденциальных корпоративных данных.

**Выводы.** В работе рассмотрены языки формального описания знаний о предметной области с помощью онтологий и правил дескриптивной логики. Проанализированы графовые базы данных, используемые в качестве *RDF*-хранилищ (триплетов как пары вершин и ребра).

Графовые базы данных можно использовать и как базу данных, и как инструмент работы с онтологиями, Тогда как инструменты для построения и редактирования онтологий подходят, в основном, только для описания предметной области и ресурсов.

Интеграция графовых баз данных в собственное программное обеспечение выполнить значительно проще (зависит от устанавливаемой ГБ), чем использовать редактор онтологий и затем работать над преобразованием данных.

Поэтому внедрение графовых баз в разрабатываемое программное обеспечение представляется более предпочтительным по сравнению с интеграцией в программное обеспечение редакторами онтологий (например, *Protege*).

### **Литература**

1. Gruber T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases [Текст] / T. R. Gruber // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell – eds. MorganKaufmann, 1991. – P. 601–602.
2. Загорулько Ю. А. Современные средства формализации семантики областей знаний на основе онтологий [Текст] / Ю. А. Загорулько // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2018. – № 3 (11). – С. 27–36. – DOI:10.25729/2413-0133-2018-3-03.
3. JenaApiDocumetion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>
4. Родионцев, Н. Н. Анализ применения онтологий при разработке информационно-коммуникационных систем нефтегазовой отрасли [Текст] / Н. Н. Родионцев // Московский экономический журнал. – 2019. – № 2.– С. 695–699.
5. Семерханов, И. А. Методы и алгоритмы автоматизированной интеграции информационных ресурсов на основе онтологического подхода [Текст] / И. А. Семерханов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – СПб.: Питер, 2014. – С. 137.

*Г. В. Дорохина, Д. А. Гаркуша,  
О. И. Мартынов, С. А. Грабарчук*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ВВОДА  
И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ЦИФРОВОГО СБОРА,  
ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
sgv\_iai@mail.ru, dmitrii.garkusha.97@mail.ru,  
oleg.martynov.92@mail.ru, vetlis.mc@gmail.com*

ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (ГУ «ИПИИ») в сотрудничестве с Государственной службой статистики Донецкой Народной Республики (Госстат ДНР) выполняет разработку информационной системы «Электронная отчетность для органов государственной статистики Донецкой Народной Республики» (Система). В настоящее время проходят апробации программного обеспечения (ПО) для ввода отчетов респондентов по шести формам отчетности.

В перспективе Госстат ДНР планирует обеспечить для респондентов возможность предоставления отчетов в электронном виде по формам отчетности. Разработка инструментов работы с каждой из форм отчетности (ввод, контроли, генерация печатных документов) – трудоемкий процесс. Одно из требований Госстат ДНР к последующим версиям Системы состоит в возможности добавления новых форм отчетности или корректировки существующих без обращения к разработчикам Системы.

При текущей организации Системы это невозможно, так как изменения в перечне данных формы отчетности влекут за собой необходимость внесения изменений в структуру базы данных и веб-формы ввода данных.

Некоторые исследователи предлагают для решения данной проблемы использовать конструкторы веб-форм.

ГУ «ИПИИ» предлагает более простой способ – использовать для ввода отчетов файлы электронных таблиц (xlsx или аналоги), подготовленные так, чтобы человек мог их правильно заполнить, а программа – прочесть. Тогда для ввода данных отчетов не нужно разрабатывать отдельную веб-форму по каждой форме отчетности (рис. 1). Вместо этого можно использовать одну веб-форму, показанную на рис. 2.

Проблему необходимости изменения структуры базы данных ГУ «ИПИИ» предлагает решить так. Система в настоящий момент хранит реестр респондентов, реестр форм отчетности (*Forms* на рис. 3), реестр отчетов (*Respondent-Forms*, рис. 3). Данные, специфичные для конкретной формы отчетности, хранятся в дополнительных (одной или нескольких) таблицах БД.

Предложено дополнить БД реестром показателей (*Characteristics*, рис. 3), а значения показателей отчетов всех форм отчетности хранить в едином потоке данных (*DataFlow*, рис. 3). Такой подход позволит не изменять базу данных при изменении перечня или содержимого форм отчетности. Фрагмент структуры БД, которая обеспечит такую возможность, приведен на рис. 3. На рис. 3 таблицы и поля, добавленные в БД, обозначены курсивом и выравниванием по правому краю (только поля), добавленные в БД.

Человек будет вводить данные в файл-шаблон – человекозаполняемый шаблон отчета (рис. 4). Чтобы извлечь данные из этого файла, программе тоже нужен шаблон – машиночитаемое описание шаблона (рис. 5).

**РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПО ФОРМЕ № 4-МТП (МЕСЯЧНАЯ)**

Статус: Черновик

**ОТЧЕТ ОБ ОСТАТКАХ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**  
за февраль 2020 год.  
Структурное подразделение: 006

Показатели отчета по всем строкам приводятся с одним десятичным знаком.

Виды топлива	Единица измерения	Код строки	Использовано – всего за месяц	Остатки на конец отчетного месяца
А	Б	В	1	2
Уголь каменный	тонн	0010		
Уголь бурый	тонн	0030		
Пропан и бутан сжиженные	тонн	0040		
Газ природный	тыс.куб.м	0050		
Бензин моторный	тонн	0320		
Дизельное топливо	тонн	0330		
Мазуты топочные тяжелые	тонн	0390		

Руководитель (собственник) Иванова С.Б.

Лицо, ответственное за достоверность предоставленной информации

Телефон: +38-063-3113424 Факс: +38-345-2432 Электронная почта: ga\_lrf@mail.ru

Рисунок 1 – Веб-форма редактирования отчета 4-мтп

**РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПО ФОРМЕ № 1-ТОРГ (МЕСЯЧНАЯ)**

**ОТЧЕТ О РОЗНИЧНОМ ТОВАРОБОРОТЕ**  
за апрель 2021 год.

[Скачать данные](#)  
[Загрузить данные](#)  
[Конвертировать отчет в pdf](#)  
[Выполнить контроль](#)  
[Подписать](#)  
[Отправить](#)

Руководитель (собственник) Иванова С.Б.

Лицо, ответственное за достоверность предоставленной информации

Телефо +38-063-3113424 Факс:  Электронная почта:

Рисунок 2 – Веб-форма работы с отчетом при взаимодействии с пользователем посредством файлов электронных таблиц

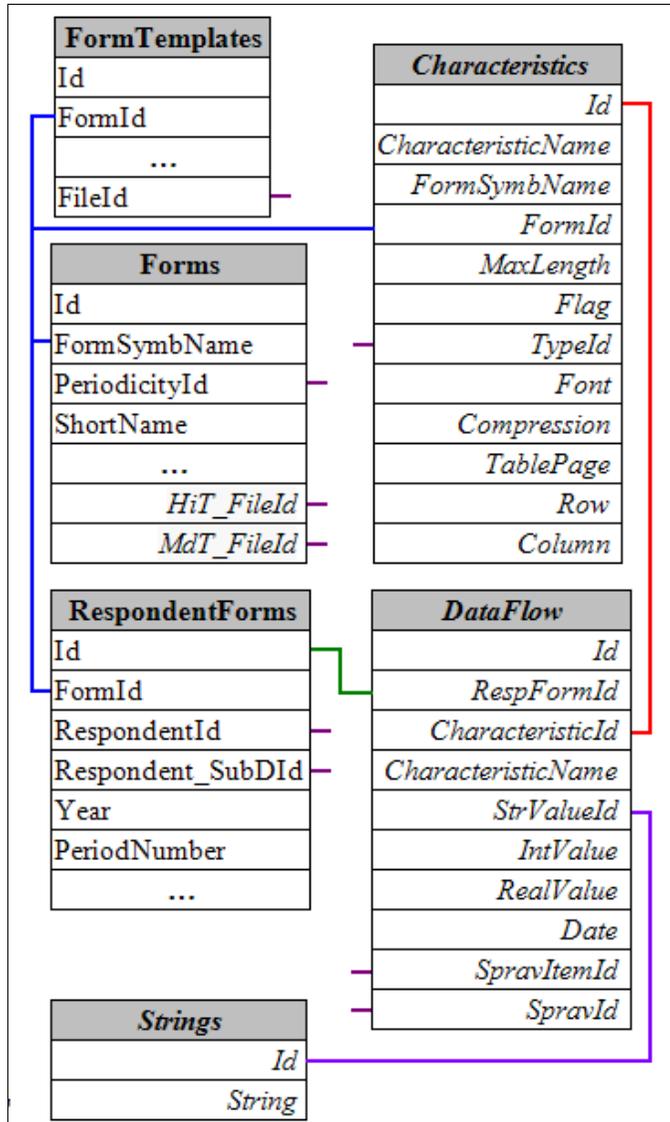


Рисунок 3 – Дополнение БД реестром показателей и потоком данных для хранения значений показателей

**ОТЧЕТ  
ОБ ОСТАТКАХ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОДУКТОВ**

Показатели отчета по всем строкам приводятся с одним десятичным знаком.

Виды топлива А	Единица измерения Б	Код строки В	Использовано – всего 1	Остатки на конец отчетного периода 2
Уголь каменный	тонн	10		
Уголь бурый	тонн	30		
Нефть сырая, включая газовый конденсат	тонн	40		
Газ природный	тыс. куб. м	50		
Бензин моторный	тонн	320		
Дизельное топливо	тонн	330		
Мазуты топочные тяжёлые	тонн	390		

Рисунок 4 – Человекозаполняемый шаблон отчета

Виды топлива А	Единица измерения Б	Код строки В	Использовано – всего 1	Остатки на конец отчетного периода 2
			chCoalUsd	chCoalBlh
			chBCoalUsd	chBCoalBlh
			chLqGsUsd	chLqGsBlh
			chNtlGsUsd	chNtlGsBlh
			chBznzUsd	chBznzBlh
			chDsIFlUsd	chDsIFlBlh
			chHvFOUsd	chHvFOBlh

Рисунок 5 – Лист разметки  
машиночитаемого описания шаблона

Оба шаблона готовит человек по утвержденному Госстатом бланку. Из листа разметки машиночитаемого описания шаблона (рис. 5) программа получает данные о том, в какой ячейке находятся значения каждого показателя (элемента формы отчетности, значение которого человек вносит в отчет). Описание показателей формы отчетности находится на листе «Характеристики» машиночитаемого описания шаблона (рис. 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Имя	Симв. идентиф-р	Тип данных	Симв. Идентиф-р справочника	Знаков после ",", (для вещ.)	MaxStrLen	Хар-ки вывода по умолч.	Размер шрифта	Кoeff. уплотнения
1	характеристики	формы	Вещественное						
2	chCoalUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
3	chCoalBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
4	chVCoalUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	
5	chVCoalBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
6	chLqGsUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
7	chLqGsBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
8	chNtlGsUsd	4-mtp_m	Строка		1	12	да	9	0
9	chNtlGsBln	4-mtp_m	Целое		1	12	да	9	0
10	chBznUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
11	chBznBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
12	chDslFlUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
13	chDslFlBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
14	chHvFOUsd	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0
15	chHvFOBln	4-mtp_m	Вещественное		1	12	да	9	0

Рисунок 6 – Описание показателей формы отчетности в файле машиночитаемого описания шаблона

Для новой формы отчетности в БД сохраняют ссылку на файлы шаблонов в поля *HiT\_FileId* и *MdT\_FileId* таблицы *Forms* и из машиночитаемого описания шаблона вносят данные в таблицу *Characteristics* (рис. 3), которые затем используются для заполнения таблицы *DataFlow* при чтении отчета из файла.

## Литература

1. Дорохина Г. В. Формализованные онтологии и задача построения компьютерной информационной технологии цифрового сбора, обработки и анализа данных [Текст] / Г. В. Дорохина // Сборник тезисов Международного круглого стола «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение». – 2020. – С. 229–234.

*Г. В. Дорохина, Ю. А. Каспаров,  
О. И. Мартынов, Е. Н. Лазаренко*

**УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ  
И ПОВЕДЕНИЕМ СУЩНОСТЕЙ  
В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
sgv\_iai@mail.ru, maguway@gmail.com,  
oleg.martynov.92@mail.ru, canimore@yandex.ru*

Информационные системы (ИС) зачастую являются реактивными системами, сущности (объекты) которых обладают сложным поведением. К таким системам применима парадигма автоматного программирования [1].

Информационная система «Электронная отчетность для органов государственной статистики Донецкой Народной Республики» (ИС Госстат), разработанная для нужд Государственной службы статистики Донецкой Народной Республики (Госстат ДНР), является программным обеспечением для ввода форм отчетности: 1-труд (месячная), 1-торг (месячная), 1-опт (месячная), 1-П (месячная), 1-ПЕ (месячная), 4-мтп (месячная).

В ИС Госстат сущностями, при работе с которыми используется информация об их состоянии, являются личный кабинет респондента и отчет респондента. Допустимые действия и изменения состояний личного кабинета респондента задаются в коде программы. Это приведёт к сложности развития ИС Госстат. Обработка сущности «отчет» выполняется на основе парадигмы автоматного программирования [1]. Жизненный цикл отчета – последовательность изменения состояний в зависимости от выполненных действий – изображен на рис. 1.

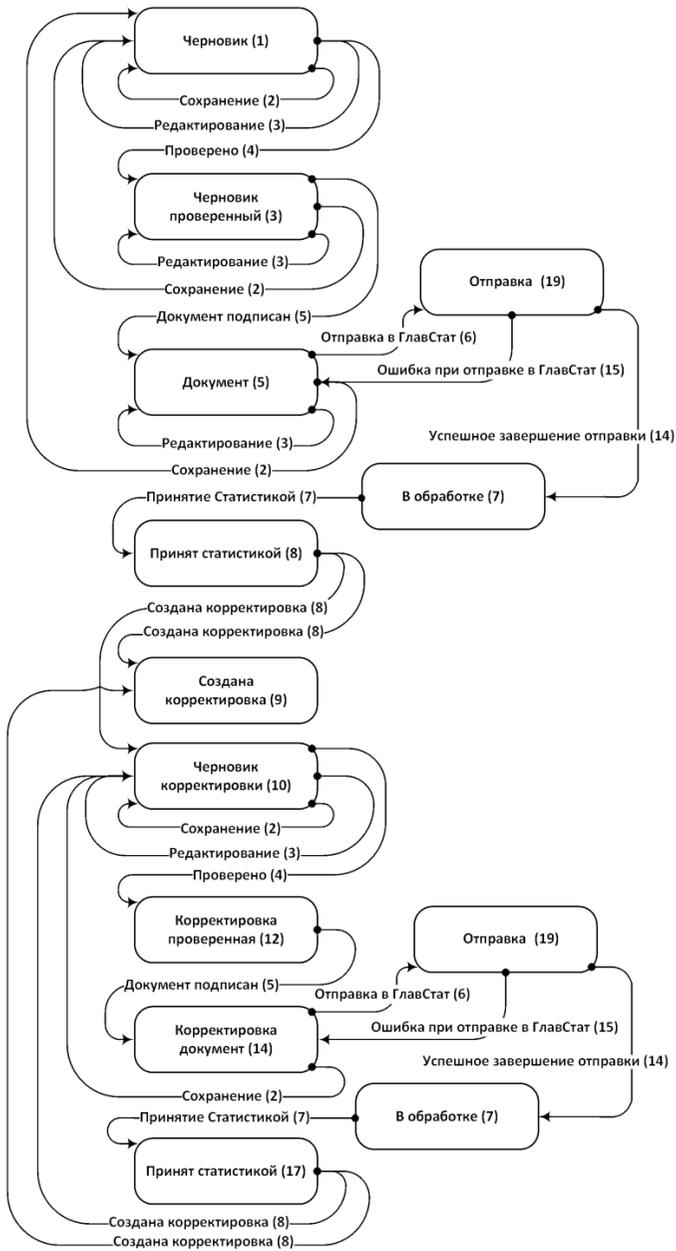


Рисунок 1 – Жизненный цикл сущности «отчет»

Для интуитивной понятности интерфейса ИС должна показывать пользователю, выполнение каких действий допустимо. Кнопки действий, которые недопустимы в текущем состоянии, обычно блокируют или скрывают. В клиент-серверных приложениях нужно также предусмотреть защиту от подмены на клиентской стороне данных о допустимости действия.

Данные об изменении состояния объекта нужно логировать. В ИС Госстат для объекта «отчет» предусмотрено три вида действий по логгированию: 0 – данные о действии не запоминаются (например, конвертация отчета в pdf-файл); 1 – запоминаются данные о последнем действии определённого типа, выполненном с данным объектом (например, сохранение отчета); 2 – запоминаются данные обо всех действиях определённого типа, выполненных с данным объектом (например, отправка в Госстат ДНР).

Для реализации жизненного цикла сущности «отчет» (рис. 1) в базу данных ИС Госстат введены таблицы: словарь состояний; словарь действий; таблица «допустимых действий для отчета в заданном состоянии»; таблица переходов, включающая вид действий по логгированию при срабатывании перехода.

В веб-формах каждой кнопке, обозначающей действие с отчетом, поставлен в соответствие идентификатор из словаря действий.

При загрузке веб-формы (обновлении части веб-формы, связанной с конкретным отчетом) для элементов управления (кнопки, поля редактирования, выпадающие списки) по таблице «допустимых действий для отчета в заданном состоянии» определяется, доступен ли пользователю элемент с указанным идентификатором действия. Если недоступен, элемент управления получает атрибут «disable».

При нажатии кнопки происходит запрос к серверу о допустимости действия. В качестве параметров передаётся идентификатор отчета и идентификатор действия. Ответ

сервер формирует с помощью таблицы «допустимых действий для отчета в заданном состоянии». При этом используются данные о состоянии отчета, хранимые в базе данных. В случае недопустимости действия пользователю предлагается обновить веб-форму. Так реализована защита ИС от подмены на клиентской стороне данных о допустимости действия.

Для допустимых действий выполняются действия:

- 1) определение следующего состояния отчета и вида логирования для данного перехода;
- 2) вызов специфического для действия метода;
- 3) при успешном выполнении специфического для действия метода:
  - выполнение логирования заданного вида;
  - перевод отчета в новое состояние;
  - обновление веб-формы (части веб-формы, связанной с конкретным отчетом) с учетом нового состояния и доступности элементов управления в этом состоянии.

В дальнейшем планируется на основе парадигмы автоматного программирования также реализовать обработку сущностей: личный кабинет респондента и форма отчетности. При этом автомат, управляющий личным кабинетом респондента, и автомат, управляющий формой отчетности, будут также влиять на объект управления – отчет.

## **Литература**

1. Поликарпова Н. И. Автоматное программирование [Текст] / Н. И. Поликарпова, А. А. Шальто. – СПб. : Питер, 2009. – 176 с.

*О. И. Рубан, Е. Н. Лазаренко, Г. В. Дорохина*

**МОДУЛЬ ГЕНЕРАЦИИ ПЕЧАТНЫХ ДОКУМЕНТОВ  
ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
rubikam13@gmail.com, canimore@yandex.ru, sgv\_iai@mail.ru*

Важным компонентом информационной системы (ИС), автоматизирующей для государственной службы статистики сбор отчетности, является модуль генерации печатных документов. В этой задаче генерируемыми печатными документами являются отчеты респондентов и квитанции. Специфика заключается в большом количестве форм отчетности, строгом регламентировании их внешнего вида и содержимого, возможности внесения органами статистики изменений в формы отчетности (изменение перечня показателей; изменение внешнего вида формы), возможности появления новых форм отчетности. Госстат ДНР разрабатывает и утверждает бланки форм отчетности, которые представлены как файлы MS Word.

Данные условия определяют постановку задачи – разработать модуль генерации печатных документов, который: позволяет изменять внешний вид печатного документа (статистическую часть) и перечень выводимых информационной системой значений (динамическую часть) без вмешательства программиста (изменения кода информационной системы); напрямую не связан со структурой базы данных ИС; статистическая часть печатного документа должна вноситься в ИС из документа MS Word.

Известна двухфазная технология формирования выходных документов в информационных системах на основе MS Word [1], включающая следующие этапы:

1) прикладная программа информационной системы выполняет выборку из БД и записывает результаты в отдельный текстовый интерфейсный файл, имеющий заданную структуру;

2) запускается универсальный текстовый редактор (MS Word), который на основе встроенных программ-макросов в заранее подготовленный шаблон, выполняет окончательную генерацию выходного документа.

Библиотеки для взаимодействия с документами Word есть для многих языков программирования. Из-за сложности обработки документов Word большинство библиотек предпочитает работать с содержимым документа Word, как с документом формата Office Open XML [2] (применимо для \*.docx-файлов). Этот формат является наиболее простым для обработки программными средствами.

Аналогично описанному в работе [1], статическую часть печатного документа и размещение в ней областей вывода будем задавать с помощью шаблона документа – файла \*.docx. Часть ИС, взаимодействующая с модулем генерации печатных документов, выполняет выборку из БД, преобразует значения в строки и передаёт их модулю формирования печатных документов.

Использование формата Office Open XML влечет за собой и некоторые трудности. Например, при обращении к определенной странице документа (формат XML не делит документ на страницы). Также сложно добавлять новые элементы. Особенно, если их не было ранее (например, таблицы в нужном месте).

Часть проблем решается за счёт специальной подготовки шаблона. Например, если требуется, чтобы все подписи находились на одной странице, то в шаблоне указывают, что эти строки должны быть неразрывными.

Рассмотрим те из проблем, которые нужно решать в рамках решаемой задачи за счет организации ИС и модуля генерации печатных документов.

1. Размер области вывода. Внешний вид печатных документов регламентирован – выводимые данные должны вмещаться в отведенную для них область. Допускается, при необходимости, на несколько пунктов уменьшить размер

шрифта и использовать уплотнение. Но ограничения на длину выводимых данных остаются. Диапазон допустимых длин строки для каждого выводимого поля нужно определить на этапе проектирования с учетом нормального размера шрифта, допустимых уменьшения размера шрифта и коэффициента уплотнения. Величиной максимальных из этих длин должна быть ограничена сверху длина соответствующего поля при вводе (или синтезе) в ИС.

2. Соответствие одному полю данных в БД нескольких областей вывода. Например, так в формах отчетности размещаются строки юридического и фактического адреса респондента. В первую область помещают начальную часть поля данных максимально возможной длины (исходя из ограничений на длину первой области); во вторую – следующую часть; если суммарная длина частей поля данных, размещенных в первой и второй областях вывода, меньше длины строки, соответствующей полю данных, остаток строки помещается в третью область вывода.

3. Перенос данных на дополнительную страницу. В данной задаче выводимые данные делятся на атомарные и таблицы (горизонтальные, вертикальные) – массивы кортежей. В горизонтальных каждый кортеж размещается в строке, в вертикальных – в столбце. Таблица может содержать больше кортежей, чем помещается на странице, и нужно решать проблему соответствия печатной формы утвержденному бланку.

Основные принципы работы предложенного модуля.

1. Каждое поле данных БД, которое выводится в печатный документ как атомарный элемент или элемент кортежа, назовем показателем.

2. Показатели имеют символьные имена, состоящие из символов латиницы. В таблицах БД, описывающих данные одной формы отчетности, не должно быть различных показателей с одинаковым именем.

3. Области вывода печатного документа делятся на области вывода единичных элементов и области вывода элементов кортежей.

4. Области вывода имеют символьные имена, начальная часть которых состоит из символов латиницы. Символьные имена областей вывода могут завершаться строкой, состоящей из дефиса и последовательности арабских цифр (когда показателю соответствует несколько областей вывода). Один печатный документ не может иметь разных областей вывода с одинаковым именем.

5. Если показателю соответствует одна область вывода, то символьные имена показателя и области вывода совпадают; ограничения на максимальную длину (число символов в строке, в которую преобразуется значение) показателя и области вывода совпадают.

6. Если показателю соответствует несколько областей вывода, то они упорядочены, и символьное имя каждой такой области вывода формируется путем добавления дефиса и порядкового номера области вывода в конец символьного имени показателя. В этом случае максимальная длина показателя не превышает сумму максимальных длин областей вывода этого показателя.

7. Атомарные элементы модулю генерации печатных форм ИС передаёт в виде пары: символьное имя области вывода; значение в виде строки.

8. Табличные элементы модулю генерации печатных форм ИС передаёт в виде пары: массив символьных имен элементов кортежей; массив кортежей строк.

При такой организации модуль генерации печатных документов не зависит от структуры базы данных ИС.

Процесс формирования печатных документов – процесс, состоящий из следующих этапов.

1. Создание копии шаблона документа.
2. Заполнение копии шаблона данными.

3. Преобразование шаблона .docx в формат pdf.

4. Сохранение сгенерированного документа.

Шаблон документа содержит «метки» (имена областей вывода). Для заполнения шаблона документа данными использована библиотека «easy-template-x» для языка javascript. Эта библиотека позволяет: заменить значения закладок на нужные данные; добавлять новые записи в таблицу, если это указано специальным тэгом в шаблоне. Данные библиотеке передаются в виде пар ключ-значение: ключом выступает название закладки, которую займет запись, а значением – выводимая строка.

Полученный документ в виде .docx-файла нужно преобразовать в формат pdf. Возникает трудность – очень мало бесплатно распространяемых инструментов, позволяющих хорошо преобразовать из docx в pdf. Это во многом связано со сложностью работы с документом Word из-за его специфической структуры. Программа Microsoft Word позволяет сохранить документ в формате pdf, но для его использования как части ИС необходимо приобрести коммерческую версию этого программного продукта. Преобразование форматов можно также выполнить с помощью бесплатной программы LibreOffice.

Для конвертации можно использовать портативную или полную версию LibreOffice, установленную с официального сайта. LibreOffice позволяет легко и просто вызывать экземпляр программы для выполнения единичной операции – преобразования типов. Модуль выполняет эту операцию каждый раз, когда требуется конвертировать документ. Недостаток состоит в большой длительности по времени каждой конвертации (исчисляется секундами) даже при условии, что процесс LibreOffice вызывается с минимальной конфигурацией – лишь в виде небольшого процесса, который закрывается сразу же, как выполнит операцию. Этот вариант является лучшим из бесплатных. Для взаимодействия с LibreOffice, выбрана библиотека «convert-

multiple-files», поскольку является бесплатной и поддерживает конвертацию нескольких документов, выстраивая их в очередь.

Выходные данные модуля генерации печатных документов: сгенерированный и преобразованный к формату pdf-документ; путь к файлу документа. Эти данные ИС использует определенным для каждого случая образом: запоминает в базе данных путь к сгенерированному документу; формирует ссылку для скачивания пользователем, прочее.

### **Литература**

1. Большаков С. А. Двухфазная технология формирования выходных документов в информационных системах на основе MSWord [Текст] / С. А. Большаков, С. Б. Спиридонов // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2015. – № 8. – С. 252–268.
2. Гусаренко А. С. Модели создания документов в формате OfficeOpenXML на основе ситуационно-ориентированных баз данных [Текст] / А. С. Гусаренко // Прикладная информатика. – 2015. – № 3 (57). – С. 62–75.

***Б. Г. Сава, А. С. Вовнянко, Г. В. Дорохина***

#### **АВТОРИЗАЦИЯ И АУТЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ ТОКЕНОВ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
savabg0826@gmail.com, alexgramaton@yandex.ru*

Идентификация, авторизация и аутентификация пользователей являются «первой линией обороны в обеспечении безопасности информационного пространства организации» [1]. «Лаборатория Касперского» определяет эти понятия следующим образом: «Идентификация – процедура, в результате выполнения которой для субъекта идентификации выявляется его идентификатор, однозначно опре-

деляющий этого субъекта в информационной системе. Аутентификация – процедура проверки подлинности, например проверка подлинности пользователя путем сравнения введенного им пароля с паролем, сохраненным в базе данных. Авторизация – предоставление определенному лицу или группе лиц прав на выполнение определенных действий» [2]. Обычно пользователь проходит идентификацию (вводит логин), затем аутентификацию. После успешной аутентификации происходит авторизация.

В разработке программного обеспечения для ввода форм отчетности 1-труд (месячная), 1-торг (месячная), 1-опт (месячная), 1-П (месячная), 1-ПЕ (месячная) 4-мтп (месячная) для нужд Государственной службы статистики Донецкой Народной Республики авторизация выполняется на основе токенов с применением библиотеки Passport.js.

Библиотека *Passport.js* – простой нетребовательный гибкий модульный промежуточный программный обработчик (*middleware*) для реализации аутентификации Node-приложений. Промежуточный обработчик – это функция, которая имеет доступ к объекту запроса (*request*), объекту ответа (*response*) и к следующей функции промежуточной обработки (*next*). Промежуточный обработчик может выполнять любой код, изменять объекты запроса и ответа, завершать цикл «запрос-ответ», а также вызывать следующую функцию промежуточной обработки [3].

Для использования *Passport* для аутентификации необходимо настроить три компонента: 1) стратегии (способы) аутентификации; 2) ПО промежуточного слоя приложения; 3) сеансы (необязательно).

Методы (стратегии) аутентификации: беспарольная (по одноразовым ссылкам); по паролю; двухфакторная авторизация; на основе сессии; на основе токенов; аутентификация через единую точку входа (SSO); делегированная аутентификация с использованием *OAuth*; федеративная аутентификация с использованием OpenID.

Известна схема HTTP-аутентификации, именуемая Basic Basic (*username / password* передаются в заголовке *Authorization* в незашифрованном виде).

Сайты в основном используют «сессии» и «cookie» (временное хранилище браузера): «Пользователь регистрируется и входит в веб-приложение, приложение создает для него сессию и каждый раз проверяет, есть ли этот пользователь в сессии. Клиент сохраняет сессию у себя в браузере в cookie» [4]. С развитием веб-приложений как альтернативы сайтам разработчикам пришлось искать альтернативные способы авторизации, так как метод с сессиями очень сложен в реализации. Одним из них является JSON Web Token (JWT) [4].

*JWT* – это стандарт для создания токенов доступа, которые состоят из трех частей в формате *JSON*: заголовок (*header*), полезной нагрузки (*payload*) и цифровой подписи (*signature*) [5], [6].

Заголовок содержит метаданные, описывающие токен. Заголовок представлен в виде *JSON* объекта, закодированного в Base64-URL. Два главных поля заголовка: *alg* – алгоритм шифрования; *typ* – тип токена.

Обязательным для поддержки всеми реализациями является алгоритм HMAC с использованием SHA-256 (обозначается HS256). Для работы с этим алгоритмом нужен один секретный ключ. Существует асимметричный алгоритм, который можно использовать в *JWT* (RS256). Для работы с ним требуется два ключа – открытый и закрытый.

Полезные данные – это *JSON* объект, который для удобства и безопасности передачи представляется строкой, закодированной в base64. В нем хранится вся полезная информация. Для данной части нет обязательных полей, но наиболее часто встречаются следующие поля: *iss* – используется для указания приложения, из которого отправляется токен; *user\_id* – для идентификации пользователя в нашем приложении, кому принадлежит токен; *exp* – время жизни токена (для проверки, актуален ли токен).

Подпись – это хеш-сумма, которая вычисляется на основании заголовка, полезной нагрузки и секретного ключа и необходима для подтверждения достоверности токена [5], [6].

Схема работы *JWT* [4].

1. Пользователь запрашивает доступ у сервера, высылая ему логин и пароль.

2. Сервер проверяет пользователя, высылая ему:

а) *access token* – многоцветный токен с ограниченным временем использования (*expiration date*), который используется для авторизации запросов и хранения дополнительной информации о пользователе, но не хранит данных о состоянии;

б) *refresh token* – одноразовый долгоживущий токен обновления, который используется для получения новой пары *access/refresh* токенов;

3. Пользователь использует этот *access token* для доступа к ресурсам на сервере.

4. По наступлению *expiration date* пользователю придется вновь пройти процедуру аутентификации.

В работе рассмотрены понятия идентификации, авторизации и аутентификации. Выбрана библиотека функций авторизации. Рассмотрены основные методы авторизации. Обоснован выбор метода авторизации на основе *JWT*.

## Литература

1. Иванов В. В. Аутентификация и авторизация [Текст] / В. В. Иванов, Е. С. Лубова, Д. Ю. Черкасов // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 2 (84). – С. 31–33.
2. Идентификация, аутентификация и авторизация – в чем разница? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/blog/identification-authentication-authorization-difference/29123/> (8)

3. Гавриленко Ю. Ю. Разработка прогрессивного web-приложения для системы управления push-уведомлениями [Текст] / Ю. Ю. Гавриленко, Д. Ф. Саада, Е. А. Ильюшин, Д. Е. Намиот // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6, № 9. – С. 42–50.
4. Васильев П. А. Технология JWT языка программирования Node JS [Текст] / П. А. Васильев // Вестник науки и образования. – 2016. – № 8 (20). – С. 32–33.
5. Володченкова Л. А. Разработка серверной части программного приложения для удаленного хранения данных [Текст] / Л. А. Володченкова, Д. В. Козырев // Математические структуры и моделирование. – 2020. – № 1 (53). – С. 108–138.
6. Introduction to JSON Web Tokens // JWT.io by Auth0. URL: <https://jwt.io/introduction/> (дата обращения: 12.03.2021).
7. Официальный сайт passportjs [Электронный ресурс]. – <http://www.passportjs.org/>
8. Перечень библиотек для аутентификации пользователей 2019 года [Электронный ресурс]. – <https://techrocks.ru/2018/12/10/6-javascript-user-authentication-libraries/>
9. Статья о «интернет вещах» в электроэнергетике. Применение и перспективы [Электронный ресурс]. – <https://www.elec.ru/articles/internet-veshej-v-elektroenergetike-primenenie-i-p/>
10. Токен авторизации на примере JSON WEB Token [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/post/533868/>
11. Материал по middleware в ASP.NET Core [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/company/otus/blog/528692/>
12. Аутентификация Node-приложений при помощи Passport [Электронный ресурс]. – <https://code.tutsplus.com/ru/tutorials/authenticating-nodejs-applications-with-passport--cms-21619>
13. Node.js | Аутентификация с помощью Passport.js [Электронный ресурс]. – <https://ichi.pro/ru/node-js-autentifikacia-s-pomos-u-passport-js-37831038020166>

*А. В. Чебан*

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
theconnor0@gmail.com*

В контексте информационной безопасности искусственный интеллект – это ПО, способное интерпретировать состояние среды, распознавать происходящие в ней события и самостоятельно принимать необходимые меры. ИИ особенно хорошо справляется с распознаванием закономерностей и аномалий, поэтому может быть прекрасным инструментом обнаружения угроз.

Системы машинного обучения – это ПО, способное самостоятельно обучаться на введенных человеком данных и результатах выполненных действий. Средства машинного обучения способны строить прогнозы, опираясь на сведения о развитии событий в прошлом [1].

Данные условия определяют постановку задачи – проанализировать возможность применения технологий ИИ в задачах информационной безопасности, определить перечень уже существующих и доступных для этого инструментов, а также рассмотреть возможность модификации тех инструментов, где ИИ не используется.

Основная задача ИБ, которую можно решить с помощью искусственного интеллекта – анализ больших объемов данных. Методы, которые могут применяться:

Сопоставление данных (классификация) – может использоваться для формирования диапазона показателей, которые считаются нормальными для системы.

Сверка нескольких сопоставлений – может также использоваться для формирования статистических отчетов на основе сопоставлений данных из различных источников.

Прогнозирование – данный метод может помочь, например, при защите от взлома.

Это достаточно трудоемкая задача, которая требует много времени и ресурсов.

Для решения этой задачи необходимы специальные инструменты. Однако в большинстве из них отсутствует искусственный интеллект как таковой. Например, с помощью механизмов ИИ можно модифицировать снифферы, что позволит в разы сократить анализ потока данных. Так, ИИ можно настроить таким образом, чтобы он отслеживал входящие и исходящие пакеты в целях поиска возникновения различной аномальной активности (к примеру, в закрытой сети ИИ может искать подозрительный трафик, который уходит из сети). Также возможна модернизация инструментов по поиску уязвимостей, что позволит быстро находить слабые места системы и находить способ решения проблемы.

Задача *AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations)* – предоставить ИТ-специалистам информацию о причинах, по которым могут возникать проблемы с Wi-Fi, WAN, коммутаторами или приложениями, а также выдать рекомендации по изменению настроек. Таким образом, с самого начала избегая лишних предположений, можно резко сократить число догадок и обеспечить лучший результат в целом.

Методы *AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations)* применяются для выявления и предупреждения проблем. Для этого заранее собирают в единую базу необходимые операционные данные со всех беспроводных устройств, сетевых коммутаторов и шлюзов SD-WAN во всей ИТ-экосистеме, включая инфраструктуру поддержки удаленной работы на дому.

Система сигнализирует в случае внезапного изменения производительности сети или приложения.

Механизмы *AIOps* также должны включать простые в употреблении функции поиска на основе обычного языка общения, которые позволят ИТ-персоналу быстро определять пользователя, сетевое устройство или конкретные аспекты проблемы в случае ее возникновения.

Для решения всех описанных выше задач необходимо специализированное «умное» оборудование, которое позволит реализовать и раскрыть весь потенциал использования искусственного интеллекта. Такой подход позволит не только увеличить уровень безопасности организации, но и значительно уменьшит время детектирования и устранения угроз.

### Литература

1. Как искусственный интеллект может противостоять киберугрозам / 08.11.2017 Мария Королов [Электронный ресурс] // Журнал «Директор информационной службы». – 2017. – № 10. – URL: <https://www.osp.ru/cio/2017/10/13053561>
2. Цели и задачи информационной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/osnovnye-aspekty-informatsionnoj-bezopasnosti/tseli-i-zadachi-informatsionnoj-bezopasnosti/>
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Using Artificial Intelligence in Cybersecurity // <https://www.balbix.com/insights/artificial-intelligence-in-cybersecurity/>

**Л. В. Черкесова, И. А. Смирнов**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВОЗВЕДЕНИЯ  
В СТЕПЕНЬ «С&В»**

*Донской государственной технической университет,  
г. Ростов-на-Дону, chia2002@inbox.ru*

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
i.a.smirnov-rcn@yandex.ru*

Ситуация, связанная с пандемией COVID-19 на начало 2020 года, показала необходимость обеспечения работоспособности систем различного уровня важности. Нагрузка и вычислительные мощности возросли, но также возросло и время ожидания обработки запросов, и системные ошибки, чем непременно пользуются злоумышленники. В связи со сложившейся ситуацией, перед ИТ-специалистами возник ряд задач, которые требовали и требуют немедленного разрешения по обеспечению надежности, отказоустойчивости, доступности, производительности, безопасности и т.д., по сопровождению данных систем.

Как утверждает международная компания, специализирующаяся на разработке инновационных решений в сфере информационной безопасности, *Positive Technologies*, только за первый квартал 2020 года было выявлено на 22.5% больше атак, чем в четвертом квартале 2019 года [1]. Существенно выросла доля атак на госучреждения с использованием ВПО (81% против 66%) и методов социальной инженерии (79% против 66%) [1].

Вовремя выявить и предотвратить серьезные хакерские атаки – всегда было непростой процедурой для специалистов информационной безопасности. В своем арсенале специалисты ИБ пользуются передовыми технологиями и алгоритмами, которые разрабатываются, дорабатываются и непременно совершенствуются. Эти технологии основываются на законах высшей математики, где непременно

используются различной сложности математические функции, такие, как возведение в степень по модулю, вычисление логарифма или корня числа, факторизация и прочее. Большинство из них используют операцию возведения в степень, которая тоже является трудоемкой и сложной для работы с большими числами, и может выполняться часами, а может быть даже сутками, в зависимости от задачи.

Поэтому идея данной работы – предложить один из вариантов возведения в натуральную степень, который работает существенно быстрее и лучше. Основывается данная разработка на идее возведения в степень с помощью метода аддитивных цепочек. Такой разработанный метод C&V (к центру и назад) позволяет сократить время вычислений и повысить производительность действующих, а также разрабатываемых обычных и криптографических алгоритмов, основанных как на доквантовых, квантовых, так и постквантовых технологиях.

Разработанные ранее модернизации алгоритмов факторизации р0-Полларда [9] и Питера Шора [10] показали, что классические алгоритмы работают недостаточно быстро. Именно поэтому была произведена их модернизация:

- р0-Поллард – замены алгоритма итерационного на рекурсивный алгоритм

- Питер Шор – замена в классической части НОД, возведение в степень с помощью аддитивных цепочек, отмена операции генерации случайного числа.

В процессе дальнейшей модификации этих алгоритмов, выяснилось, что на некоторых этапах тестирования применение алгоритма возведения в степень с помощью аддитивных цепочек не является рациональным решением. Это было выражено в потере скорости вычислений и в объеме памяти для хранения чисел. Именно эти проблемы стали для нас ключевыми при разработке нового метода возведения в степень.

Из названия алгоритма С&В (К центру и назад) следует, что при возведении в степень нет необходимости проходить полный маршрут. Достаточно дойти до  $\frac{1}{2}$  значения степени и вернуться в начало по кратчайшему пути. Тут, как и в аддитивном методе, создается БД по мере вычисления самой степени.

Блок-схема данного алгоритма изображена на рис. 1.

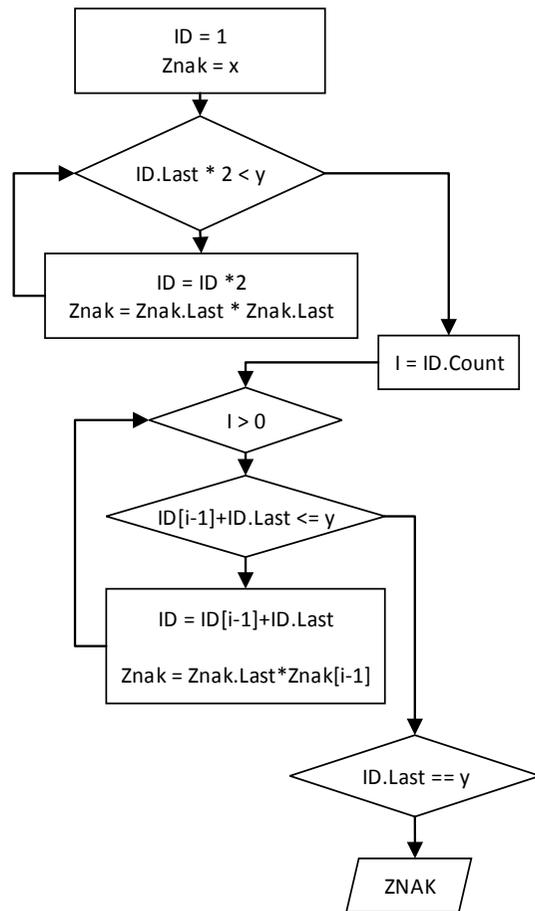


Рисунок 1 – Блок-схема метода

Работа алгоритма состоит из четырех шагов, описанных ниже:

Шаг 1. Текущей степени присвоить 1. Возведенному числу присвоить начальное значение числа.

Шаг 2. Если текущая степень, помноженная на 2, меньше искомой степени, переходим к Шагу 3. Иначе перейти на Шаг 4.

Шаг 3. Текущую степень умножаем на 2 и возведенное число умножаем на себя. Полученное число запоминаем к этой степени. Вернуться к Шагу 2.

Шаг 4. Прибавлять к текущей степени предыдущие в обратном порядке до тех пор, пока текущая степень не будет равна искомой. Соответственно перемножать текущее число на числа, закрепленных к суммируемым степеням.

Далее было проведено сравнение эффективности работы разработанного алгоритма с обычным, аддитивными цепочками и бинарными алгоритмами (Аль-Каши, L-R, R-L). Сравнение проводилось на числах от  $10^{10}$  до  $10\,000\,000^{1\,000\,000}$ .

Результаты представлены в рис. 2

	С&В	Обычный	Аль-Каши	L-R	R-L	аддитив
$10^{10}$	79,894	2,486	3,500	36,395	5,954	84,443
***						
$10\,000^{1\,000\,000}$	465,192,479	3,475,482,05 3	324,988,198	4,636,749	5,685,190	469,201,688
***						
$100\,000^{1\,000\,000}$	841,859,118	6,207,374,41 2	520,458,518	7,178,628	8,855,840	894,001,009
***						
$10\,000\,000^{1\,000\,000}$	1,532,975,87 2	7,557,654,81 0	1,013,627,95 4	11,664,32 7	12,692,64 3	1,747,814,63 1

Рисунок 2 – Результат эффективности работы алгоритма

На данном рисунке представлены значения времени выполнения операций в тактах таймера процессора Intel(R) Core(TM) i5-9300H CPU @ 2.40GHz.

Средняя эффективность разработанного алгоритма по сравнению с аддитивными цепочками равна 7%.

Бинарные алгоритмы возведения показали наилучшую эффективность по сравнению с аддитивными цепочками и разработанным алгоритмом C&V. Это объясняется тем, что они не хранят временные массивы значений в памяти.

Несмотря на преимущества и эффективность разработанного алгоритма его главным минусом, как и у других алгоритмов, является рост памяти процессора при вычислении степени. Данный показатель может достигать более 2 ГБ при самых «безобидных» вычислениях и занимает более 2-х часов.

Поэтому дальнейшей и первоочередной задачей для доработки и модификации данного алгоритма – решить проблему с памятью. Решение этой проблемы тем самым позволит ускорить работу алгоритма.

### Литература

1. Актуальные киберугрозы: I квартал 2020 года // Positive Technologies [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2020-q1/> (дата обращения 07.03.2021)
2. Глава 8. Быстрое возведение в степень // Учебные материалы по информатике для школьников классов при мехмате 54 школы г. Москвы // А. Н. Швец [Электронный ресурс]. – URL: <http://mech.math.msu.su/~shvetz/54/inf/perl-problems/chFastPower.xhtml> (дата обращения 28.02.2020)
3. Панкратова И. А. Теоретико-числовые методы криптографии [Текст] / Панкратова И. А. – Томск : ТГУ, 2009. – 120 с.
4. Алгоритм аль-Каши // Научно-Популярный сайт «Перекрестки Наук» (CrossroadsofSciences) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.psciences.net/main/sciences/mathematics/articles/alkashi.html>
5. Рябко Б. Я. Основы современной криптографии для специалистов в информационных технологиях [Текст] / Б. Я. Рябко, Фионов А. Н. – Научный мир, 2004. – С. 15–173 с. – ISBN 978-5-89176-233-6

6. Cohen H. Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography [Текст] / Frei G. – Chapman & Hall/CRC, 2006. – С. 145–150. – 808 с. – ISBN 1-58488-518-1.
7. Крэндалл Р. Алгоритмы с открытыми ключами [Текст] / Р. Крэндалл, К. Померанс // Простые числа: Криптографические и вычислительные аспекты – М. : URSS, 2011. – С. 514–520. – 663 с. – ISBN 978-5-453-00016-6, 978-5-397-02060-2
8. Кнут Д. Э. Искусство программирования [Текст] / Д. Э. Кнут. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2012. – 788 с.
9. Реализация р-метода факторизации Полларда на языке C++ [Текст] // СЕВЕРЛЕНИНКА [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-metoda-faktorizatsii-pollarda-na-yazyke-c> (дата обращения 12.02.2021)
10. Повышение быстродействия квантового алгоритма факторизации Питера Шора путём усовершенствования его классической части // Научный журнал «Современные наукоемкие технологии» [Электронный ресурс]. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37389> (дата обращения 12.02.2021)

СЕКЦИЯ 2  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ).  
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЛОСОФСКО-  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*В. И. Левин*

**ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПОСПЕЛОВ:  
К ПРЕДСТОЯЩЕМУ 90-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ**

*Пензенский государственный технологический университет,  
г. Пенза, vilevin@mail.ru*

Крупный российский ученый-специалист в области применения логических методов в технике и системных исследованиях, замечательный человек, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН (Российская Академия Естественных Наук) и МАИ (Международная Академия Информатизации) Дмитрий Александрович Поспелов родился в Москве 19 декабря 1932 года.

В 1956 году Д.А. Поспелов окончил механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. С 1956 по 1968 год он трудился в Московском энергетическом институте, а с 1968 г. работал профессором Московского физико-технического института. С 1968 по 1998 гг. Дмитрий Александрович работал в Вычислительном центре РАН в качестве заведующего отделом проблем искусственного интеллекта. Помимо научно-исследовательской работы Д.А. Поспелов много времени и сил всегда уделял педагогической работе. Он был прекрасным человеком, что всегда привлекало к нему талантливых аспирантов, студентов и начинающих ученых! Многие из них считают себя его учениками. Среди его учеников было более 50 кандидатов наук и 5 докторов наук.

Д.А. Поспелов многие годы был одним из ведущих советских (российских) специалистов в разработке новых методов управления сложными системами, создания новой архитектуры ЭВМ и проблем искусственного интеллекта. Он автор 20 монографий и свыше 300 научных статей. Среди его книг наиболее широкой известностью в России и за рубежом пользуются: «Логические методы анализа и синтеза схем» (три издания в СССР: 1964, 1968 и 1974 гг., переведены на болгарский и немецкий языки); «Мышление и автоматы» (1972 г., переведено на чешский язык), где сформулированы впервые модели, лежащие в основе метода ситуационного управления большими системами, теория которого изложена в монографии «Ситуационное управление. Теория и практика», (1986 г.); «Введение в теорию вычислительных систем» (1972 г., переведено на немецкий язык) (два издания, 1973, 1977 гг., переведены на чешский, болгарский и немецкий языки), где был дан общий взгляд на системы проектирования сложных технических систем; «Игры и автоматы» (1965 г., переведено на польский и испанский языки); «Логико-лингвистические модели в системах управления» (1981 г.), в которой изложены принципы построения интеллектуальных систем для управления и проектирования; «Представление знаний о пространстве и времени в системах искусственного интеллекта» (1988 г.), где изложены основы псевдофизических, пространственных, временных, каузальных логик, а также логики действий, логики целей и логики оценок. Помимо сказанного, Д.А. Поспелов в первый период своей научной деятельности, а именно в 1950-е – 1960-е годы успешно и много занимался разработкой математического аппарата временных логических функций применительно к традиционным задачам синтеза и анализа дискретных вычислительных и управляющих устройств.

Профессором Д.А. Поспеловым был создан целый комплекс новых методов построения систем управления, в основе которых лежит идея семиотических (конкретно логико-лингвистических) моделей представления объекта

управления и описания процедур управления ими. Идеи, положенные в основу таких методов (наибольшее распространение в СССР (России) получили метод семиотического моделирования и метод ситуационного управления) ещё в конце 1960-х годов, на десятки лет опередили аналогичные идеи, которые впоследствии вновь появились сначала в работах по искусственному интеллекту и интеллектуальным системам, а начиная с 1995 года – в рамках нового мирового научного направления «прикладная семиотика». В СССР еще в 1970-х годах с помощью метода семиотического моделирования и метода ситуационного управления были созданы эффективные модели и методы оперативного диспетчерского управления такими разнообразными объектами, как грузовой морской и рыбный порты, трубопроводный транспорт, автокомбинат, а также рядом специальных объектов. Также были разработаны специальные логические модели, отображающие в памяти технической системы полный набор необходимых знаний о фундаментальных связях между явлениями окружающей среды. Эти модели получили общее название псевдофизических логик. Среди них – пространственная, временная и причинно-следственные логики, а кроме того – логики целей и действий. В 1987 году в издательстве «Наука» вышла коллективная монография под редакцией Д.А. Пospelова «Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах», в которой эти исследования получили завершённое представление.

Д.А. Пospelовым был создан прикладной математический аппарат ярусно-параллельных форм, позволивший ставить и решать многие задачи, связанные с организацией параллельных вычислений в вычислительных сетях и комплексах. На его основе в 1960-е – 1970-е годы были решены такие задачи, как асинхронное и синхронное распределение программ по различным машинам вычислительной системы, задачи оптимальной сегментации программ и оптимизацион-

ные задачи, связанные с распределением информационных обменов. Развитие методов данной группы привело к разработке новых концепций для создания спецпроцессоров баз знаний и логического вывода, использующих в качестве математической модели представления знаний семантические фреймы или сети. Д.А. Поспелов был руководителем двух международных проектов по созданию прототипов ЭВМ новых поколений: советско-венгерского проекта ЛИВС (Логическая информационно-вычислительная система) и проекта ПАМИР (Параллельная архитектура. Микроэлектроника. Интеллектуальный решатель), разрабатывавшегося в 1970-е – 1980-е годы совместно СССР, Чехословакией, Болгарией и Польшей.

Интересы Д.А. Поспелова не ограничиваются только научной и преподавательской деятельностью. Стихи и проза, история, библеистика, археология и нумизматика, живопись – вот далеко не полный перечень его увлечений.

В сентябре 1996 г., во время проведения Д.А. Поспеловым Международной научной конференции по искусственному интеллекту в Казани, с ним произошел несчастный случай. Колоссальные усилия врачей и членов семьи буквально вытащили его с «того света». Однако он лишился подвижности и речи, став инвалидом. Но и в этой новой, трудной ситуации Д.А. Поспелов нашел в себе силы продолжать жить полной жизнью. Он по-прежнему общался с коллегами, участвовал в оргкомитетах научных конференций. Он даже издал несколько книг беллетристики. В декабре 2002 г. было отмечено 70-летие Д.А. Поспелова, а в декабре 2012 г. – его 80-летие.

Дмитрий Александрович Поспелов скончался 30 октября 2019 года, на 87-м году жизни.

*Н. Ю. Возиянова, А. Н. Германчук*

**НАУКА – ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ –  
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ПРОБЛЕМА  
ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРОВ РАЗВИТИЯ**

*Государственная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк,  
nagasadoo@narod.ru, allagerm@rambler.ru*

Развитие любой страны, во все времена, связано с людьми, выбором векторов и определением приоритетов, замысла и смысла тех или иных действий или отказа от них. Именно люди для любой страны – важный и ценный ресурс, но ресурс, который целесообразно еще сформировать как капитал. Человеческий капитал не целесообразно в полной мере ассоциировать с капиталом неодушевленным, т.к. человек может работать с разной отдачей (степенью полезности), а наносить вред – более значительный, чем простая сумма его действий, оцениваемая как разница между доходом, получаемым предприятием, и стоимостью его труда. Например, после работы (в нерабочее время) заниматься подрывной деятельностью, участвуя в выполнении работ для НКО, финансируемых Западом, распространяя токсичную информацию через блог, соцсети и т.п. Отсюда качество человеческого капитала играет существенную роль для страны и общества в целом.

Качество человеческого капитала – совокупность минимально допустимых требований к человеку (гражданину/работнику/сотруднику) определяющих его гражданскую пригодность и характеризующихся его убеждениями и компетенциями, полезность от использования которых превышает затраты на его подготовку как специалиста и получаемую отдачу от его деятельности. Качество перерастает в количественный результат, когда действия индивида осознанны и нацелены на благо общества, предприятия, страны. В основе

должны лежать: идеология и убеждения человека как единицы их носителя; осознанные действия, компетенции и компетентность. Через поиск и осознание смыслов (например, смысла жизни) человек получает возможность понять, принять/отвергнуть предлагаемые варианты действий, направления развития и т.п. через осознание сути и механизмов, способов реализации, позволяющих ему расставить жизненные и/или бизнес-приоритеты и выбрать способы достижения цели. Понимание того, что есть «хорошо и плохо», «правда и ложь», «Родина и чужбина», «слава и бесславье», «честь и предательство», могут ли деньги быть идеологией общества и к чему приводит манипулирование общественным сознанием, осуществляемое в рамках не прекращающейся идеологической войны Запада, особенно в цифровой век; где грань между объективной критикой, критиканством, халатностью, демократией, либерализмом и предательством являются основными акцентами в подготовке современного специалиста. В этой связи формирование человека-созидателя, человека-гражданина страны, а не пользователя, через познание им смыслов, через размышления и осознание пути развития и возможных векторов для достижения цели на основе максимальной реализации его потенциала и интеллекта – задача государственной важности. В словарном определении сущность интеллекта трактуется как «...общая способность к познанию и решению проблем, которая объединяет познавательные способности: ощущение, восприятие, память, представление, мышление, воображение, а также внимание, волю и рефлекссию» [1]. Следовательно, интеллект человека и его интеллектуальные способности позволяют сформировать целеполагание, осуществить планирование необходимых ресурсов, разработать стратегии достижения цели и тактические способы их реализации, что является основой конкуренции.

Ученый и преподаватель, предприниматель и бизнесмен, руководитель и менеджер – это не синонимичные понятия, а термины, в своей основе имеющие четкое разграничение и смысл, а, следовательно, характеризуют различные способности выполнять те или иные функции, устанавливать цели и решать соответствующие задачи. И, наверное, приходит время этот смысл вспомнить и отрегулировать действие системы для достижения целей развития страны. В противном случае страну ожидает сначала стагнация, а затем регрессионное движение, неминуемо приводящее не только к негативным, но и трагичным результатам.

Драйвером развития всегда была и остается наука, позволяющая через знания, их концентрацию найти способы решения поставленных задач, создать новую технику и технологии, позволяющие упростить, улучшить жизнь человека и ее качество, осуществлять управление и защиту национальных интересов страны и ее партнеров [2]. Примером тому Россия и ее действия за последние 15 лет.

Наука непосредственно связана с образованием, т.к. вырастить ученого (кандидата, доктора наук) задача, горизонт реализации которой составляет 20-30 лет с учетом максимального использования возможностей и потенциала человека, и благоприятных обстоятельств. Отметим, что инвестиции в науку и научные разработки приоритетно осуществляются государством и предпринимательским сектором, а в ДНР инвестирование в науку и научные разработки минимальные. Следовательно, государство и предпринимательство пока обходятся «старыми», собственными знаниями, не заинтересованы в анализе и обосновании инновационных и нестандартных решений в той или иной сфере, включая отсутствие системности и стратегического видения развития, разработку технологических решений, продуктов и т.п. В этих условиях научная общественность реализует собственные исследования, в большей степени

основанные на интуитивном выборе векторов и самостоятельном опыте проведения прикладных и фундаментальных исследований (по мере возможности). Это прослеживается из анализа работы диссертационных советов и публикаций ученых, т.к. ученый имеет потребность в проведении исследований; поддержании своей компетентности и экспертности вне зависимости от создания либо не создания государством благоприятной для реализации исследовательской деятельности среды. Причем для ученого важно постоянство в осуществлении научной работы, т.к. «простой» компенсировать уже нельзя. Конечно же речь идет о той части ученых, которые реально способны генерировать реализуемые идеи, а не о писателях, занимающихся критиканством, переформулированием очевидных фактов, переводом в собственной интерпретации иностранных источников, которые в неадаптированной форме к имеющейся в стране институционально-экономической среде не могут даже служить ориентиром для дальнейшего ее развития.

В условиях, когда скорость принятия решения и время на обработку данных составляет ценность, применение искусственного интеллекта становится необходимостью. Для эффективного использования искусственного интеллекта в рамках Республики целесообразно сформировать стратегию его внедрения, а также обеспечить законодательную поддержку механизмов его использования.

### **Литература**

1. Интеллект : Википедия. Свободная энциклопедия. – URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/интеллект> (дата обращения: 03.05.2021).
2. Влияние технологий искусственного интеллекта на экономику и бизнес / Tavisер: Государство. Бизнес. ИТ [сайт]. 11.11.2019. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 03.05.2021)

*А. В. Волков*

**ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА  
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ МОЗГА**

*Всероссийский научно-исследовательский институт  
экспериментальной физики, Институт теоретической  
и математической физики, Нижегородская область, г. Саров,  
Volckoff@yandex.ru*

Рассматривается подход к построению программно–аппаратной модели процессов информационного взаимодействия произвольной структуры нейронов. Первичная информация поступает в структуру от сенсорной подсистемы, распространяется в виде информационных пакетов по иерархии программных и сетевых связей. Каждый узел системы, обладая индивидуальной логикой обработки входной информации, может изменять или не изменять своё логическое состояние на основании полученной информации. В случае изменения своего состояния он формирует пакет выходной информации, передаваемый исполнительной системой программным путём или посредством сетевого обмена следующему уровню обработки – набору нейронов, связанных с исходным нейроном связями, описываемыми в общей конфигурации.

Количество, размещение и типы датчиков сенсорной системы должны соответствовать функционалу системы, определяемому «телом», где «тело» – искусственный технологический объект. «Тело» может быть произвольным – локализованным или распределенным, но его функциональность должна быть predetermined.

В сенсорную подсистему могут быть включены как датчики различных физических величин, так интегрированные каналы ввода информации, такие, как зрение, слух, запах и т.п. Информация от интегрированных каналов

раскладываются на ряд составляющих, определяющих физические параметры объектов окружения – форму, размер, цвет, запах, удаленность и т.д.

На основании суперпозиции введённых значений параметров мы можем построить во временной развертке иерархию абстракций объектов с различной полнотой описания их свойств и сформировать связи между ними, определяющие наследственность и их функциональные взаимосвязи в иерархии отношений.

Однородность представления данных достигается путем применения аппарата нечеткой логики, с формированием по каждому параметру набора значений лингвистических переменных небольшой размерности.

Структурные отношения, формирующие связи между программными нейронами и логику обработки входных сигналов, описываются специальным объектным языком конфигурации и программирования, работающим в ядре исполнительной программной системы. Язык реализован таким образом, что его конструкции (связи) могут динамически корректироваться, что даёт возможность реализации адаптивных логических конструкций.

Подсистема памяти, основанная на объектной модели, может быть реализована как одноуровневая, так и с созданием системы нескольких уровней хранения информации об объектах, основанной на оперативной необходимости использования этой информации.

Информационная база объектов характерна тем, что любой объект – физический или абстрактный имеет однородную структуру и идентифицируется своим уникальным лексическим наименованием. Это даёт возможность создать универсальный язык обмена информацией. Язык подчиняется простым правилам построения предложений – время, объект, свойства, действие.

При таком подходе, этап «обучения» системы состоит в передаче или статическим путём через конфигурацию, или через каналы ввода-вывода информации, описывающей как сами внешние по отношению к ней объекты и их свойства, так и их динамические характеристики. Однако, фаза идентификации и адаптации к конкретным условиям применения данной информации обязательна.

То есть можно говорить о предварительном обучении некоторым типам объектов и реакций, хотя реальная реакция может сильно отличаться от введённого шаблона. На уровне конфигурации предполагается «обучение» уровня рефлексов – условных и безусловных, а также реакция более сложного характера, которой соответствует поведенческий инстинкт данного «тела».

Необходимо отметить, что в качестве объектов, хранящихся в памяти, предполагаются так же и объекты, отвечающие за функциональность «тела» и его внутренних подсистем. Они предопределены в конфигурации (ДНК) и, как правило, имеют детерминированные характеристики в топологии связей и в логике обработки.

Динамическое формирование массива именованных объектов, их статических и динамических свойств и есть суть начальной обработки информации «мозгом». Следующим уровнем обработки информации можно определить формирование реакции на внешние события, где событием является любое изменение статических и динамических свойств окружающих объектов.

Формируется механизм «сцен». В них окружающие объекты распределяются по абстрактным «ролям» и, с учётом формирования «Цели», происходит исполнение функции изменения состояния или внутри «сцены», или самой «сцены» за счет активации исполнительных подсистем путем формирования последовательности управляющих сигналов.

Значение сложной целевой функции рассчитывается на основе анализа суперпозиции состояния «тела» и его подсистем, базовой целевой функции (закладывается в конфигурацию с последующей модификацией) и состояния внешнего окружения на основе анализа суперпозиции «сцен».

Важно отметить, что все подсистемы «тела» обслуживаются параллельно работающими в едином пространстве имён (namespace) подпрограммами, реализованными на узловой логике ДНК-подобного языка программирования, которые рассчитывают состояния этих подсистем на основе первичной информации, полученной как от сенсорной подсистемы, так и от информации на основе анализа состояний всех связанных подсистем.

В какой-то мере описанная структура подобна структуре города, где инфраструктурный каркас – управление, производство и прочее, наполняется людьми и формирует адаптивную исполнительную систему на основе исполнительных функций людей. Подобность таких структур доказана в работах П.К. Анохина по теме «Теория функциональных систем»: *«Все функциональные системы, независимо от уровня своей организации и от количества составляющих их компонентов, имеют принципиально одну и ту же функциональную архитектуру, в которой результат является доминирующим фактором, стабилизирующим организацию систем»* (Анохин П. К., 1971).

Предложенная методика позволяет реализовать прорыв в компьютерном моделировании когнитивных систем, в которых когнитивную способность можно определить, как результат параллельной работы большого числа внутренних специализированных и адаптивных подсистем в процессе реализации целевой функции «тела».

Объективно, изложенный материал даёт только общее представление о реальной методике, однако все предложенные решения опробованы на практике и дают основания для оптимистического прогноза.

## Литература

1. Жданов А. А. Автономный искусственный интеллект (Адаптивные и интеллектуальные системы) [Текст] / Жданов А. А. – 2012.
2. Емельянов-Ярославский Л. Б. Интеллектуальная квазибиологическая система [Текст] / Л. Б. Емельянов-Ярославский. – 1990.
3. Технологическая сингулярность [Текст] / Мюррей Шанахан : Пер. с англ. – М. : Издательская группа «Точка», Альпина Паблишер, 2017. – 256 с.
4. Жданов А. А. Применение нечеткой логики в имитационной системе автономного адаптивного управления [Текст] / А. А. Жданов, М. В. Караваев
5. Луговской В. М. Супермозг человечества [Текст] / Луговской В. М. – 2009.
6. Джефф Хокинс Об интеллекте [Текст] / Джефф Хокинс, Сандра Блейкли. – 2007.
7. Иерархическая темпоральная память (НТМ) и ее кортикальные алгоритмы обучения (С) Numenta, Inc. 2011.
8. Судаков К. В. Функциональные системы [Текст] / Судаков К. В. – Москва: «Издательство РАМН», 2011.
9. Савельев А. В. Онтологическое расширение теории функциональных систем [Текст] / А. В. Савельев // Журнал проблем эволюции открытых систем. – Казахстан, Алматы, 2005. – № 2.
10. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин. – М., 1980.

*Т. Д. Ключанова*

**СИСТЕМА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ  
И САМООЦЕНКИ ДОМИНИРУЮЩЕГО  
ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛИЧНОСТИ  
ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ШКАЛЕ ЭМОЦИЙ ИЗАРДА**

*Государственное учреждение*

*«Институт проблем искусственного интеллекта»,*

*г. Донецк, kklushanova@mail.ru*

Разработка компьютерных систем контроля психо-эмоциональных состояний человека как личности является одной из актуальных задач сферы искусственного интеллекта [1].

В настоящей работе разработан программный продукт как средство для более точного и более детализированного тестирования и диагностирования эмоциональных состояний личности по заданному перечню фундаментальных эмоций с целью выделения доминирующего эмоционального состояния и определения настроения клиента в момент тестирования.

Для этих целей был выбран тест и шкала дифференциальных эмоций (ШДЭ) американского учёного Кэрола Изарда с соответствующей методикой и алгоритмами выполнения расчётов [2].

В методике Изарда ШДЭ на момент тестирования из девяти возможных уже выбраны десять фундаментальных эмоций и клиенту остаётся выбрать только одну доминирующую эмоцию и соответственно состояние и не прямо, а косвенно, отвечая на вопросы, в какой степени каждое из представленных по каждой эмоции понятий описывает его самочувствие в данный момент, оценивая всё это по четырёхбалльной шкале: «совсем не подходит» – 1 балл, «пожалуй, верно» – 2 балла, «верно» – 3 балла, «совершенно верно» – 4 балла. Из десяти рядов заполненных оценками понятий выбирается ряд с максимальным значением суммы

оценок в баллах, который и будет соответствовать доминирующей эмоции тестируемого клиента, которая представляет этот ряд.

Алгоритмы методики Изарда программно реализованы на языке Delphi – структурированном, объектно-ориентированном высокоуровневом языке программирования со средой разработки программного обеспечения с использованием системы программирования Delphi версии 7 фирмы Enterprise (Borland), что предоставляет наиболее широкие возможности для программирования приложений ОС Windows.

Основным требованиям при разработке программного комплекса, а также требованию простоты реализации алгоритмов и ускорения разработки удовлетворяло использование web-интерфейсов, которые имеют множество преимуществ, такие как визуализация и концепция навигации через гиперссылки.

Программа реализована в виде дополнительного пятнадцатого модуля диагностического тестирования, предназначенного для реализации функций обработки запроса по шкале методики Изарда: алгоритмы тестирования и обработки получаемой при тестировании информации, к четырнадцати существовавшим общего комплекса программных средств для диагностирования других различных психоэмоциональных состояний личности и интеллектуально-духовной реабилитации посредством предлагаемого набора мультимедийных средств.

На главной странице общей программы комплекса шкала Изарда занимает последнее место в меню и может выбираться пользователем в пункте «*Диагностические тесты*».

Методика этой шкалы представляет собой таблицу или бланк, состоящий из вопросов-понятий и оценок-ответов на них.

Пользователь осуществляет выбор варианта нажатием левой кнопки «мыши» на соответствующем поле таблицы (рис. 1). В конце теста при нажатии кнопки «*Результат*» на экран монитора выводятся результаты тестирования (рис. 2).

Результаты тестирования по модулю запоминаются в глобальные массивы для последующего формирования их и ввода в персональные (рис. 3) и групповые протокольные заключения общего диагностического комплекса.

**Дифференциальная шкала эмоций по К. Изарду**

Отметьте один из четырех вариантов ответа в зависимости от того, в какой степени каждое понятие описывает Ваше состояние в настоящий момент.

№ п/п	Эмоциональное состояние	Нет, не верно	Пожалуй, верно	Верно	Совершенно верно
2	Концентрированный		+		
3	Собранный		+		
4	Наслаждающийся		+		
5	Счастливый		+		
6	Радостный			+	
7	Удивленный			+	
8	Изумленный			+	
9	Пораженный		+		
10	Унылый		+		
11	Печальный	+			
12	Сломленный		+		
13	Взбешенный			+	
14	Гневный				

**Результаты**

Рисунок 1 – Тестирование по методике Изарда

**Дифференциальная шкала эмоций по К. Изарду**

Отметьте один из четырех вариантов ответа в зависимости от того, в какой степени каждое понятие описывает Ваше состояние в настоящий момент.

№ п/п	Эмоциональное состояние	Нет, не верно	Пожалуй, верно	Верно	Совершенно верно
19	Презрительный	+			
20	Пренебрегающий	+			
21	Надменный		+		
22	Пугающий		+		
23	Страшный		+		
24	Сеющий панику		+		
25	Застенчивый		+		
26	Робкий	+			
27	Стыдливый	+			
28	Сожалеющий	+			
29	Виноватый	+			
30	Раскаивающийся	+			

Тест окончен

Баллы: 6

ОК

Ваша эмоция в настоящий момент: радость; самочувствие в целом - положительное

**ПЕРЕЙТИ К ТЕРАПИИ**

Рисунок 2 – Результаты тестирования по методике Изарда

## ПРОТОКОЛЬНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о результатах выполнения комплексного компьютерного психофизиологического  
диагностирования эмоционально-психологического состояния личности

Дата проведения диагностирования: 07.05.2021 г.

Диагностируемое лицо: Клюшанова Татьяна Дмитриевна

Пол: женщина

Возраст: 58 лет

### 15. Дифференциальная шкала эмоций по К. Изарду

Баллы: 6

Заключение: Ваша эмоция в настоящий момент: радость; самочувствие в целом -  
положительное

Справочная информация:

Баллы в тесте начисляются по 4-х балльной шкале (1 – совсем не верно, 2 – пожалуй, верно, 3 – верно, 4 – совершенно верно). Наибольшее количество баллов соответствует вашей эмоции в данный момент, которая определяется по ключу: ряд 1 в тестовом материале (внимательный, концентрированный, собранный) соответствует эмоции интерес и т.д).

Кроме того, полезно дополнительно сравнить результаты сложения сумм отдельных эмоций, а именно:  $K = (C1 + C2 + C3 + C9 + C10) / (C4 + C5 + C6 + C7 + C8)$ , где К – самочувствие, C1, C2, C3... – эмоция под №1, №2, №3, №... соответственно.

Если показатель К будет больше 1, то самочувствие в целом более отвечает положительному (с повышенным настроением) типу акцентуации человека. Если К получится меньше 1 – самочувствие можно охарактеризовать как отрицательное (с пониженным настроением) типу акцентуации характера человека.

Рисунок 3 – Форма протокольного заключения

## Литература

1. Сальников, И. С. Система компьютерного диагностирования психофизиологических состояний личности [Текст] / И. С. Сальников, Р. И. Сальников, Т. Д. Клюшанова // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – № 3 (18). – С. 23–34.
2. Эмоциональный процесс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://policlinic1.ru/polezno-znat/psixoemocionalnoe-sostoyanie.html>.

*В. Н. Пигуз, С. А. Изосимова, К. С. Ивашко*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗМЕДИКАМЕНТОЗНЫХ  
МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-  
ДУХОВНОЙ ТЕРАПИИ –  
АКТУАЛЬНОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Государственное учреждение  
«Институт проблем искусственного интеллекта»,  
г. Донецк, redakcija\_intellekt@mail.ru*

В силу напряженной обстановки, сложившейся во всем мире, отрицательно воздействующей на психоэмоциональное состояние человека, возникла острая необходимость в исследовании и разработке систем, направленных прежде всего на то, что человек как живой организм остро реагирует на внешние факторы, на конкретные события и обстоятельства, составляющие фундамент смыслов общественного бытия.

Синдром профессионального выгорания, стрессы и депрессии, тревожность... Вот далеко не полный перечень того, что прочно укоренилось в современном обществе. Поэтому своевременная диагностика, безмедикаментозная компьютерная коррекция и самосовершенствование психофизиологического и психоэмоционального состояния, вот составляющие не только здоровой, деятельной и состоявшейся личности, но и общества в целом. Эти вопросы являются чрезвычайно актуальными и востребованными в современном научном сообществе.

Данный аспект является целью научно-исследовательской разработки «Исследование и разработка научных основ эффективного использования безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии для саморегуляции психоэмоциональных состояний личности», проводящейся в Государственном учреждении «Институт проблем искусственного интеллекта». Что дает реальную

возможность представить научному сообществу один из способов комплексной терапии, сочетающий в себе основные аспекты взаимосвязи: человек-общество, и обозначить роль технических наук и искусственного интеллекта в вопросах улучшения сложившейся напряженной психоэмоциональной обстановки. В частности, взаимосвязь человеческих эмоций с цветовыми образами и ее влияние на психоэмоциональное состояние человека.

Сегодня остро звучит вопрос о необходимости валеологического подхода к проблеме психического здоровья. То есть изначальная (первичная) направленность на воспитание личности, сохранение творческого долголетия и работоспособности, а также особого психического статуса личности [1].

Физическое состояние человека обладает четкой взаимосвязью с психоэмоциональным, интеллектуальным. Это две половины единого целого – человеческой личности. Что дает возможность не только диагностировать состояние человека, но и анализировать на данный момент его способности к творчеству, учебе и т.п.

Логическое познание базируется на основных формах мышления, каковыми являются понятия, суждения, умозаключения. Важное значение в оценке качества воспринимаемого человеком изображения играет зрительная система человека, особенности и характеристики которой должны быть рассчитаны при разработке критериев оценки качества. Как известно, зрительная система человека при восприятии изображения работает как дифференциальный анализатор, который выделяет и передает в мозг человека наиболее существенную часть визуальной информации. Она имеет систему непостоянных параметров и характеристик (амплитудная, частотная), которая зависит от таких внешних факторов как уровень яркости изображения, условия адаптации глаза и др.

Связь между элементами цветового и эмоционального пространства распространяется на семантические пространства и эмоции. Например, если проанализировать картину, созданную художником, то можно выделить цветовую гамму, которую использует художник, а по ней определить его эмоциональное состояние в процессе создания картины и какое оно будет иметь влияние на смотрящего, на его психоэмоциональное состояние.

Для проектирования методической базы разработки использовались следующие методики диагностирования и распознавания психофизиологического состояния человека:

- методика САН (самочувствие, активность, настроение) – в 1973 г. предложена В.А. Доскиным и соавторами состоит из 30 биполярных шкал, которые группируются в 3 категории: настроение, активность, самочувствие [2, с. 551]. Тестируемый самооценивает свое состояние в баллах в соответствии с имеющейся шкалой самооценки. Норма находится в пределах 50 – 55 баллов;

- методика «Градусник» для самооценки эмоциональных состояний – (разработчик Н.П. Фетискин) предназначена для экспресс-диагностики эмоциональных состояний, так как фиксирует состояния в их динамическом развитии [2, с. 551];

- опросник ПНПН (признаки нервно-психического напряжения) [2, с. 551];

- методики диагностирования профессионального выгорания (сгорания) [2, с. 551] – текст опросника состоит из 84 суждений-утверждений, по каждому из которых испытуемый должен выразить свое мнение;

- методика «Накопление эмоционально-энергетических зарядов, направленных на самого себя» (разработчик В.В. Бойко) – формирует картину эмоционально-энергетического напряжения, которое накапливается внутри организма человека и не получает выхода вовне [2, с. 550];

– модифицированная шкала личностной соревновательной тревожности (МШЛСТ) – адаптирована к отечественным реалиям и менталитету Ю.Л. Ханиным в 1983 году. Позволяет оценить индивидуальную эмоциональную реакцию человека перед предстоящим событием: соревнованием, стрессовой ситуацией и т.п.

Также «8-цветовой тест Люшера, диагностирующий психологические особенности человека с осознанными и неосознанными мотивами и побуждениями к деятельности» (рис. 1) [3, с. 10].

Учеными уже давно доказано, что музыка и использование цвета являются лучшими терапевтами и блокираторами негативных эмоций. В частности, соответствующая музыка ускоряет частоту сердечных сокращений, а столь любимая молодым поколением рок-музыка воздействует на организм не только слышимыми звуками, но и инфра-, а также ультразвуками. То есть при длительном воздействии способна разрушить мозговые рецепторы.



Рисунок 1 – Главное окно программы «Цветовой тест Люшера» [3, с. 13]

Относительно технической и программной характеристики, разрабатываемая в ГУ «ИПИИ» система исследования и разработки научных основ эффективного использования безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии для саморегуляции психоэмоциональных состояний личности отмечает следующее, она базируется на группах прикладных программных продуктов, патентном поиске, произведенном по ключевым словам, и реализует различные методики диагностирования и изучения психоэмоциональных состояний личности человека международного уровня:

- программы, обеспечивающие изучение психоэмоционального состояния человека по известным методикам изучения его эмоциональных состояний;

- программы, обеспечивающие изучение индивидуальных психологических, эмоциональных особенностей личности;

- программы, обеспечивающие восстановление нормального состояния функционирования организма человека без применения медикаментозных средств [3, с. 10].

Также к разработке выдвигались следующие требования:

- простота диагностирования и самодиагностирования;
- обеспечение максимально понятного и удобного интерфейса пользователя с использованием современных средств воспроизведения информации, звуков и изображений;

- сопроводительная анимация и звуковые средства должны нести положительный эффект и обладать разгрузочным характером [4].

**Вывод.** Неоспоримым достоинством разработки является то, что она предназначена для индивидуального пользования. Позволяет любому пользователю, заинтересованному в нормализации своего психоэмоционального

состояния, осуществить данную коррекцию без особых усилий и напряжения. Позволяет разгрузить мозг и психоэмоциональную сферу личности от негативных воздействий окружающей среды, полагаясь при этом на естественные возможности человеческого организма и нервной системы [5]. Кроме того, ее использование способствует использованию интеллектуальных компьютерных технологий в более глобальных, индивидуальных, личностных масштабах.

### Литература

1. Сальников И. С. Современные методы и методики изучения и диагностирования интеллектуально-психофизических состояний человека и способы их компьютерной аудиовизуальной терапии [Текст] / И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 548–554.
2. Бурлачук Л. Ф. Психодиагностика личности [Текст] / Л. Ф. Бурлачук. – К. : Здоровье, 1989. – 168 с.
3. Хомская Е. Д. Нейропсихология [Текст] / Е. Д. Хомская. – СПб.: ПИТЕР, 2005. – 496 с.
4. Иванова, С. Б. Особенности и результаты групповой компьютерной диагностики и безмедикаментозной терапии психоэмоциональных состояний трудового коллектива в эксперименте [Текст] / С. Б. Иванова, И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Проблемы искусственного интеллекта / International Peer-Reviewed Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence», ISSN 2413-7383. – 2021. – № 1 (20).
5. Изосимова С. А. Проблемы компьютерной библиотерапии [Текст] / С. А. Изосимова, С. Б. Иванова, И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Проблемы искусственного интеллекта International Peer-Reviewed Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence» ISSN 2413-7383. – 2018. – № 2 (9). – С. 47–59.

*И. С. Сальников*

## **ПРОБЛЕМА НАУЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк, iss\_iai@mail.ru*

Одной из важных задач науки как формы общественного сознания является обобщение научных знаний в виде различного рода классификаций, имеющих большое значение для построения научной картины мира и цивилизации вообще.

Достаточно вспомнить две известных классификационных системы знаний о мире и науке: знаменитую Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева и менее известную Периодическую систему наук Ампера – родного брата известного французского физика-электротехника Анри Ампера.

Первая доказала единство материального мира и Вселенной в целом, предсказав существование нескольких новых химических элементов, которые позже были действительно открыты, вторая доказала единственность знаний человечества о материальном мире и Вселенной в целом, оформив новую науку «кибернетику», которую позже Норберт Винер определил как «науку об управлении и связи в животном и машине». В системе Ампера она была помещена в группу таких наук, как педагогика, горное дело, практическая медицина, военное искусство, для чего были выдвинуты серьёзные обоснования.

В наше время желательно было бы построить ещё одну Периодическую систему для классификации психологических эмоций в качестве доказательства духовного единства человеческих обществ в современном мире и во Вселенной в целом.

К большому сожалению, такой системы пока не создано, а разрабатываемые классификации человеческих эмоций ещё далеки от единства научного представления о

них как порождениях работающего мозга человека и лишь отражают субъективные взгляды отдельных авторов, учёных и исследователей-психологов на эти явления.

Рассмотрим некоторые из классификаций, построенных на различных подходах, трактовках и взглядах их авторов на происхождение эмоций.

Существует, например, двухфакторная теория эмоций (С. Шехтера), предполагающая существование только одной общей эмоции, которая в зависимости от различных факторов может вызывать те или иные переживания, так что о каких-либо классификациях эмоций не может быть и речи: просто нечего классифицировать.

Многие западные исследователи, изучая эмоциональные процессы, рассматривают их как единое целое, сосредотачиваясь на их общих закономерностях и природе явления, используя понятие «эмоция» для обозначения любых эмоциональных процессов, а задача классификации выходит за рамки их работ.

Так, например, американский учёный-психолог К.Э. Изард предполагает, что существует всего лишь набор из десяти базовых эмоций, а все остальные эмоциональные процессы рассматривает как их комбинации и модификации, уделяя, таким образом, основное внимание базовым эмоциям, а не классификации их производных [1].

В отечественной психологии широкое распространение получила практика классификации эмоциональных процессов на *аффекты, эмоции и чувства* в зависимости от психологических особенностей и закономерностей их протекания.

Часто *настроения* также выделяются как отдельный класс. В результате получают четыре нижеприведенные классификационные группы:

– *аффекты* – кратковременные и интенсивные эмоциональные процессы, сопровождающиеся резко выраженными двигательными проявлениями и изменениями в работе внутренних органов (например, *испуг*);

– *эмоции* – более продолжительные и менее интенсивные, чем аффекты, эмоциональные процессы, отражающие субъективное значение ситуаций, но не конкретных объектов самих по себе (например, *тревога*);

– *чувства* – более продолжительные и менее интенсивные, чем аффекты, эмоциональные процессы, отражающие субъективное значение конкретных объектов (например, *ненависть*);

– *настроения* – достаточно продолжительные эмоциональные процессы невысокой интенсивности (например, *скука*).

Многие исследователи пытаются, по различным основаниям, выделить так называемые *базовые или фундаментальные эмоции*, то есть те элементарные эмоциональные процессы, из которых складывается всё многообразие эмоциональной жизни человека.

Различные исследователи предлагают разнообразные списки эмоций, но единого и общепринятого списка всех человеческих эмоций пока не существует.

Формальная модель общесистемного списка эмоций рассматривает всего лишь восемнадцать базовых простых эмоций и четыре сложных эмоциональных состояния.

Американский психолог К.Э. Изард предлагает для исследований и классификации всего лишь следующий перечень базовых эмоций:

1. *Интерес – возбуждение*. 2. *Радость – удовольствие*. 3. *Удивление*. 4. *Горе – страдание*. 5. *Гнев – ярость*. 6. *Отвращение – омерзение*. 7. *Презрение – пренебрежение*. 8. *Страх – ужас*. 9. *Стыд – застенчивость*. 10. *Вина – раскаяние*.

Советский учёный Б.И. Додонов предложил также десятиэлементную групповую классификацию эмоциональных процессов, но уже основанную на связанных, по его мнению, с этими эмоциональными процессами десяти основных потребностях человека: *альтруистических, ком-*

*муникативных, глорических, праксических, пугнических, романтических, гностических, эстетических, гедонистических, акизитивных* [2].

Каждому человеку, отмечает Додонов, присуща своя «эмоциональная мелодия» – общая эмоциональная направленность, характеризующаяся наиболее близкими человеку, желательными и постоянными эмоциями.

Эмоциональные состояния обусловлены конкретными причинами, и со временем проходят. Исходя из скорости возникновения, изменчивости и продолжительности, состояния можно классифицировать их следующим образом: *настроение, аффект, фрустрация, стресс, страсть*.

По влиянию на жизнедеятельность человека эмоции можно разделить на две группы:

– *стенические* – повышающие жизнедеятельность человека;

– *астенические* – понижающие жизнедеятельность человека.

Несогласованности в классификациях эмоций способствует также и наличие многих других факторов их порождения и их особенностей, но и существование разных психологических теорий эмоций: эмоциональной, когнитивной и диспозиционной мотивации, гедонистических, интеллектуальных и эклектических подходов к мотивации.

В настоящее время среди большинства психологов преобладает теория эмоциональной мотивации и гедонистический подход [3].

В последней по времени публикации представлена линейная (по вертикали сверху-вниз) классификация 90 видов эмоциональных процессов, содержащая 10 фундаментальных (по К.Э. Изарду) эмоций, 57 просто эмоций, 13 видов чувств, 6 видов аффектов и 4 вида настроений [4].

Основными эмоциональными состояниями, выделяемыми в настоящее время в психологии, являются следующие:

1. *Радость (удовлетворение, веселье).*
2. *Грусть (апатия, печаль, депрессия).*

3. *Гнев (агрессия, озлобление).*
4. *Страх (тревога, испуг).*
5. *Удивление (любопытство).*
6. *Отвращение (презрение, брезгливость).*

Обычно человек хорошо знает своё эмоциональное состояние и легко переносит его на других людей и на всю жизнь. Чем выше эмоциональное состояние человека, тем легче ему достичь своих целей в жизни. Такой человек рационален, разумен, поэтому он более счастлив, более жив, более уверен. Чем ниже его эмоциональное состояние, тем больше поведение человека находится под управлением его сиюминутных реакций, несмотря на его образование или интеллект.

В разработанной в Институте проблем искусственного интеллекта компьютерной программе машинного диагностирования психоэмоциональных состояний личности предоставляется возможность выявления у человека одного доминирующего эмоционального состояния из восьмидесяти трёх возможных, заложенных в информационной базе данных [5].

Эмоциональные состояния в базе данных расположены последовательно по алфавиту, т.е. все они равноправны и выбираются при диагностировании пошаговой реализацией теста, что позволяет тестируемому сокращать количество испытываемых им в данный момент психических и психофизиологических состояний, пока не будет достигнут конечный результат – доминирующее эмоциональное состояние.

В настоящее время ведутся поисковые исследования и разработки по совершенствованию существующих и новых подходов к созданию более совершенных научных классификаций эмоциональных состояний человека как порождений его функционирующего мозга в целях постановки и решения задач сильного эмоционального искусственного интеллекта.

## Литература

1. Изард К. Э. Эмоции человека [Текст] / К. Э. Изард – М., 1980. – С. 52–71.
2. Додонов Б. И. Эмоции как ценность [Текст] / Додонов Б. И. – М., Политиздат, 1978. – 272 с.
3. Пырьев Е. А. Эмоциональные состояния, мотивирующие поведение человека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnye-sostoyaniya-motiviruyuschie-povedenie-cheloveka/>
4. Эмоциональный процесс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://syntone.ru/psy\\_lib/emotsionalnye-sostoyaniya/](https://syntone.ru/psy_lib/emotsionalnye-sostoyaniya/)
5. Сальников И. С. Система компьютерного диагностирования психофизиологических состояний личности [Текст] / И. С. Сальников, Р. И. Сальников, Т. Д. Ключанова // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – № 3(18). – С. 23–34.

*И. С. Сальников, Р. И. Сальников, Т. Д. Ключанова*

**ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ  
ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ  
И САМООЦЕНКИ ДОМИНИРУЮЩЕГО  
ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛИЧНОСТИ  
ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ШКАЛЕ ЭМОЦИЙ ИЗАРДА**

*Государственное учреждение  
«Институт проблем искусственного интеллекта»,  
г. Донецк, iss\_iai@mail.ru*

Разработка компьютерных систем контроля психоэмоциональных состояний человека как личности является одной из актуальных задач сферы искусственного интеллекта.

В Институте проблем искусственного интеллекта в последнее время была разработана комплексная система компьютерной диагностики психоэмоциональных состояний

человека как личности, позволяющая выявлять значения наиболее важных для социума показателей психологического здоровья и таким образом своевременно разрабатываемыми мероприятиями и действиями поддерживать его нормальный статус [1].

В проекте было задействовано четырнадцать различных методик, шкал, измерений, тестов и опросников, чтобы получать объективизированный персональный диагноз психоэмоциональных состояний личности по сорока одному показателю, характеризующим человека в момент тестирования.

Кроме того, программное обеспечение проекта позволяет производить групповое тестирование, но уже по ста шестидесяти четырём показателям психоэмоционального состояния группы как коллектива в социуме.

Вся выходная информация по результатам тестирования может выдаваться как в виде персональных заключений по каждому клиенту, так и в виде общего заключения по всей группе тестируемых.

В настоящей работе разработан программный продукт как средство для более точного и более детализированного тестирования и диагностирования эмоциональных состояний личности по ограниченному перечню фундаментальных эмоций с целью выделения доминирующего эмоционального состояния и определения настроения клиента в момент тестирования.

Для этих целей был выбран тест и шкала дифференциальных эмоций (ШДЭ) американского учёного Кэрола Изарда с соответствующей методикой, алгоритмами и формулами выполнения расчётов для некоторых показателей [2].

В отличие от ранее использованной в разработке методики-опросника СДЭС (самооценка доминирующего эмоционального состояния), предназначенной для самостоятельного определения своего эмоционального состояния тестируемым путём выбора одного из возможных восьми-десяти трёх описаний различных эмоций наиболее подходящую, по мнению клиента.

При этом выполняется достаточно сложный процесс выбора состояний: производится пошаговая реализация теста, что позволяет тестируемому уменьшать диапазон испытываемых им в данный момент психических и психофизиологических состояний, пока не будет достигнут конечный результат – доминирующее эмоциональное состояние.

В методике Изарда ШДЭ на момент тестирования из девяноста возможных уже выбраны десять фундаментальных эмоций и клиенту остаётся выбрать только одну доминирующую эмоцию и соответственно состояние и не прямо, а косвенно, отвечая на вопросы, в какой степени каждое из представленных по каждой эмоции понятий описывает его самочувствие в данный момент, оценивая всё это по четырёхбалльной шкале: «совсем не подходит» – 1 балл, «пожалуй, верно» – 2 балла, «верно» – 3 балла, «совершенно верно» – 4 балла.

Из десяти рядов заполненных оценками понятий выбирается ряд с максимальным значением суммы оценок в баллах, который и будет соответствовать доминирующей эмоции тестируемого клиента, которая представляет этот ряд.

В дифференциальной шкале эмоций (ШДЭ) по Изарду клиенту для выбора одной из десяти фундаментальных эмоций доминирующей предлагаются следующие ряды понятий:

1. **Интерес:** внимательный, концентрированный, собранный.
2. **Радость:** наслаждающийся, счастливый, радостный.
3. **Удивление:** удивлённый, изумлённый, поражённый.
4. **Горе:** унылый, печальный, сломленный.
5. **Гнев:** взбешённый, гневный, безумный.
6. **Отвращение:** чувствующий неприязнь, чувствующий отвращение, чувствующий омерзение.
7. **Презрение:** презрительный, пренебрегающий, надменный.
8. **Страх:** пугающий, страшный, сеющий панику.

9. **Стыд**: застенчивый, робкий, стыдливый.

10. **Вина**: сожалеющий, виноватый, раскаивающийся.

Дополнительно к выбору доминирующей эмоции по данным тестирования даётся оценка его самочувствия, рассчитываемая по формуле:

$$K = (C1+C2+C3+C9+C10) / (C4+C5+C6+C7+C8),$$

где **K** – самочувствие, **C1, C2, C3, C...** – суммы набранных баллов по эмоциям под №1, №2, №3, № ... соответственно.

Если показатель **K** будет больше 1, то самочувствие клиента в целом более отвечает положительному (с повышенным настроением) типу акцентуации характера человека.

Если **K** получится меньше 1, то самочувствие клиента можно охарактеризовать как относящееся к отрицательному (с пониженным настроением) типу акцентуации характера человека.

Рассмотренные выше алгоритмы методики Изарда программно реализованы на языке Delphi – структурированном, объектно-ориентированном высокоуровневом языке программирования со средой разработки программного обеспечения с использованием системы программирования Delphi версии 7 фирмы Enterprise (Borland), что предоставляет наиболее широкие возможности для программирования приложений ОС Windows.

Основным требованиям при разработке программного комплекса, а также требованию простоты реализации алгоритмов и ускорения разработки удовлетворяло использование *web*-интерфейсов, которые имеют множество преимуществ, такие как визуализация и концепция навигации через гиперссылки.

Программа реализована в виде дополнительного, пятнадцатого, модуля диагностического тестирования, предназначенного для реализации функций обработки запроса по шкале методики Изарда: алгоритмы тестирования и обработки получаемой при тестировании информации, к

четырнадцать ранее существовавшим общего комплекса программных средств для диагностирования других различных психоэмоциональных состояний личности.

Результаты тестирования по модулю запоминаются в глобальные массивы для последующего формирования их и ввода в персональные и групповые протокольные заключения общего диагностического комплекса.

На главной странице общей программы комплекса шкала Изарда занимает последнюю строку в меню и может выбираться пользователем в пункте «*Диагностические тесты*».

Методика этой шкалы представляет собой таблицу или бланк, состоящий из вопросов-понятий и оценок-ответов на них.

Пользователь осуществляет выбор варианта нажатием левой кнопки «мыши» на соответствующем поле таблицы.

После завершения процесса тестирования при нажатии кнопки «*Результат*» на экран монитора выводятся полученные результаты тестирования.

## **Литература**

1. Сальников, И. С. Система компьютерного диагностирования психофизиологических состояний личности [Текст] / И. С. Сальников, Р. И. Сальников, Т. Д. Ключанова // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2020. – № 3 (18). – С. 23–34.
2. Электронный ресурс:  
<http://policlinic1.ru/polezno-znat/psixoeemocionalnoe-sostoyanie.html>.

*Е. В. Сычёв, Ю. В. Ищенко*

**АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Государственное образовательное учреждение  
высшего образования ЛНР  
«Луганский государственный университет им. В. Даля»,  
г. Луганск, sev0958185122@yandex.ru*

Сейчас это последствия инноваций технологического процесса в различных сферах деятельности, а использование искусственного интеллекта напрямую влияет на развитие общества. В статье рассматриваются основные тенденции развития искусственного интеллекта, при этом исследование показало, что область искусственного интеллекта сегодня можно рассматривать как сочетание когнитивной информатики, лингвистики, психологии и математики. Описана целесообразность внедрения новых технологий в различных областях, в том числе в контексте будущего. В статье охарактеризовано влияние инновационного процесса технологии. В ходе анализа выявлены возможности преимуществ и трудностей с искусственным интеллектом.

Вопросами технологий искусственного интеллекта занимались Аляутдинов М. А., Галушкин А. И., Казанцев П. А., Остапенко Г. П. [1], Воротников С. А. [2], Геловани В. А., Башлыков А. А., Бритков В. Б., Вязилов Е. Д. [3], Гудвин Г. К., Гребе С. Ф., Сальгадо М. Э. [4], Здор С. Е. [5], Кейтер Дж. [6], Крейг Джон [7], Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П. [8], Потапова Р. К. [9], Редько В. Г. [10].

По данным отчета Лаборатории знаний Университетского колледжа Лондона и компании Pearson, многие школы и университеты уже используют технологии ИИ в образовательных целях. Большинство из них используют ИИ для того, чтобы следить за тем, ходят ли учащиеся на занятия и выполняют ли данные им задания.

Введение искусственного интеллекта создало интеллектуальную систему обучения, которая может анализировать проблемы, знания, ответы студентов и создавать личные программы обучения.

Такие онлайн-платформы, как Udaity, EdX, оценивают написание тестов и эссе. Существуют также платформы, помогающие с обучением иностранным языкам или усовершенствованию родного. Анализируя естественную речь обучающегося, система выявляет ошибки в произношении и предлагает варианты исправления.

В будущем большие надежды возлагаются на других в образовании. Возможно, вскоре искусственный интеллект сможет анализировать информацию о школе, учителях, а также о каждом отдельном ученике, учитывать его личные качества, ситуацию, настроение. Исследователи полагают, что в будущем также появятся обучающие компаньоны, которые будут помогать обучаться человеку на протяжении всей жизни. Они будут доступны на любом устройстве и в офлайн-режиме, и в случае необходимости люди могут обратиться к ним за помощью.

Преимущества использования ИИ в жизни людей описаны выше. По мнению автора, несмотря на все очевидные преимущества, искусственный интеллект по-прежнему остается ящиком Пандоры. А использование его будет зависеть только от того, в чьих руках будет это устройство: с одной стороны, ИИ призван помогать и улучшать жизнь человека. Возможно, вскоре ученые смогут найти вакцину против рака с помощью ИИ, а использование искусственного интеллекта в военных целях спасет не один десяток жизней. С помощью нанотехнологий мы можем создать очень мощное и разрушительное оружие, неосторожное использование которого может привести к непредсказуемым и необратимым последствиям.

Массовое использование ИИ на заводах, фабриках, офисах может привести к резкому сокращению рабочих мест. Когда мы говорим о создании лучшего ИИ, это может привести к тому, что искусственный разум будет в десятки раз превосходить человека. Последствия этого нельзя полностью предвидеть.

Искусственный интеллект – это наше настоящее и будущее. Он делает нашу жизнь лучше, и в будущем это может быть для человечества единственным спасением. Но многое зависит от самого человека. От того, как мы справляемся с технологией, как мы «воспитываем» умных андроидов, зависит то, как будет выглядеть наше будущее.

### Литература

1. Нейрокомпьютеры. От программной к аппаратной реализации [Текст] / Аляутдинов М. А., Галушкин А. И., Казанцев П. А., Остапенко Г. П. – М., Горячая линия – Телеком, 2016. – 152 с.
2. Воротников С. А. Информационные устройства робототехнических систем: моногр.; [Текст] / Воротников С. А. – Москва : Гостехиздат, 2011. – 384 с
3. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды [Текст] / Геловани В. А., Башлыков А. А., Бритков В. Б., Вязилов Е. Д. – М., Едиториал УРСС 2015. – 304 с.
4. Гудвин Г. К. Проектирование систем управления [Текст] / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребе, М. Э. Сальгадо. – М., 2016. – 912 с.
5. Здор С. Е. Кодированная информация. От первых природных кодов до искусственного интеллекта [Текст] / Здор С. Е. – Москва: Наука, 2012. – 168 с.
6. Кейтер Дж. Компьютеры – синтезаторы речи [Текст] / Кейтер Дж. – М. : Мир 2012. – 238 с.
7. Крейг Джон Введение в робототехнику. Механика и управление [Текст] / Крейг Джон. – М. : Институт компьютерных исследований 2013. – 564 с.
8. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления [Текст] / Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П. – М., Наука, 2012. – 336 с.
9. Потапова Р. К. Новые информационные технологии и лингвистика. Учебное пособие [Текст] / Потапова Р. К. – М., Ленанд, 2016. – 368 с.
10. Редько В. Г. Моделирование когнитивной эволюции. На пути к теории эволюционного происхождения мышления [Текст] / Редько В. Г. – М., Ленанд, 2015. – 256 с.

СЕКЦИЯ 3  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ.  
ПРИКЛАДНЫЕ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*Ф. М. Бельченко*

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ  
СКОРОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
НА МИКРОПРОЦЕССОРАХ  
С СОКРАЩЕННЫМ НАБОРОМ КОМАНД**

*Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского, г. Москва,  
пр. Вернадского, 101, к.1, philepp@mail.ru*

Искусственный интеллект и нейронные сети в настоящее время заняли крупную технологическую нишу в современном мире. Если в предыдущие годы технологии, связанные с данными направлениями, были ограничены производительностью аппаратного обеспечения, то сейчас различные вычислительные комплексы позволяют выполнять очень сложные операции за гораздо меньшее время. В том числе начали появляться специализированные устройства, позволяющие осуществлять обучение нейронных сетей сложными архитектурами (рис. 1).

Но в большинстве сценариев обучения нейронных сетей речь идет об устройствах, требующих большое количество вычислительных ресурсов и энергии. При этом существует ряд сценариев, когда это является неприменимым. В первую очередь это касается некоторых автономных систем, ограниченных возможностями бортовой аппаратуры. А именно, автономные комплексы с системами управления, работающими на низковольтных микроконтроллерах STM32 или PIC32. Данные архитектуры не имеют боль-

шого количества вычислительных ядер, но поддерживают технологии, которые позволяют ускорять обучение нейронных сетей.

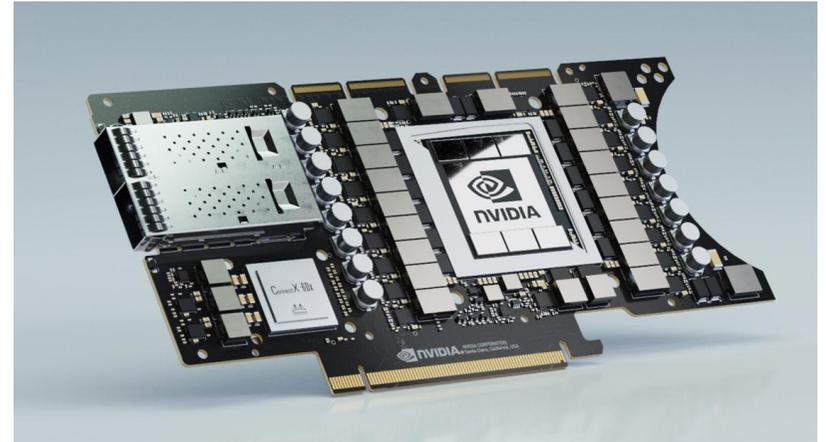


Рисунок 1 – К специализированным устройствам для работы с нейронными сетями можно отнести карты расширения на тензорных процессорах

Подобными исследованиями в настоящее время занимается все большее число организаций. Ведутся работы по созданию специализированных низкоуровневых библиотек. Ярким примером является библиотека CMSIS-NN. Она представляет собой набор функций для реализации нейронных сетей, разработанных для максимизации производительности и минимизации объема потребляемой памяти на процессорных ядрах ARM Cortex-M [1].

В России также ведутся работы по исследованию различных технологий ускорения обучения с помощью различных аппаратных технологий. В частности в Институте проблем передачи информации исследуются возможности применения SIMD-инструкций и работа с числами различной разрядности [2].

В настоящей работе ведутся исследования по возможности внедрения таких технологий в системах технического зрения и в автономных мобильных роботах. В качестве лабораторного стенда применяется система управления на базе микроконтроллера STM32.

В качестве тестовой программы для отработки сценариев испытаний разработана простая модель перцептрона и разрабатывается нейронная сеть, выполняющая распознавание чисел в массиве.

*Доклад представлен в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ № АААА-А20-120011690138-6*

### **Литература**

1. CMSIS NN Software Library [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Keil. – Режим доступа :  
URL: <https://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/NN/html/index.html>  
(дата обращения: 10 мая 2021 года) Раушенбах Б. В. Геометрия картины и зрительное восприятие. – СПб. : Азбука-классика, 2002. – 320 с.
2. Ускорение нейросетевого распознавания образов на SIMD архитектурах [Электронный ресурс] // Материалы 39-й междисциплинарной школы-конференции «Информационные технологии и системы 2015». – Режим доступа :  
URL: <http://itas2015.iitp.ru/pdf/1570161863.pdf>  
(дата обращения: 12 мая 2021 года).

*Ф. М. Бельченко, И. Л. Ермолов*

**ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
ПЕРСПЕКТИВЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ  
ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ  
НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

*Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского, г. Москва,  
пр. Вернадского, 101, к.1, ermolov@ipmnet.ru*

Искусственный интеллект и нейронные сети в настоящее время все активнее внедряются в системах технического зрения. Основой качественного выполнения задач по распознаванию объектов является достоверность передаваемой информации. Но техническое зрение, в отличие от человеческого глаза и мозга, работает иначе [1]. Например, если круглый объект расположен под таким углом, что он будет выглядеть овальным, то система технического зрения посчитает его овальным. Можно заранее обучить распознавать объекты под разными углами, загрузив результаты на бортовое оборудование автономного устройства. Но если мы говорим об автономных системах, которые самостоятельно обрабатывают информацию, то необходимо упростить задачу распознавания объектов, чтобы снизить вычислительную нагрузку и уменьшить объем обрабатываемых данных.

В настоящей работе предлагается использовать целевые искажения для улучшения качества изображения на ближнем и среднем плане поверхности земли. Впервые результаты подобных исследований были внедрены в космической отрасли академиком Б.В. Раушенбахом [2]. Во время стыковки для наблюдения за другим космическим кораблем применялись оптические приборы, которые давали изображение по законам геометрической оптики (линейной перспективы). В настоящей работе исследуются возможности применения технологии для улучшения изображений, обрабатываемых системами технического зрения.

Основные алгоритмы для внесения целевых искажений будут работать с перспективными преобразованиями. Система может использовать, в том числе, результаты комплексной обработки данных, поступающих с различных сенсоров робототехнической системы [3]. Данный тип обработки изображений имеет ряд преимуществ, позволяющих использовать их в различных прикладных задачах (рис. 1).

Применив перспективные преобразования [4], можно улучшить качество и достоверность изображений, поступающих на бортовое оборудование автономной системы. Далее она сможет самостоятельно использовать данную информацию для задач, связанных с распознаванием и классификацией наблюдаемых объектов. Для обучения такой системы потребуется меньшая выборка данных, т.к. преобразование позволяет программно уменьшить угол поворота объекта на изображении. Данная технология хорошо работает с объектами, у которых наблюдаемые грани попадают в область видимости камеры.

На базе лаборатории робототехники и мехатроники Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского в настоящее время начата разработка тестового варианта программного обеспечения, вносящего целевые искажения для систем телеметрии робототехнических комплексов. За основу для разработок взята библиотека OpenCV для работы с системами технического зрения. Внедрение данной библиотеки позволяет упростить написание некоторых сложных функций для программного обеспечения [5].



Рисунок 1 – Преимущества технологии перспективного преобразования изображений



Рисунок 2 – Преобразование перспективы на примере дороги

Параллельно с разработкой проводятся математические исследования для совершенствования данной системы. Данные исследования необходимы для улучшения точности получаемого изображения на различных планах и правильного выделения областей в различных ситуациях.

*Доклад представлен в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ № АААА-А20-120011690138-6*

### **Литература**

1. Юревич Е. И. Основы робототехники [Текст] / Юревич Е. И. – 3-е изд. – БВХ-Петербург, 2010. – 360 с.
2. Раушенбах Б. В. Геометрия картины и зрительное восприятие. [Текст] / Раушенбах Б. В. – СПб. : Азбука-классика, 2002. – 320 с.
3. Ermolov I. Hierarchical data fusion architecture for autonomous systems [Текст] / Ermolov I. // АСТА ИМЕКО. – 2019. – Vol. 8, № 4.
4. Бельченко Ф. М. Разработка программного модуля системы телеметрии РТК для внесения целевых искажений отображаемого пространства [Текст] / Ф. М. Бельченко, И. Л. Ермолов // Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции и XI молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». – Ростов-на-Дону, 2020.
5. Бельченко Ф. М. Разработка концепции системы телеметрии РТК с возможностью внесения целевых искажений отображаемого пространства [Текст] / Ф. М. Бельченко, И. Л. Ермолов // Робототехника и техническая кибернетика. – Т. 9, № 1. – Санкт-Петербург : ЦНИИ РТК. – 2021. – С. 26–31.

*А. Г. Доля, А. А. Стукалов, Д. Р. Бандиловский*

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ «БИТУМ –  
ГИДРОФОБИЗИРУЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ ГКЖ-11Н»**

*Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Донбасская национальная  
академия строительства и архитектуры», г. Макеевка,  
a.a.stukalov@donnasa.ru*

Одним из эффективных средств повышения качества вяжущего и асфальтобетона на его основе является введение в битум гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11Н. Но процессы, происходящие в системе «битум – гидрофобизирующая жидкость», еще недостаточно изучены. Решению этой проблемы посвящена данная работа.

В связи с тем, что совокупность факторов – вязкость нефтяного битума и массовая концентрация гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11Н, действующих на модифицированное органическое вяжущее, являются определяющими показателями качества вяжущего, то для оптимизации соединения модифицированного органического вяжущего был применен метод экспериментально-статистического моделирования.

Принят 9-ти точечный двухфакторный план на трех целочисленных уровнях (-1; 0; 1).

Построение математических моделей осуществлено на ЭВМ с использованием пакета программ «Астат 2.0», выполненного в среде MathCAD, с помощью которого производился регрессионный анализ, построение поверхностей функций отклика и пребывания области оптимальных значений факторов.

В табл. 1, 2 и 3 приведены значения факторов варьирования, параметры оптимизации состава модифицированного органического вяжущего и предельные значения функций отклика, а также матрица планирования и результаты эксперимента.

Таблица 1 – Значение факторов варьирования, действующих на систему «битум – гидрофобизирующая жидкость ГКЖ-11Н»

№ п/п фактора	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни фактора		
					-1	0	1
1	X <sub>1</sub>	Глубина проникновения иглы пенетрометра при 25°С, П <sub>25</sub> , град	град	40	42	82	122
2	X <sub>2</sub>	Массовая концентрация гидрофобизирующей жидкости, См <sub>ГКЖ</sub>	%	2	1	3	5

Таблица 2 – Параметры оптимизации состава МОВ и их предельные значения

№ п/п	Код параметра	Физический смысл параметра оптимизации	Ед. изм.	Предельные значения функций отклика
1	Y <sub>1</sub>	Температура размягчения по КиШ, Т <sub>р</sub>	°С	55
2	Y <sub>2</sub>	Эластичность при 0°С, Э <sub>0</sub>	%	40

Таблица 3 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	В кодированных значениях		В натуральных значениях		Средние значения экспериментальных данных	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , П <sub>25</sub> , град	X <sub>2</sub> , ГКЖ-11Н, См <sub>ГКЖ</sub> , %	Y <sub>1</sub> , Т <sub>р</sub> , °С	Y <sub>2</sub> , Э, %
1	-	-	42	1	59	21
2	+	+	122	5	61	48
3	-	+	42	5	72	16
4	+	-	122	1	48	29
5	-	0	42	3	63	21
6	0	-	82	1	52	37
7	+	0	122	3	56	32
8	0	+	82	5	60	54
9	0	0	82	3	56	51

Получены математические модели в виде неполных полиномов второй степени:

$$Y_1(x_1, x_2) = 55,778 - 7,8333 \cdot x_1 + 5,667 \cdot x_2 + 3,8333 \cdot x_1^2 \quad (1)$$

$$Y_2(x_1, x_2) = 47,5185 - 8,4778 \cdot x_1 + 5,2556 \cdot x_2 + 5,8667 \cdot x_1 \cdot x_2 - 19,4444 \cdot x_1^2 \quad (2)$$

Модель со всеми значимыми оценками коэффициентов регрессии проверялась на адекватность по критерию Фишера  $F$ . Если  $F_a < F_{кр}(\alpha, f_{на}, F_3)$ , то адекватность модели обоснована. Расчетные значения критерия Фишера: для первого уравнения – 1,381, для второго – 1,001. Все значения критерия Фишера меньше, чем табличные, что подтверждает адекватность математических моделей.

Предполагаемая способность моделей оценивалась по различиям расчетных и экспериментальных значений выхода в контрольных точках. Коэффициент множественной корреляции математических моделей 0,981; 0,939.

Установлена область оптимальных соединений модифицированного органического вяжущего (рис. 1).

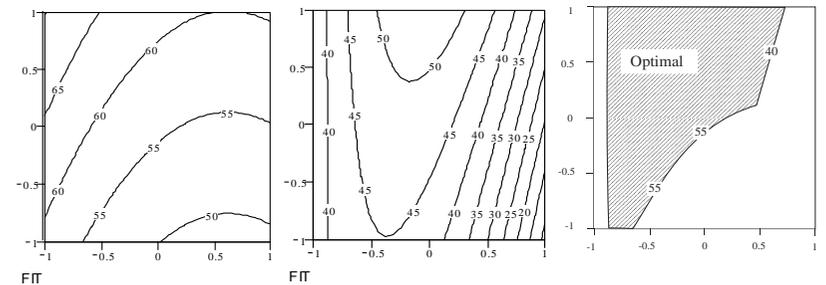


Рисунок 1 – Зависимость температуры размягчения ( $T_p$ ) и эластичности при  $0^\circ\text{C}$  ( $\text{Э}_0$ ) от вязкости битума и концентрации гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11Н, а также область оптимальных составов модифицированного органического вяжущего (Opt)

Оптимальные концентрации в модифицированном органическом вяжущем определялись через область допустимых значений факторов  $X_1$ ,  $X_2$ . Эти области ограничены поверхностями уровня функций отклика по каждому из параметров оптимизации.

В результате установлено, что оптимальное количество гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11Н для битума марки БНД 60/90 находится в пределах от 1 до 3%, а для битума марки БНД 90/130 – 3-5%.

Дальнейшее увеличение концентрации гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11Н не рекомендуется, так как это приведет к резкому структурированию вяжущих и снижению эластичности модифицированного органического вяжущего.

***В. М. Зуев, О. А. Бутов, А. А. Никитина, С. И. Уланов***

**ПОДГОТОВКА ДАННЫХ  
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ,  
УПРАВЛЯЮЩЕЙ ДВИЖЕНИЕМ МЕХАНИЗМА**

*Государственное учреждение*

*«Институт проблем искусственного интеллекта»,*

*г. Донецк, butoff06@mail.ru, zvm05@mail.ru, ulanov56@yandex.ru*

При разработке системы управления роботом, в которую встраиваются элементы искусственного интеллекта, часто используют нейронные сети в качестве основного элемента управления. При этом стадия обучения нейронной сети наиболее трудоемка. Кроме того, процесс обучения нейронной сети на реальном механизме может быть экономически затратным и не безопасным для персонала [1].

В нашем случае мы создавали модель в пакете Sim-Mechanic от Simulink, который входит в пакет MATLAB [2]. Для отладки работы механизма проведен анализ движения подъема-опускания для дальнейшей возможности корректировки и усовершенствования классического решения в построении аналогичных разработок без упрощения конструкции.

Здесь мы откорректировали параметры модели так, что модель достаточно адекватно описывает динамику робота, приступаем к созданию массива обучающих данных для нейронной сети управления. Для этого изменяем параметры модели так, как бы они могли бы меняться под дестабилизи-

рующими факторами. При этом вручную или каким-то иным способом воздействуя на органы управления моделью робота, добиваемся выполнения им целевой задачи. Степень отклонения от целевой функции и параметры модели образуют обучающий пример.

Используя SimMechanic от пакета Simulink образуем набор данных, на котором обучается нейронная сеть. Весовые коэффициенты обученной нейронной сети будут составлять основу системы управления роботом, в которую встраиваются элементы искусственного интеллекта.

Исходными данными для анализа движения механизма, созданными в MATLAB, служат: структурная схема механизма, программа построения графиков движения, анимационная модель. Определение полезного сопротивления механизма установки осуществляется в программе. Данная программа решает вопросы моделирования элементов автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока.

Ниже представлена модель механизма.

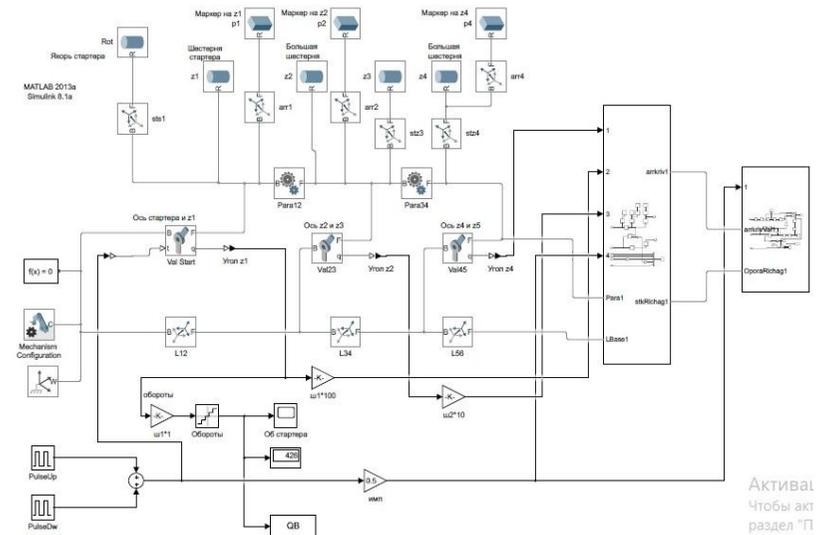


Рисунок 1 – Модель механизма в SimMechanic

Определение времени работы производится в программе MATLAB. Графики движения показаны на рис. 2:

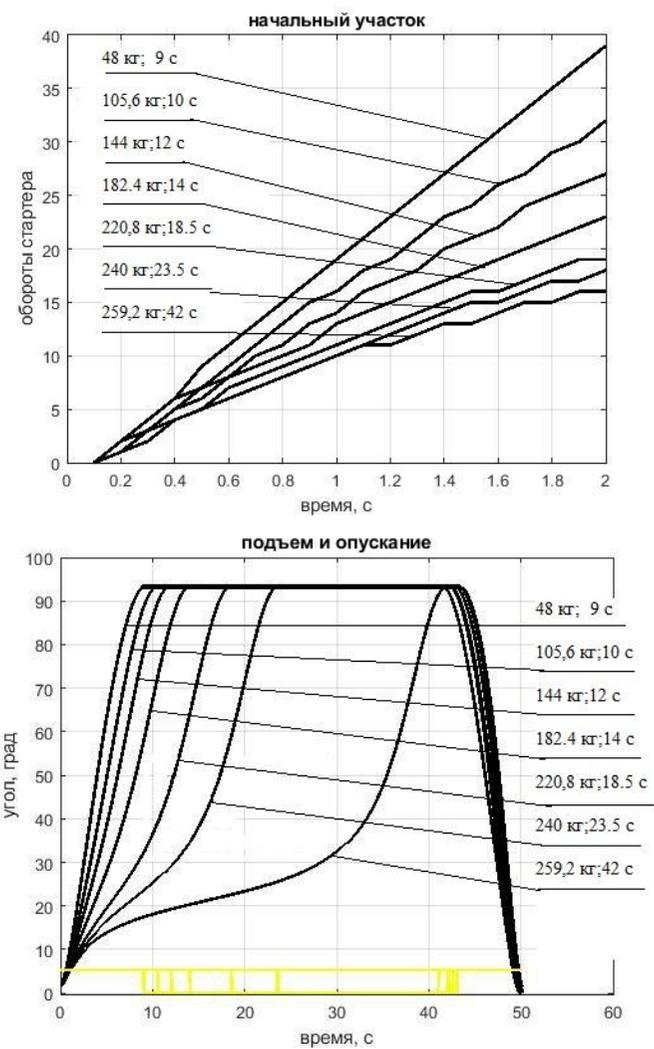


Рисунок 2 – Графики движения

Из полученного графика движения и путем вычисления получили следующие данные, которые сведены в табл. 1, где  $\varphi$  – угол с интервалом в  $2^\circ$ ;  $t$  – время;  $n_m$  – угловая скорость мишени;  $n_c$  – угловая скорость стартера;  $v$  – мгновенная скорость мишени на длине 4 м от оси поворота;  $a_t$  – тангенциальное угловое ускорение в этих точках.

Таблица 1 – Графики: Момент, Угол, время, обороты

№	$\varphi$ ,	$t$ , сек	$n_m$ , об/мин	$n_c$ , об/мин	$v$ , м/с	$a_t$ , м/с <sup>2</sup>
10	18	2,350265	1,276451	582,06202	0,53440	1,446398
75	51	2,259182	3,799310	1732,4854	1,59064	29,67733
76	53	2,311926	3,856813	1758,7068	1,61472	30,61429
...	...	...	...	...	...	...

**Вывод.** Исходя из анализа движения механизма подъема-опускания, подобраны оптимальные параметры для работы тяжелой мишенной установки. Полученные данные могут быть использованы в качестве обучающих для нейросети, управляющей механизмом.

### Литература

1. Зуев В. М. Использование нейросети для управления механизмами [Текст] / В. М. Зуев // Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение : материалы Донецкого международного научного круглого стола. – Донецк : ГУ «ИПИИ», 2020. – С. 69–73.
2. Медведев В. С. Нейронные сети MATLAB 6. [Текст] / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.
3. Отчет по НИР «Разработка интеллектуальной системы управления и передачи данных для автоматизированного программно-аппаратного комплекса мишенных установок» [Текст]. – Донецк : ГУ «ИПИИ», 2018.

*М. В. Зуев, А. А. Никитина*

**РАЗРАБОТКА УСКОРИТЕЛЯ СВЕРТОЧНОЙ  
НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ПЛИС,  
ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО АЛГОРИТМ ВИНОГРАДА**

*Государственное учреждение*

*«Институт проблем искусственного интеллекта»,*

*г. Донецк, zvm05@mail.ru, pastuhova.anjela@gmail.com*

**Введение**

Сверточные нейронные сети (СНС) широко используются во многих областях искусственного интеллекта. Однако большое количество операций умножения обычного алгоритма свертки для СНС требует применения большого количества высокоскоростных аппаратных средств, что увеличивает их стоимость. Известно, что алгоритм Винограда СНС может эффективно снизить вычислительную сложность. Возможны разнообразные способы применения алгоритма Винограда в ПЛИС. В этой работе проведена оценка одного из способов реализации ускорителя вычислений СНС на ПЛИС и оценен получаемый выигрыш в ускорении вычислительного процесса.

**1 Общие сведения**

Сверточные нейронные сети (СНС) широко используются для решения задач искусственного интеллекта [1], [2]. Несмотря на то, что процессоры общего назначения часто имеют преимущество в тактовой частоте, они не могут использоваться для организации параллельных вычислений, на которые ориентированы СНС. Поэтому часто используются вычисления, проводимые на графических видеокартах, если эти видеокарты обладают такими возможностями. Другим способом реализации СНС является использование ПЛИС. Несмотря на то, что ПЛИС пока уступают по рабочей тактовой частоте центральным и графическим процессорам, на ПЛИС легко изготовить устройство, специализированное

для решения конкретной задачи. Уменьшение производительности из-за меньшей тактовой частоты может быть значительно скомпенсировано оптимизацией структурной схемы вычислений, ориентированной на решение конкретной задачи. Кроме того, ускорители СНС на базе ПЛИС имеют меньшее энергопотребление. Преимущество графических процессоров и ПЛИС базируется на появляющейся возможности параллельных вычислений в СНС. Это преимущество ограничено главным образом количеством умножителей, которых можно разместить на кристалле. Улучшить возможности ускорителя можно выбором алгоритма вычислений и структуры вычислителя.

В данной работе мы предлагаем структуру ускорителя на основе алгоритма Винограда. Использование алгоритма Винограда может уменьшить количество умножителей. Это дает возможность использовать более простые и дешевые ПЛИС в сравнении с обычным алгоритмом свертки.

Имеются алгоритмы [1], которые работают с фиксированными размерами ядра свертки в алгоритме Винограда. В [2] предлагается использование разных размеров ядра, что даст возможность более оптимально использовать ресурсы ПЛИС.

В этой статье мы предлагаем вариант конструкции ускорителя для ПЛИС с использованием алгоритма Винограда.

## **2 Обоснование**

**2.1** Сверточные нейронные сети являются расширением искусственной нейронной сети и используются для решения многих сложных задач [2]. СНС состоят из серии уровней, в состав каждой серии входит собственно сверточный слой, выпрямляющий слой, слой объединения и полностью связанный слой. Из этих слоев сверточный слой вносит основной вклад в СНС, где операции свертки занимают большую часть времени вычислений [3]. Поэтому в этой работе наше предложение сосредоточиться на ускоре-

нии сверточных слоев. Кроме того, это может быть повторно использовано в полносвязном слое, но с менее оптимальной производительностью. Обычно сверточный слой содержит входные данные  $X$  размерностью  $H \times W \times N$  (для изображений обычно  $H$  – высота картинка,  $W$  – ширина картинка,  $N$  – число цветов), фильтры  $W$  (обычно фильтр двумерный с размерностью  $K \times K$ ) и выходные данные  $Y$ . Операцию свертки обычно коротко записывают как

$$Y = X * W . \quad (1)$$

Детально эта запись выглядит как:

$$Y_m(x, y) = \sum_{n=0}^N \iint_{\substack{v+x < H \\ u+y < W \\ v, u=0}} X_n(x+v, y+u) W_m(v, u) dv du . \quad (2)$$

Суммирование по  $n$  приводит к тому, что цветное изображение переводится в серое. Каждый выходной слой имеет размерность  $M$ , которая соответствует количеству фильтров. Выходной слой получается путем свертки набора из  $N$  входов  $X$  размером  $H \times W$  и  $M$  наборов фильтров  $N \times K \times K$ . Для каждого из  $M$  наборов фильтров размера  $K \times K$  проводится перемножение с выборкой из  $N$  входных данных  $X$  с шагом  $S$ . В каждом из  $M$  фильтров умножается и накапливается с перекрывающимися элементами новое выходное значение. Таким образом, следующий слой будет иметь размер  $R \times C$ , где  $R = \frac{H-K}{S} + 1$ ,  $C = \frac{W-K}{S} + 1$ . Здесь подразумевается целочисленное деление. Схема вычисления сверточных слоев может быть выражена следующим образом:

$$Y_{m,r,c} = \sum_{n=0}^N \sum_{i=0}^K \sum_{j=0}^K X_{n, Sr+i, Sr+j} W_{m,n,i,j}, \quad (3)$$

где  $X$  и  $Y$  обозначают входные и выходные данные трехмерных массивов, а  $W$  является коэффициентами фильтров,  $r = 0, 1, \dots, R$ ,  $c = 0, 1, \dots, C$ ,  $m = 0, 1, \dots, M$ .

## 2.2 Алгоритм свертки Винограда

Свертка Винограда – это класс быстрых алгоритмов для СНС, основанный на алгоритмах Винограда – алгоритме

минимальной фильтрации [3], [4]. Алгоритм Винограда уменьшает количество умножений, благодаря некоторым преобразованиям входного ядра фильтров.

Классический алгоритм Винограда состоит из трех стадий. Первая – это выбор многочлена, степень которого больше суммы длин двух свертываемых последовательностей, его разложение на неприводимые множители над полем рациональных чисел и вычисление вычетов исходных последовательностей по модулю каждого многочлена из выбранного разложения. На второй стадии производятся короткие свертки полученных вычетов. На третьей стадии, с помощью вычисленных коротких сверток и китайской теоремы об остатках, получается требуемая свертка.

Эти три стадии должны быть выполнены «вручную», привязываясь к конкретно выбранному формату входных данных и размеру фильтра. Кроме того, на этом этапе предстоит решить некоторые вспомогательные вопросы, как-то шаг сдвига фильтра, параметры прореживания, параметры обрамления и др. [2]. После решения этих вопросов можно приступить к проектированию структуры ускорителя на ПЛИС.

Как показано в [1], при больших длинах исходных последовательностей по сравнению с алгоритмом БПФ Кули-Таки, алгоритм Винограда требует в среднем в 5 раз меньше умножений при сравнимом числе сложений. Ниже мы подробно рассмотрим все стадии алгоритма с модификациями нашей версии и анализом числа и типа операций на каждой стадии.

Отметим, что данный алгоритм является параллельным и на ПЛИС дает выигрыш производительности вычислений.

Двумерный алгоритм Винограда для  $F$  ( $m \times m$ ,  $g \times g$ ) может быть выражен следующим образом:

$$y = A^T [(GwG^T) \cdot (B^T x B)] A, \quad (4)$$

где \* обозначает поэлементное умножение.

Здесь  $r \times r$   $w$  - фильтр,

$x$  – входные данные размерностью  $n \times n$  ( $n = m + r - 1$ ).

Пусть  $m$  – количество фильтров.

В общем, алгоритм Винограда для  $F(m \times m, r \times r)$  требует  $(m+r-1) \times (m+r-1)$  умножений [3], [4], а стандартный алгоритм использует  $m \times m \times r \times r$  умножений. Двумерный алгоритм Винограда для  $F(m \times m, r \times r)$  может быть использован для вычисления сверточных слоев в CNN, что может эффективно снизить арифметическую сложность.

### 3 Конструкция ускорителя

В этом разделе мы предлагаем структуру ускорителя ПЛИС, основанного на двумерном алгоритме Винограда. Архитектура ускорителя следующая. Его можно разделить на три основных модуля: принимающий модуль, вычислительный модуль и выходной модуль. В принимающем модуле происходит выборка входных данных из внешней памяти. В вычислительном модуле происходит обработка данных и накопление. Выходной модуль передает данные из буферов во внешнюю память.

Процессорный элемент реализует алгоритм свертки Винограда. Процессорный элемент Винограда имеет три части. 1 - преобразование входных данных; 2 – фильтр, который выполняет скалярное произведение; 3 – блок обратного преобразования. Для вычислений  $F(m \times m, r \times r)$  каждый раз нам нужно получить  $n \times n$  входных фрагментов из входных карт функций. Текущий фрагмент получается сдвигом последней входной фрагмента на  $m$  шагов. Фактически, матричное умножение в уравнении (5) можно спроектировать как обработку строки и столбца матрицы с операцией умножения и сложения. Из-за разных вычислений разного размера входного фрагмента, вычисления каждого фильтра заранее аппаратно predetermined. Это уменьшает общность алгоритма, но повышает скорость вычислений. В первой части процессорного элемента

происходит обработка промежуточных данных. На этом этапе происходят только операции сложения и вычитания. Возможно использование операции сдвига для масштабирования. Операции производятся над всей строкой (или над всем столбцом). Выбор строка/столбец зависит от количества доступных ячеек в выбранной ПЛИС. Если в выбранной ПЛИС количество элементов мало для полного проведения операции, то строку необходимо разбить на фрагменты.

Следующим этапом производится перемножение, накопление и сохранение во внутренней памяти ПЛИС.

Анализ структуры.

Следуя [5], оценим производительность ускорителя. Для  $F(m \times m, r \times r)$  конструкция ускорителя принимает

несколько параметров, включая входные/выходные параметры и параметры фрагмента фильтрации. Обозначим  $N$  - это количество входных карт характеристик,  $M$  - количество выходных карт характеристик,  $W$  и  $H$  - ширина и высота входных карт характеристик,  $R$  и  $C$  - ширина и высота выходных карт характеристик,  $K \times K$  - это размер фильтров, а  $S$  - шаг свертки.  $T_N$   $T_M$  - факторы времени для  $N$  и  $M$ , а также  $R T, C T$  - коэффициенты разбиения для  $R$  и  $C$ . Далее мы моделируем время выполнения сверточного слоя.

Мы можем смоделировать общее время выполнения как:

$$T_{total} = \frac{RC}{T_C T_R} \left( \text{int} \left( \frac{M}{T_M} \right) \text{int} \left( \frac{N}{T_N} \right) \max(T_{rcv}, T_{com}) + T_{send} \right) \approx \frac{RC}{T_C T_R} \text{int} \left( \frac{M}{T_M} \right) \text{int} \left( \frac{N}{T_N} \right) \max(T_{rcv}, T_{com}) \quad (5)[2],$$

здесь должно быть  $T_{rcv} < T_{com}$ .

$T_{send}$  можно игнорировать, потому что это мало влияет на общее время. Из-за ограниченной пропускной способности оба и обмен, и вычисления являются ограничением оптимизации. Сделать ускоритель совершенным [2] можно при  $T_{recv} < T_{com}$ . Таким образом, мы можем получить выражение для пропускной способности с меньшей границей:

$$BW_{req} \geq \frac{Q_{recv} DW m^2 F_{req}}{T_C T_{RH}}. \quad (6)$$

Если фактическая пропускная способность выходит за пределы этого диапазона, то ускоритель будет ограничен обращением к памяти. Общее количество операций сверточного слоя:

$$OP_{total} = 2K_{size} NRCM \quad (7)$$

Предполагая, что пропускная способность памяти соответствует минимальному требованию ограничения вычислений, расчет производительности ускорителя можно определить как:

$$Per = \frac{OP_{total}}{T_{total}} = \frac{2K_{size} NRCM}{\text{int}\left(\frac{M}{T_M}\right) \text{int}\left(\frac{N}{T_N}\right) H}. \quad (8)$$

Из приведенного выше выражения производительности мы можем изменить параметры  $T_N$   $T_M$ , чтобы максимизировать представление. Однако при повышении производительности необходимо учитывать ресурсы на кристалле.

### **Выводы**

Используя аппаратные ускорители на ПЛИС с современными методами вычисления свертки можно существенно (в 2 – 3 раза) сократить время выполнения операции в сверточной нейросети и при этом добиться уменьшения стоимости аппаратуры.

## Литература

1. Пан В. Я. Быстрое умножение матриц и смежные вопросы алгебры [Текст] / В. Я. Пан // Матем. сб. – 2017. – Т. 208, № 11. – С. 90–138.
2. Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition [Текст] / Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel // Neural Computation. – 1(4):541-551. – Winter 1989.
3. Winograd S. Arithmetic complexity of computations [Текст] / Winograd S. ed J. W. Arrowsmith L. and Bristol E. – V. 33. – 1980, (Philadelphia: Siam).
4. Winograd S. On multiplication of polynomials modulo a polynomial SIAM J. Comput, (Philadelphia: Siam) [Текст] / Winograd S. – 1980. – P. 225–229.
5. 2016 Relative distance features for gait recognition with Kinect [Текст] / Yang K, Dou Y, Lv S, Zhang F and Lv Q // J. Vis. Commun. Image. – R 39. – P. 209–217.
6. Ермолаев И. Б. Сверточный слой: методы оптимизации, основанные на матричном умножении [Текст] / И. Б. Ермолаев // Матем. сб. – 2020. – Том 208, № 11. – С. 90–138.
7. Алсаткин С. С. Новый алгоритм свертки для обработки данных радара некогерентного рассеяния [Текст] / С. С. Алсаткин, А. Л. Воронов. Секция А. Физика околоземного космического пространства. БШФФ-2009. – С. 53–54.
8. 2016 Caffeinated FPGAs: FPGA Framework For Convolutional Neural Networks Int. Conf. on Field-Programmable Technology (Xi'an) [Текст] / DiCecco R., Lacey G., Vasiljevic J., Chow P., Taylor G. and Areibi S. – P. 265–268.
9. 2017 Throughput-Optimized FPGA Accelerator for Deep Convolutional Neural Networks ACM. [Текст] / Liu Z., Dou Y., Jiang J., Xu J., Li S., Zhou Y. and Xu Y. // T. Reconfig. Techn 10. – P. 17.

*А. А. Никитина, М. В. Близно*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИННЫХ МЕТОДОВ СТЕРЕОЗРЕНИЯ**

*Государственное учреждение*

*«Институт проблем искусственного интеллекта»,*

*г. Донецк, pastuhova.anjela@gmail.com, makstabyy@gmail.com*

В данной работе представлен аналитический обзор машинных методов стереозрения.

Стереозрение на сегодняшний день является одним из основных методов компьютерного зрения, который использует две камеры. В современном мире стереозрение приобрело массовый характер. Основным принципом, позволяющим реализовать все перечисленные возможности, является извлечение информации о глубине сцены, имеющей название «карта глубины». Карта глубины оценивается путем сравнения смещения соответствующих пикселей от двух камер.

Процесс измерения и так называемой 3D-реконструкции заключается в определении несоответствий между парой изображений, полученных от двух камер. Зная эти несоответствия можно определить трехмерную карту наблюдаемой сцены.

Первым этапом [1] 3D-реконструкции является калибровка стереокамеры. Цель процесса калибровки – найти матрицу внутренних параметров  $K$  размером  $3 \times 3$ , матрицу вращения  $R_{3 \times 3}$  и вектор перевода  $t$ , используя набор известных трехмерных точек  $(X_w, Y_w, Z_w)$  и соответствующие им координаты изображения  $(u, v)$ .

В [1] Zhengyou Zhang отталкивался от работ В. Triggsa [2], который разработал метод самокалибровки по крайней мере из 5 видов плоской сцены, Liebowitz и Zisserman [3], которые описали метод метрической ректификации для перспективных изображений плоскостей с использованием метрической информации, такой, как известный угол.

После завершения калибровки камеры строится карта диспаратностей или «карты глубины» – это изображение, на котором для каждого пикселя вместо цвета хранится его расстояние до камеры [4].

Для каждой точки на одном изображении выполняется поиск парной ей точки на другом изображении. А по паре соответствующих точек можно выполнить триангуляцию и определить координаты их прообраза в трехмерном пространстве. Зная трехмерные координаты прообраза, глубина вычисляется, как расстояние до плоскости камеры. Парная точка должна находиться на эпиполярной линии, которая должна быть параллельна сторонам изображения. Процесс выравнивания изображений, когда поворачивают изображение так, чтобы точки с координатами  $(x_0, y_0)$ , соответствующая ей эпиполярная линия задавалась уравнением  $x = x_0$ , называется ректификацией.

Для нахождения проективного преобразования, позволяющего осуществить процедуру ректификации, матрица поворота  $R$  разделяется на две составляющие  $R_l$  и  $R_r$  [5], что соответствует повороту собственных систем координат камер, переводящих оси систем координат в попарно параллельное положение. Об этом писали К.И. Зайцев, А.Н. Перов, В.И. Алехнович в своей работе [5]. Соответствующие проективные преобразования изображений имеют вид [5]:

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} ul' \\ vl' \\ 1 \end{pmatrix} = M_{mid} \times R_l \times M_l^{-1} \times \begin{pmatrix} ul \\ vl \\ 1 \end{pmatrix}; \\ \begin{pmatrix} ur' \\ vr' \\ 1 \end{pmatrix} = M_{mid} \times R_r \times \left[ M_r^{-1} \times \begin{pmatrix} ur \\ vr \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} \right]; \end{cases}$$

где  $M_{mid}$  – матрица внутренних параметров, присущая обеим камерам после выполнения процедуры ректификации;

$ul'$ ,  $vl'$  и  $ul$ ,  $vl$  – новые и старые координаты точки левого изображения;  $ur'$ ,  $vr'$  и  $ur$ ,  $vr$  – новые и старые координаты точек правого изображения;  $T_u$ ,  $T_z$  – компоненты вектора трансляции  $T$ , обнуляемые в процессе ректификации.

После того как изображения ректифицированы, выполняют поиск соответствующих пар точек.

В идеале на двух снимках с двух камер стереопары удаленные объекты должны совпадать. Тогда приближенные объекты будут разнесены по горизонтали на некоторое расстояние в пикселях. По расстоянию между одним и тем же предметом, полученным разными камерами, можно судить о расстоянии до объекта.

В системах навигации обработка видеоинформации, оценка расстояний, определение препятствий движению мобильного робота должны производиться в режиме реального времени. Поэтому целесообразно, по возможности расчеты производить до основной работы мобильного робота. А также по возможности на аппаратном уровне.

При определении трехмерных координат наблюдаемых точек, зачастую система координат выбирается так, что матрицы камер имеют вид  $P = K[I|0]$ ,  $P' = K'[R'|t']$ . Это всегда можно сделать, если выбрать начало координат, совпадающее с центром первой камеры, и направить ось  $Z$  вдоль ее оптической оси. Об этом писали в своей книге R. Hartley и A. Zisserman [4], в ней они опирались на исследования, проведенные Zhengyou Zhang [1]. В таком случае фундаментальная матрица может быть вычислена по формуле [4]:

$$F = K'^{-1T} R K^T [K R^T t]_X,$$

где для вектора  $e$  обозначение  $[e]_X$  вычисляется как

$$[e]_X = \begin{bmatrix} 0 & -e_z & e_y \\ e_z & 0 & -e_x \\ -e_y & e_x & 0 \end{bmatrix},$$

где  $e$  – эпиполярный вектор;  
 $x$ ,  $y$ ,  $z$  – координаты пикселя.

С помощью фундаментальной матрицы вычисляются уравнения эпиполярных линий. Для точки  $x$  вектор, задающий эпиполярную линию, будет иметь вид  $l' = Fx$ , а уравнение самой эпиполярной линии:  $l'Tx' = 0$ . Аналогично для точки  $x'$  вектор, задающий эпиполярную линию, будет иметь вид  $l = FTx'$ .

В задачах, в которых нужно определить движение камеры, используется матрица (essentialmatrix):  $E = K'TFK$ . В случае, когда матрицы внутренних параметров будут единичными, существенная матрица будет совпадать с фундаментальной. По существенной матрице можно восстановить положение и поворот второй камеры относительно первой.

Следующим этапом построения 3D-сцены является триангуляция точек.

Триангуляция точек – определение трехмерных координат точки по координатам ее проекций. Триангуляция осуществляется путем решения системы уравнений [4]:

$$\begin{cases} x_1 = P_1X \\ x_2 = P_2X. \end{cases}$$

На практике для решения этой системы применяется следующий подход. Векторно умножают первое уравнение на  $x_1$ , второе на  $x_2$ , избавляются от линейно зависимых уравнений и приводят систему к виду  $AX = 0$ , где  $A$  имеет размер  $4 \times 4$ . Далее можно либо исходить из того, что вектор  $X$  является однородными координатами точки, положить его последнюю компоненту равной 1 и решать полученную систему из 3х уравнение с тремя неизвестными. Альтернативный способ – взять любое ненулевое решение системы  $AX = 0$ , например, вычисленное, как сингулярный вектор, отвечающий наименьшему сингулярному числу матрицы  $A$ .

Поиск соответствия пикселей правой картинке в левой картинке с координатами  $(x_0, y_0)$ . Пиксель на правой картинке должен иметь координаты  $(x_0 - d, y_0)$ , где  $d$  – величина, называемая несоответствие/смещение, также производится путем вычисления максимума функции отклика, в качестве которой может выступать корреляция окрестностей пикселей.

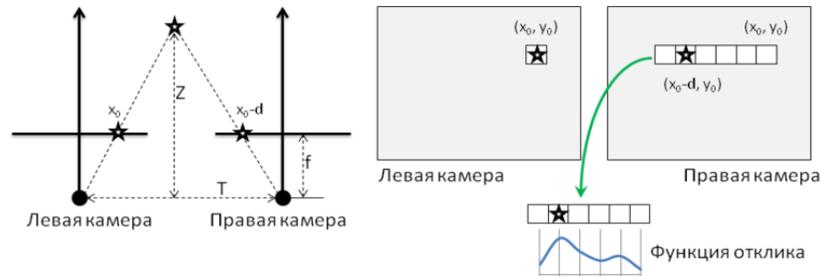


Рисунок 1 – Поиск соответствующих пикселей

Значения глубины обратно пропорциональны величине смещения пикселей. Зависимость между disparity и глубиной можно выразить следующим способом:

$$\frac{T - d}{Z - f} = \frac{T}{Z} \rightarrow Z = \frac{fT}{d}.$$

Из-за обратной зависимости глубины и смещения, разрешающая способность систем стереозрения, которые работают на основе данного метода, лучше на близких расстояниях и хуже на далеких [5], опираясь на [1], [4].

Данный подход применения стереозрения может быть использован в интеллектуальной роботизированной системе, способной перемещаться в пространстве, для отслеживания расстояния до препятствия при позиционировании робота в локальном подходе расчета оптимальной траектории движения. А все основные исследования в области стереозрения базируются на основных принципах, заложенных Zhengyou Zhang [1], B. Triggs [2], D. Liebowitzand, A. Zisserman [3].

## Литература

1. Zhengyou Zhang. Flexible Camera Calibration By Viewing a Plane From Unknown Orientations. Microsoft Research, 1999 г.
2. Triggs B. Autocalibration from planar scenes. In Proc. 5th European Conference on Computer Vision, pages 89–105, Freiburg, Germany, June 1998.
3. Liebowitz D. and Zisserman A. Metric rectification for perspective images of planes. In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 482–488, Santa Barbara, California, June 1998.
4. Hartley R., Zisserman A. Multiple view geometry in computer vision. Second Edition. Cambridge University Press, 2003 г.
5. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning Open CV Publisher(s): O'Reilly Media, Inc. 2008.

*А. А. Стукалов*

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*Государственное учреждение  
«Институт проблем искусственного интеллекта»,  
г. Донецк, [stukalov\\_aleksandr\\_1@mail.ru](mailto:stukalov_aleksandr_1@mail.ru)*

Оргкомитетом международного конгресса и выставки профессиональной направленности, посвященных проектированию, строительству, финансированию и эксплуатации зданий и сооружений любого назначения **100+ TechnoBuild** совместно с Национальной ассоциацией участников рынка робототехники в марте 2021 года был проведен первый в Российской Федерации вебинар «Применение робототехники в строительстве». Спикерами вебинара были озвучены следующие вопросы: применение промышленных роботов в области строительства; гидравлические роботы для монтажа; роботизация технологических процессов в строительстве; применение роботов Арипикс в производстве железобетонных изделий. В данной публикации автор предлагает

небольшой анализ обсуждаемых тем с последующим заключением о перспективах применения робототехники в строительной отрасли Российской Федерации.

Учитывая интенсификацию интеграционных процессов между Донецкой Народной Республикой и Российской Федерацией во всех отраслях народного хозяйства, рассматриваемые вопросы могут быть интересны не только узкому кругу представителей научного сообщества, которые тесно связаны с робототехникой как основным направлением своей научной деятельности, но и представителям строительной отрасли, инженерам и научно-педагогическим работникам нашего региона, которые интересуются новыми, перспективными технологиями в области строительства.

Данная публикация носит в большей степени ознакомительный характер, в связи с чем автор считает необходимым не указывать имена и фамилии отдельных спикеров, ограничиваясь лишь названиями ведущих организаций Российской Федерации, которые являются передовыми на сегодняшний день в вопросах создания и внедрения робототехнических систем в строительстве и представителями которых спикеры являются, а рассматривать указанные выше вопросы исключительно в контексте названия данной публикации.

Одним из ключевых аспектов при рассмотрении вопроса перспектив применения робототехнических систем в строительной отрасли является вопрос целесообразности использования робота для тех или иных операций. Так, выделены четыре основных случая целесообразности, к которым относят:

- работа в опасной среде, где человек не может находиться длительное время;
- монотонная серийная работа с коротким циклом повторения;
- тяжелая работа с большими физическими нагрузками;
- работа в грязных, замасленных местах.

Считается, что если хотя бы один из приведенных выше случаев имеет место быть на производственной площадке, то

есть определенная целесообразность в частичной, либо полной замене человеческого труда за счет применения промышленных роботов. В перспективе отмечается возможность автоматизации до 55% человеческого труда в строительной отрасли.

По статистическим данным, приведенным представителем компании «ВЕКТОР ГРУПП» – поставщика профессионального промышленного оборудования для сварки, металлообработки и автоматизации производства, продажи промышленных роботов в мире за период с 2009 по 2017 гг. увеличились более чем в 5 раз, а в перспективе на 2021 год предполагается десятикратное увеличение. Также отмечается двукратный рост объема мирового рынка промышленных роботов в стоимостном выражении за период с 2012 по 2017 гг. При этом средняя стоимость за единицу промышленного робота неуклонно снижается. Приведенные данные свидетельствуют о глобальных изменениях, происходящих в строительной отрасли в части внедрения роботизированных систем для полной, либо частичной замены человеческого труда.

Особенно преуспели в этом процессе такие государства, как Сингапур и Южная Корея. По данным World Robotics 2019 количество роботов на 10 тыс. работников в этих государствах составило 831 и 774 единицы соответственно. Продолжают этот рейтинг такие государства, как Германия, Япония, Швеция и т.д. Количество роботов, приходящихся на 10 тыс. работников в Российской Федерации, согласно данному рейтингу, составляет 5 единиц. Несомненно, это свидетельствует о недостаточном уровне роботизации промышленных предприятий, но в то же время существует тенденция к дальнейшему росту – поскольку все больше и больше предприятий осознают необходимость замены ручного труда за счет использования современных технологий и в частности, использования робототехники для выполнения сложных, опасных работ в тяжелых условиях при гарантированном росте производительности труда.

Общемировая тенденция использования роботов при выполнении различных производственных задач в процентном соотношении выглядит следующим образом: обработка материалов – 35,4%; сварка – 28,9%; сборка – 13%; дозировка – 3,8%; резка, фрезеровка – 2,5%; прочие – 7,9%. По данным McKinsey Global Institute в десятку крупнейших отраслей европейской экономики, в которых намечена тенденция замены человеческого труда на роботизированный, входят перерабатывающая промышленность, администрирование и поддержка, ритейл и торговля, здравоохранение, образование, сельское хозяйство, строительство, транспорт и водоснабжение, научные разработки и технические сервисы, услуги предоставления жилья и питания. В этом перечне строительная отрасль занимает лишь седьмое место с показателями 16,9 млн сотрудников в отрасли, из которых 55% или 9,2 млн могут быть заменены роботами.

Применение роботизированных систем в строительной отрасли Российской Федерации ориентировано в первую очередь на такие процессы, как сварка, создание модульных зданий, сборка сложных деталей, сортировка плитки в заводских условиях, буровые и земляные работы, резка бетона.

На сегодняшний день ведущими представителями рынка роботизированных систем в строительстве Российской Федерации являются такие компании, как Arripix Robotics и АО МГК «ИНТЕХПРОС», предлагающие клиентам роботы-манипуляторы, гидравлические роботы для демонтажа конструкций и т.д. В частности компания Arripix Robotics предоставляет такие выгоды для своих заказчиков, как снижение штата сотрудников на рутинных операциях до 70%, оптимизация расходов на оплату труда (1 робот в среднем заменяет 3-х человек), обеспечение круглосуточной работы, увеличение объема производства до 20%, снижение рисков производственных травм, окупаемость решения за 1-2 года. В свою очередь компания АО МГК «ИНТЕХПРОС», являясь лидером на рынке роботизации демонтажных работ в строительной

отрасли, предлагает большой спектр инженерных роботов многоцелевого назначения, которые способны заменить по производительности 8-10 рабочих, исключают появление вибрационной болезни, издавая меньше шума и являясь более устойчивыми к воздействию агрессивных сред.

Изложенный материал говорит о том, что мировой тенденцией в отраслях народного хозяйства, в т.ч. и в строительной отрасли, является повсеместное внедрение роботизированных технологий. Такие отрасли, как автомобилестроение, машино- и авиастроение, легкая промышленность и т.д. уже многие годы на своих производственных площадках и конвейерах используют роботов, тем самым увеличивая производительность и безопасность труда. Строительная отрасль на сегодняшний день не относится к лидерам по внедрению роботизированных систем, но имеет хорошие перспективы в данном направлении. К сожалению, на сегодняшний день использование роботизированных систем при выполнении строительно-монтажных работ, работ по демонтажу конструкций зданий и сооружений в Российской Федерации, по сравнению с лидерами в этом направлении, азиатскими странами, а также странами Европейского Союза, находится на достаточно низком уровне. В то же время есть понимание, что роботизация – основа будущего большинства отраслей народного хозяйства и в Российской Федерации, в частности, в сфере строительства ведется работа по созданию и внедрению роботизированных систем для оптимизации производственных процессов, повышения безопасности и производительности труда.

### **Литература**

1. Ссылка на презентационные материалы к вебинару «Применение робототехники в строительстве» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://forum-100.ru/novosti/besplatnyy-vebinar-primenienie-robototehniki-v-stroitelstve-sostoitsya-3-marta/>

*М. М. Харламов, А. А. Карпов\*, Б. И. Крючков,  
А. Ю. Кикина\*, В. А. Дикарев, В. М. Усов*

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
КОСМОНАВТОВ С РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ  
КОМПЛЕКСАМИ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТАХ**

*ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»,  
Моск. обл., п. Звёздный городок, Россия, В.Kryuchkov@gctc.ru  
\*ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

В контексте управления роботами организация речевого обмена становится актуальной задачей, когда оператору необходимо организовать работу группы мобильных роботов, проконтролировать ход совместно выполняемых работ и предотвратить потенциально возможные коллизии в группе. Переход к широкому применению беспилотных технологий на транспорте возможен на базе идей киберфизических систем, одной из ветвей которых являются социо-киберфизические системы. Именно в них наиболее полно должны быть представлены технологии, благодаря которым общение оператора происходит легко, естественно и оперативно.

Своевременность обращения к данной проблеме в области пилотируемой космонавтики подчеркивается тем обстоятельством, что перспективные пилотируемые полеты будут выполняться в автономном режиме, с меньшей информационной поддержкой специалистов наземных комплексов, но при этом будет повышаться роль роботов-помощников экипажа [1]. В этой связи специалистами НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина (далее – НИИ ЦПК) совместно с рядом академических институтов (СПИИ РАН г. СПб, НИИСИ РАН г. Москва, ИПМ РАН г. Москва и др.), а также ведущих ВУЗов (МГУ им. М.В. Ломоносова г. Москва, «Политех» им. Петра Великого г. СПб и др.) предпринимаются усилия по адаптации передовых решений в области информационных технологий человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) и

человеко-машинного взаимодействия (ЧМВ) к новым областям знаний, определяющим темпы освоения космического пространства. Другими словами, стоит задача не только выявить текущие общемировые тренды перехода от машинно-ориентированных технологий интерфейса к человеку-ориентированным, но и сформировать повестку для пилотируемой космонавтики и подготовки специалистов высшей испытательной квалификации с учетом тенденций современной эргономики. Дополнительное обращение в этой связи к проблемам человеческого фактора показывает необходимость при оценке применимости разных типов интерфейсов учета психофизиологического и психического состояния операторов, особенно гравизависимыми функциями, влияющими на работоспособность космонавта в полете.

В нашей стране проблема разработки новых типов ЧМИ представлена в работе ряда научных коллективов [1-6]. В «Лаборатории речевых и многомодальных интерфейсов», Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИ РАН) в разные годы проводились исследования следующих методов и технологий: взаимодействия человека с компьютером; автоматического аудиовизуального распознавания естественной спонтанной речи; построение ассистивных систем при наличии обусловленных состоянием здоровья трудностей построения коммуникации в среде; тестировались многомодальные интерфейсы; изучалась потенциальная сфера их применения, включая разработку социальных роботов (например, робота-гида) [2-5]. В «Отделе программных средств визуализации» Научно-исследовательского института системных исследований РАН (НИИСИ РАН, г. Москва) разрабатываются и совместно с НИИ ЦПК испытываются в лабораторном эксперименте «Системы виртуального окружения», включающие визуализацию 3D-виртуальных сцен в различных стерео режимах, подсистемы оптического трекинга, подсистемы взаимодействия пользователя с виртуальными объектами и др., что лежит в

основе построения дистанционного управления роботами в условиях космического полета [1], [6]. Близкие по смыслу разработки и виды испытаний проводятся совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова (Лаборатория «Искусственный интеллект и безопасность полетов») [7].

Можно констатировать, что отечественные разработки в области многомодальных ЧМИ, ориентированных на использование технологий искусственного интеллекта, занимают достойное место в отечественной науке и уже сегодня позволяют дать ответ на новые вызовы внедрения технологий экстремальной робототехники, в частности для построения интеллектуального окружения человека и интеллектуального пространства при обучении [1], [3].

Можно предложить классифицировать этапы развития технологий ЧМВ следующим образом: 1) как ориентированные преимущественно на более рациональную и экономичную эксплуатацию больших дорогостоящих ЭВМ (машинно-ориентированные технологии); 2) создание эргономичных пользовательских интерфейсов для настольных ЭВМ (человеко-ориентированные технологии пользовательского уровня); 3) ассистивных интерфейсов для пользователей с ОВЗ (модально-зависимые технологии) и 4) для операторов особых условий труда (средо-ориентированные технологии).

В настоящем исследовании преимущественное внимание уделено разным типам многомодального интерфейса. Сегодня этот способ информационного ЧМВ понимается, как интерактивное взаимодействие с одновременным использованием нескольких средств автоматической обработки и представления разных типов информации, учитывающих используемые для коммуникации органы чувств, сенсорные возможности и каналы восприятия человеком данных из внешнего мира, а также и те сигналы, которые могут получить различные сенсоры, датчики и управляющие элементы воздействий от пользователя. Истоки термина «модальность» можно проследить из трудов по когнитивной психологии в

контексте характеристики сенсорных систем человека для восприятия информации посредством органов чувств человека (зрение, слух, обоняние, осязание, вкус).

К достоинствам многомодальных интерфейсов можно отнести: 1) естественность, интуитивность и привычность для человека способов восприятия поступающей информации; 2) возможность параллельного ввода информации; 3) возможность выбора наиболее удобного способа ввода информации и переключения между каналами поступления данных. Также как при общении людей между собой, многомодальные ЧМИ расширяют возможности речевого интерфейса и обмена информацией посредством различных пространственных жестов руками и другими частями тела (язык жестов).

В распространении этих типов модальностей взаимодействия большую роль сыграли современные технологии распознавания сигналов и объектов, включая методы обучения нейросетей по специально формируемым для этой цели базам данных.

Для более точной характеристики пользовательских возможностей для коммуникации введено понятие мультимедиа – это компьютерное средство, которое обеспечивает одновременное (согласованное) предоставление пользователю разнотипной информации (текстовой, звуковой, речевой, видеоряд), а также подразумевает наличие способов интерактивного взаимодействия с этой информацией. Эти новые возможности послужили толчком к широкому внедрению технологий виртуальной реальности в игровую индустрию, в изобразительное искусство, в проектирование технических объектов и в строительство, и что особенно значимо, в операторскую деятельность в системах виртуального окружения (для удаленного управления робототехническими комплексами).

В заключение необходимо кратко охарактеризовать влияние на распространение многомодальных интерфейсов

режимов удаленного управления робототехническими комплексами, в частности, беспилотными аппаратами различного базирования.

Их назначение – улучшение пространственно-ситуационной осведомленности человека за счет синхронизированного предъявления разнородной, но взаимно связанной информации: а) видеоряда с камер аппарата; б) синтезированных 3D-изображений поверхности по трассе полета; в) 2D-изображения электронной карты поверхности; г) инструментальных данных о параметрах полета и др. Для управления полетом также могут использоваться различные виды задающих устройств: джойстики, сенсорные панели, а также применяться жестовые и голосовые команды. Возможность построения такого многомодального интерфейса активно изучается в рамках виртуального прототипирования при эргономическом проектировании систем управления [6], [7].

Применение технологий искусственного интеллекта при взаимодействии космонавтов с робототехническими комплексами, безусловно, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. Эти технологии способствуют развитию, в том числе, нового направления в науке и технике – интеллектуальные ЧМИ, которые будут способны адаптироваться под конкретного человека (оператора) и конкретную машину (робота), и обеспечивать «разумное» взаимодействие между ними посредством речи, мимики, жестов, движений и т.п. Возможно, интеллектуальные ЧМИ станут некоторым прототипом для виртуальных интеллектуальных интерфейсов машин (роботов), обеспечивающих «разумное» групповое взаимодействие между машинами (роботами) в понятных и привычных для людей формах коммуникаций, например, в интересах достижения коллабораций.

## Литература

1. Виртуальные среды обучения в задачах освоения Луны с помощью роботов [Текст] / Сергеев С. Ф., Харламов М. М., Крючков Б. И., Усов В. М., Михайлюк М. В. // Робототехника и техническая кибернетика. – 2020. – Том 8, № 3. – С. 165–174. DOI: 10.31776/RTSJ.8301.
2. Ронжин А. Л. Многомодальные интерфейсы: основные принципы и когнитивные аспекты [Текст] / А. Л. Ронжин, А. А. Карпов // Тр. СПИИРАН. – 2006. – № 3, Т. 1. – С. 300–319.
3. Карпов А. А. Когнитивные исследования ассистивного многомодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия [Текст] / А. А. Карпов // Информатика и её применения. – 2012. – Т. 6, вып. 2. – С. 77–86.
4. Карпов А. А. Ассистивные информационные технологии на основе аудиовизуальных речевых интерфейсов [Текст] / А. А. Карпов // Тр. СПИИ РАН. – 2013. – № 27. – С. 114–129.
5. Карпов А. А. Реализация автоматической системы многомодального распознавания речи по аудио- и видеоинформации [Текст] / А. А. Карпов // Автоматика и Телемеханика. – 2014. – Т. 75, № 12. – С. 125–138.
6. Построение человеко-машинного интерфейса для управления виртуальной моделью напланетного мобильного робота [Текст] / Михайлюк М. В. и др. / В сб. «Робототехника и искусственный интеллект»: материалы X Всероссийской научн.-техн. конф. с международным участием. – 2018. – С. 67–71.
7. Экспериментальные исследования возможности применения систем виртуальной реальности при моделировании на центрифуге управляемого движения лунохода [Текст] / Долгов П. П. и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 91–108.

## СЕКЦИЯ 4 РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

*С. А. Большакова*

### **К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЧЕСКОМ СНЯТИИ ОМОНИМИИ РУССКИХ ДЕЕПРИЧАСТИЙ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк, svetlako@yandex.ru*

С момента создания компьютера люди стремятся к тому, чтобы он понимал человеческую речь (как устную, так и письменную). Автоматическая обработка текста – одно из старейших направлений искусственного интеллекта. Одним из важнейших этапов обработки текста является морфологический анализ. Определяются морфологические характеристики (часть речи, род, число, падеж, время и так далее) и начальная форма (лемма).

Задача морфологического анализа осложняется омонимией. В русском языке встречаются различные виды омонимии: частеречная, морфологическая, лексическая. Частеречные и морфологические омонимы можно различить между собой, опираясь на морфологическую и синтаксическую информацию их окружения.

Деепричастие считается глагольной формой. Однако, по мнению некоторых ученых, его следует считать самостоятельной (неизменяемой) частью речи, обозначающей добавочное действие при основном.

Существуют следующие виды омонимии деепричастий: омонимия деепричастий и предлогов, деепричастий и существительных, деепричастий и прилагательных, деепричастий и причастий, деепричастий переходного и непереходного глагола. Рассмотрим эти случаи омонимии и сформулируем некоторые правила для ее автоматического разрешения.

### **Общие правила для автоматического снятия омонимии деепричастия:**

Правило 1: Пусть предложение содержит омоним деепричастия. Для того чтобы это действительно было деепричастие *необходимо*, чтобы оно содержалось в отрезке предложения, выделенном знаком препинания в начале или в конце предложения или с двух сторон в середине предложения.

Правило 2: Если отрезок содержит предикатив, личную форму глагола, краткое прилагательное или краткое причастие, то он не может содержать деепричастие. Исключение «будучи». Пример: «*Мальчик, будучи (прич) определен в кадетский корпус, с раннего детства жил вне семьи*». В то же время возможно деепричастие с инфинитивом. Пример: «*Стремясь помочь, он потянул дверь*».

#### **Омонимы деепричастий и предлогов**

*благодаря, включая, для, исключая*

Правило 3: Если после слова есть существительное, которое согласуется по падежу с предлогом, то выбирается предлог. В противном случае – деепричастие.

Омоним *благодаря* определяется как предлог, если далее в пределах отрезка найдется существительное (местоимение-существительное) в дательном падеже. В противном случае это дееприч.

Омоним *для* определяется как предлог, если далее в пределах отрезка найдется существительное (местоимение-существительное) в родительном падеже. В противном случае это дееприч.

Омонимы *включая, исключая* требуют дополнительных исследований. Примеры: *Уехали все, исключая (предл) древних стариков. Он действовал жестко, исключая (дееп) нерадивых учеников.*

### **Омонимы деепричастий и существительных**

Омонимы деепричастий и существительных (местоимений-существительных) различаются в первую очередь по правилам 1 и 2.

### **Омонимы деепричастий и прилагательных**

*бухая, вещь, витая, вишив, горяча, заезжая, приезжая, проезжая, синя, скупая, строгая, хворая, хромая*

Правило 4: Если на отрезке, содержащем омоним деепричастие-прилагательное есть существительное, согласованное с предполагаемым прилагательным, то это действительно прилагательное. Пример: *Скупая (прил.) старуха выжила в самые сложные времена. Он выживал в сложные времена, скупая (дееп.) ценности.*

### **Омонимы деепричастий и причастий**

*витая, обитая, питая*

Правило 5:

1) если за словом «*обитая*» следует предлог или слова «*там*», «*тут*», «*здесь*», то это деепричастие. В остальных случаях – причастие. Примеры: *Он жил, обитая (дееп) здесь уже год. Там дверь, обитая (прич) железом.*

2) если за словом «*питая*» следует существительное в винительном падеже, то это деепричастие. В остальных случаях – причастие. Пример: *В стакане вода, питая (прич) вчера. Дельта разливается, обильно питая (дееп) окрестности водой.*

3) если за словом «*витая*» следует предлог «*из*», или слова «*с помощью*», «*с использованием*», то это причастие. В остальных случаях – деепричастие. Примеры: *Веревка, витая (прич) из рогожи. Он жил, витая (дееп) в облаках.*

### **Омонимы деепричастий переходного и непереходного глагола**

*вкальывая, досадив, досадивши, досытая, запахнув, запахнувши, засытая, метя, мешая, наказывая, находя, недосытая, отсытая, отточив, отточивши, парируя, перетрусив, перетрусивши, пикировав, пикируя, планируя, повалив, поваливши, поводя, помешав, помешавши, поправив, поправивши, провалив, проваливая, проваливши, саботируя, свалив, сваливая, сваливши, снуя, тая, точка, узрев, узревши, целя*

Правило 6: Если есть омонимы деепричастий переходного и непереходного глагола, то деепричастие переходного глагола выбирается, если за ним следует существительное в винительном падеже, в противном случае выбирается деепричастие непереходного или пер/не глагола. Примеры: *Он работал с утра, кося (перех.) траву. Она сидела, кося (неперех.) в его сторону.*

Существуют также деепричастия-омонимы с чисто семантическим отличием (лексическая омонимия). Пример: «*взрывая*» (одно значение от «рыть», другое – от «устраивать взрыв»). Здесь классификация определяется контекстом и на сегодняшний день не может быть выполнена автоматически с помощью морфологической и синтаксической информации без использования семантики.

### **Литература**

1. Хаген М. Полная парадигма. Морфология [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.speakrus.ru/-dict/#morph-paradigm> (дата обращения: 10.02.2020).
2. Национальный корпус русского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://ruscorpora.ru/new/-index.html>. (дата обращения: 10.02.2020).

*А. В. Ниценко, В. Ю. Шелепов, С. А. Большакова*

## **К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЧЕСКОМ СНЯТИИ ОМОНИМИИ ПРЕДИКАТИВОВ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк, nav\_box@mail.ru,  
vladislav.shelepov2012@yandex.ua, svetlako@yandex.ru*

Из последних работ об автоматическом снятии омонимии отметим работы [1-13].

В статье [14] авторами предложен механизм снятия омонимии предикатива, выраженного словосочетанием. Как предикатив словосочетание представлено в словаре [11], с которым мы работаем, одной словарной единицей. То же имеет место, когда оно выступает в функции наречия, междометия, частицы. Так его и должна воспринимать программа. Однако возможны ситуации, когда на самом деле мы имеем дело с набором отдельных слов, например с предложной группой. Тогда программа должна разделять его на слова, помещаемые в отдельных строках.

Одним из ключевых моментов указанного механизма является использование описанного в [14] файла *Предл гр.txt*. Там же отмечено, что этот файл может пополняться и модифицироваться за счет работы с текстовыми корпусами, в частности, с Национальным корпусом русского языка [15]. В настоящее время такая работа проводится. Покажем некоторые ее результаты на примере словосочетания «без ума». Оно может появляться в трех функциях: предикатив (пример: «Он без ума от нее»), наречие (пример: «Он без ума влюбился»), предложная группа (пример: «Они действуют без ума»). Нами отобраны и проанализированы все появления указанного словосочетания в кор-

пусе [15]. Это 447 предложений. Соответствующая управляющая группа в файле *Предл гр.txt* преобразована к виду

без ума ! от (предл гр:злости,пьянства,ревности,хмеля),  
бежать [нар], быть, влюбиться [нар], (1)  
влюбляться [нар], врезаться [нар], любить [нар],  
полюбить [нар], предаваться [нар], предаться [нар].

Обрабатываемое словосочетание выделено восклицательным знаком. В сочетании с существительными в круглых скобках оно интерпретируется как предложная группа и подается программой в виде отдельных слов (каждое – отдельная строка в соответствующем поле). В сочетании с остальными представленными словами оно интерпретируется как наречие и подается как единая строка. Во всех прочих случаях «без ума» интерпретируется как предикатив.

Кроме того, поскольку мы работаем с причастиями как с отдельной частью речи, в программу добавлено правило, чтобы она при снятии омонимии работала с причастиями так же, как с глагольными формами. Пример: в сочетании «без ума влюбленный» «без ума» будет в соответствии с (1) интерпретироваться как наречие.

Описанный в [14] механизм разрабатывался для простых распространенных предложений, практически без знаков препинания. Предложения корпуса [15] во многих случаях являются сложными, содержат большое число знаков препинания и создают тем самым новую ситуацию. Она разрешается следующим образом: правила для простого предложения применяются к отрезку, который содержит рассматриваемое словосочетание и находится между двумя соседними знаками препинания.

Программа осуществила разметку указанных предложений, добавив к «без ума» одну из меток (предик), (нар), (предл гр). Просмотрев разметку, мы убедились, что она является правильной, за исключением предложения.

«Действительно, здесь умеют веселиться, потому что, должно быть, умеют и работать, а если пляшут как безумные каждый вечер, то, стало быть, работают тоже без ума(нар) целый день и каждый день».

Из-за того, что словосочетание «без ума» в сочетании со словом «работать» может при различной семантике выступать и как наречие, и как предложная группа, наш механизм в случае указанного предложения требует выбора правильного варианта разметки вручную.

### Литература

1. Зинькина Ю. В. Разрешение функциональной омонимии в русском языке на основе контекстных правил [Текст] / Ю. В. Зинькина, Н. В. Пяткин, О. А. Невзорова // Труды международной конференции «Диалог 2005». – М. : Наука, 2005. – С. 198–202.
2. Зеленков Ю. Г. Вероятностная модель снятия морфологической омонимии на основе нормализующих подстановок и позиций соседних слов [Текст] / Ю. Г. Зеленков, И. В. Сегалович, В. А. Титов // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды международного семинара «Диалог 2005». – М. : Наука, 2005. – С. 616–638.
3. Мухамедшин Д. Р. Модуль разрешения морфологической неоднозначности: архитектура и организация базы данных [Текст] / Д. Р. Мухамедшин, Д. Ш. Сулейманов // Программные продукты и системы. – 2020. – Т. 33, № 1. – С. 38–46.
4. Бобичев В. Л. Автоматическое снятие морфологической многозначности при разметке корпуса [Текст] / В. Л. Бобичев // Труды международной конференции «Корпусная лингвистика–2008». – СПб. : СПбГУ, 2008. – С. 45–49.
5. Гатауллин Р. Р. Аналитический обзор методов разрешения морфологической многозначности [Текст] / Р. Р. Гатауллин // Электронные библиотеки. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 98–114.
6. Кобрицов Б. П. Снятие лексико-семантической омонимии в новостных и газетно-журнальных текстах: поверхностные фильтры и статистическая оценка [Текст] / Б. П. Кобрицов,

- О. Н. Ляшевская, О. Ю. Шеманаева // Интернет-математика 2005. Автоматическая обработка веб-данных. – М., 2005. – С. 38–57.
7. Ширшикова А. А. О проблемах омонимии [Текст] / А. А. Ширшикова // Альманах современной науки и образования. – 2012. – № 2 (57). – С. 190–192.
  8. Порохнин А. А. Анализ статистических методов снятия омонимии в текстах на русском языке [Текст] / А. А. Порохнин // Вестник астраханского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 168–174.
  9. Лесько О. Н. Использование онтологии предметной области для снятия омонимии в естественно-языковых текстах [Текст] / О. Н. Лесько, Ю. В. Рогушина // Проблемы программирования. – 2017. – № 2. – С. 61–71.
  10. Рысаков С. В. Статистические методы снятия омонимии [Текст] / С. В. Рысаков, Э. С. Клышинский // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2015. – № 18. – С. 555–563.
  11. Хаген М. Полная парадигма. Морфология [Электронный ресурс] // Форум «Говорим по-русски» [сайт]. 2018. – Режим доступа : <http://www.speakrus.ru/dict/#morph-paradigm> (дата обращения: 10.06.2019).
  12. Ниценко А. В. О подчинительном дереве для простого распространенного русского предложения [Текст] / А. В. Ниценко, В. Ю. Шелепов, С. А. Большакова // Проблемы искусственного интеллекта. – 2019. – № 2(13). – С. 94–103.
  13. Ляшевская О. Н. Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка) [Текст] / О. Н. Ляшевская, С. А. Шаров. – М. : Азбуковник, 2009. – 1087 с.
  14. Ниценко А. В. О снятии омонимии словосочетаний, которые могут быть предикативами [Текст] / А. В. Ниценко, В. Ю. Шелепов, С. А. Большакова // Проблемы искусственного интеллекта. – 2021. – № 1(20). – С. 53–63.
  15. Национальный корпус русского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.ruscorpora.ru/> (дата обращения: 01.05.2021).

СЕКЦИЯ 5  
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ,  
УПРАВЛЕНИЕ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ  
И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

*В. В. Бондарчук, Н. М. Кравченко, Т. Д. Ключанова*

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕОКАРДИОГРАФИИ  
В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ БАРОТЕРАПИИ**

*Государственное учреждение «Институт проблем  
искусственного интеллекта», г. Донецк,  
vv\_bondar@mail.ru, natali\_kravchenko70@mail.ru,  
kklushanova@mail.ru*

В настоящее время информатизация становится неотъемлемой частью здравоохранения Донецкой Народной Республики. Использование достижений в области цифровых технологий обработки больших массивов информации способствует повышению качества предоставляемых медицинских услуг.

Анализ отечественных и зарубежных исследований по вопросу автоматизации процесса баротерапии показал, что в последнее время научные исследования, посвященные формированию теоретических основ и практической реализации экспертных систем поддержки принятия решений для формирования режимов гипербарической оксигенации (ЭС АБ) ведутся недостаточно [1, с. 114-116]. Общеметодологические аспекты формального описания ЭС АБ, основанные на логико-формальном аппарате описания, позволили создать алгоритмы определения параметров variability сердечного ритма (ВСР) по кардиосигналу, зафиксированному во время сеанса баротерапии, которые опираются на частотные характеристики сигналов и возможности инструментальных средств [2, с. 391-399].

Проведенный анализ современных методик и разработок определил необходимость разработки методических положений формализации инструментальных средств для реализации ЭС АБ. При разработке методических положений сформулированы правила, обосновывающие взаимодействие, что позволило формализовать модульную структуру ЭС АБ. Математические модели преобразования аналоговых и цифровых сигналов синтезированы как параметрические структуры. Для оценивания параметров этих моделей разработаны алгоритмы идентификации.

Разработанные методические положения формализации представлением их характеристик и математические модели программно-аппаратных средств компьютерного преобразования положены в основу алгоритмов разработанной системы, которая функционально состоит из трех подсистем: идентификация информации технических устройств, распознавания ВСР и формирования принятия решений [3, с. 137-142].

В рамках прикладной НИР «Разработка экспертной системы поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии» разработаны принципы построения и реализации экспертных систем процесса баротерапии, механизма оптимального взаимодействия, который устанавливает однозначную связь между информационной системой, объектом и контролируемой внешней средой для получения стабильных и однозначных характеристик системы, соответствующих гипербарическому состоянию объекта. Предлагаемый подход обеспечивает хорошее отслеживание профиля давления, предысторию процесса баротерапии. Изменение режимов барокамеры в зависимости от реального состояния пациента, определяемого по ВСР, позволяет уменьшить негативное воздействие процесса ГБО, исключить небезопасные тревожные ситуации или приостановить динамику процесса и тем самым поддер-

жать устойчивую работу системы с мощными инструментами лечения. Таким образом, обеспечивается взаимная адаптация объекта, окружающей среды и измерительной системы [4, с. 16-21].

Структурно-логическая модель реализации интеллектуальной системы ЭС АБ реализована с помощью процессно-системного подхода, событийно-управляемой архитектуры; интеллектуальности (машинное обучение, чувствительность к контексту, метаданные, интеллектуальные оболочки, инициирование и ответ, интеллектуальные рекомендации, автоматическая и интеллектуальная обнаруживаемость, динамическое связывание, динамические интеллектуальные информационные пакеты, интеллектуальные хранители экрана, семантические подсказки в пользовательском интерфейсе, гибкий управляемый пользователями анализ информации, гибкие семантические запросы и т.д.). Программа для ЭВМ по выбору режимов баротерапии разработана и включена в состав экспертной системы поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии на основе реокардиографии.

Предложенная программа обеспечивает возможность проведения полного анализа кардиоинтервалограммы, расчета показателей variability сердечного ритма частотной области (меры мощности влияний нейрогуморальной регуляции; меры мощности сверхнизкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции связывают с околосуточной периодикой; меры мощности очень низкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, которую связывают с терморегуляцией, другими долговременными системами, как то ренин-ангиотензиновой системой и симпатической нервной системой; меры мощности низкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, которую связывают преимущественно с симпатическим и частично парасимпатическими звеньями регуляции; относительного уровня низкочастот-

ного звена нейрогуморальной регуляции, связывают с относительным уровнем симпатического звена; меры мощности высокочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, которую связывают преимущественно с парасимпатическим звеном регуляции; относительного уровня высокочастотного звена нейрогуморальной регуляции, связывают с относительным уровнем парасимпатического звена; меры баланса низко- и высокочастотных звеньев регуляции, которую часто рассматривают как меру симпатического баланса; среднего уровня активности очень низкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, которую связывают с влияниями надсегментарных отделов симпатического звена вегетативной регуляции; среднего уровня активности низкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, связывают с активностью вазомоторного центра; среднего уровня активности высокочастотных влияний нейрогуморальной регуляции, который связывают с влияниями парасимпатического звена вегетативной регуляции; степени централизации управления ритмами сердца (преобладание активности центрального контура регуляции над автономным) [5, с. 20-23].

Разработаны программные модули:

1. Главное окно ЭСАБ содержит главное меню для доступа к основным возможностям системы. Кроме того, здесь отображается информация о пациентах и сеансах лечения, хранящаяся в базе данных.

2. Модуль импорта из базы данных системы Cardio+. Чтение данных о пациентах и их состоянии во время сеансов баротерапии из формата MSAccess и двоичных файлов, преобразование их к нужному виду и затем запись в базу данных Paradox.

3. Модуль импорта данных из Excel. Чтение данных о режимах работы барокамеры во время сеансов лечения каждого пациента. Запись данных в базу Paradox.

4. Модуль работы с базой данных. Реализация доступа к базе данных для ее пополнения новыми данными, поиска нужной информации.

5. Модуль сбора информации о пациенте. Ввод данных о новом пациенте и сохранение их в базе данных.

6. Модуль расчета параметров ВСП. Расчет различных статистических показателей, характеризующих вариабельность сердечного ритма пациента в ходе каждого 5-минутного этапа сеанса баротерапии.

7. Модуль графического отображения динамики показателей ВСП. Представление в виде диаграмм динамики изменения показателей вариабельности по каждому сеансу и по всему курсу лечения.

8. Модуль записи результатов расчета показателей вариабельности в электронные таблицы MSExcel. Необходимо предусмотреть различные варианты формирования таблиц: по одному сеансу пациента – для сравнения 5-минутных этапов между собой, по всем сеансам для одного пациента – для оценки динамики состояния пациента в процессе лечения, по выбранной определенным образом группе пациентов.

9. Модуль записи протокола сеанса в формате PDF. Записываются основные данные о пациенте и результатах баротерапии в ходе одного сеанса. Представление показателей ВСП в числовом и графическом виде.

10. Модуль поиска первоначального режима лечения. На основе информации о новом пациенте и данных о результатах баротерапии других пациентов выбирается наиболее подходящий режим работы барокамеры для первого сеанса лечения нового пациента.

11. Модуль корректировки режима лечения. По результатам первого сеанса лечения (динамике показателей ВСП в ходе сеанса) режим работы барокамеры для последующих сеансов может быть изменен.

12. Модуль формирования рекомендаций для врача. Результаты выбора первоначального режима лечения и

корректировки настроек работы барокамеры в последующих сеансах представляются в удобном для использования виде (формат MSWord).

Цели, поставленные в Техническом задании, достигнуты: обеспечена возможность расчета и просмотра параметров ВСП после сеанса баротерапии на экране компьютера; обеспечена возможность сохранения в файл Excel рассчитанных после сеанса (сеансов) параметров ВСП одного пациента или группы пациентов; обеспечена возможность сохранения рассчитанных после сеанса параметров ВСП в файл pdf; обеспечена возможность запоминания и хранения в базе данных о пациенте, динамике параметров ВСП в процессе сеанса баротерапии и параметров барокамеры; обеспечена возможность для врача поиска пациента или группы пациентов в базе данных по заданным критериям; обеспечена для врача возможность просмотра и корректировки динамики параметров ВСП после сеанса; автоматизирован выбор параметров режима ГБО на первоначальном этапе лечения на основе классификации накопленных данных по алгоритму построения дерева решений [6, с. 28-35]. Таким образом, обеспечена для врача возможность получения рекомендаций от ЭС АБ по корректировке режима ГБО после каждого сеанса.

Технологические процессы работы системы визуализированы и адаптированы для эксперта. Предварительная апробация внедрения системы ЭС АБ состоялась на кафедре профессиональных болезней и радиационной медицины ДонНМУ 25 августа 2020 г. и 15 апреля 2021 г. Экспертами разработки являются врач-анестезиолог высшей кат., к.мед.н., доц. А.А. Гринцова и зав. кафедрой профзаболеваний и радиационной медицины ДонНМУ, к.мед.н., доц. А.Ф. Денисенко.

## Литература

1. Ladaria Elena G. Principles for Implementing an Intelligent Decision Support System in the Barotherapy Process [Текст] / Ladaria Elena G., Bondarchuk Victoria V., Kravchenko Nataliya M. // The 5th International scientific and practical conference «Perspectives of world science and education» (January 29-31, 2020) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2020. 884 p. – P. 114–116.
2. Бондарчук В. В. Методологические аспекты моделирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений для формирования режимов гипербарической оксигенации [Текст] / В. В. Бондарчук, Е. Г. Ладария, Н. М. Кравченко // The 6th International scientific and practical conference «Dynamics of the development of world science» (February 19-21, 2020) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2020. 1324 p. – С. 391–399.
3. Bondarchuk Victoria V. Generation of the Intellectual Decision-Making Software for Forming Hyperbaric Oxidation Modes Prospects for Development [Текст] / Bondarchuk Victoria V., Ladaria Elena G., Kravchenko Nataliya M. // The 2 nd International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress» (February 24-25, 2020) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2020. 525 p. – P. 137–142.
4. Бондарчук В. В. Принципы построения и реализации экспертных интеллектуальных систем процесса взаимодействия гипербарического состояния и контролируемых параметров объектов [Текст] / В. В. Бондарчук // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. – Декабрь 12, 2020. – № 81.– С. 16–21. DOI: 10.3168/ESU.2020.1.75.8282.
5. Практические результаты создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений для формирования режимов гипербарической оксигенации [Текст] / Бондарчук В. В., Ладария Е. Г., Кравченко Н. М., Ключанова Т. Д.; Отв. ред. к.э.н. Герман Юрьевич Гуляев // Актуальные вопросы современной науки и образования. Сборник статей V Международной научно-практической конференции – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2020. – 180 с. – С. 20–23.
6. Распознавание параметров variability сердечного ритма по кардиосигналу в процессе баротерапии [Текст] / Кравченко Н. М., Ладария Е. Г., Ключанова Т. Д., Бондарчук В. В. // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – 2020. – № 2 (17). – С. 28 – 35.

*О. А. Криводубский*

**АКТИВНАЯ НЕЙРОСЕТЬ  
В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ**

*Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет», г. Донецк*

Современные нейросетевые технологии реализуются в системах принятия решений по управлению однородными показателями, такими как количество, цена, производственная программа реализации позиций портфеля заказов на продукцию, выпускаемую предприятием. Обучение таких нейросетей базируется на ограниченном количестве однородных показателей, что не позволяет принимать решения относительно совокупности всех показателей, характеризующих деятельность предприятия. Рассматривая современное предприятие как многоуровневую систему, предназначенную для выпуска номенклатуры изделий, присущую технологическим особенностям предприятия, следует учитывать технологическую и организационную специфику предприятия. Можно выделить пять уровней иерархии технологических подразделений предприятия. Первый уровень – предприятие, как юридическая организация, финансируемая из различных источников, для выполнения заданных производственных программ, определяемых полученным портфелем заказов на продукцию. На этом уровне осуществляется планирование деятельности подразделений второго уровня иерархии – технологических цехов, изготавливающих полупродукты и готовую продукцию. В свою очередь в цехах выделяются подразделения третьего уровня иерархии – переделы, на которых выполняются определённые технологией операции. Переделы содержат производственные участки – четвёртый уровень. В состав участков входят технологические агрегаты – пятый уровень. При организа-

ции систем автоматизированного и автоматического управления на нижнем – пятом уровне решаются задачи управления технологическими процессами, причём зачастую – физико-химическими или физическими превращениями сырьевых продуктов в полуфабрикаты или готовую продукцию. На этом уровне только небольшая ( $\leq 5\%$ ) доля задач связана с экономическими и организационными решениями. С другой стороны на первом уровне доминируют задачи финансового и организационно-технического характера, связанные с принятием решений в разработке производственной программы, обеспечения ее сырьевыми продуктами и финансами. На этом уровне принятие решений по управлению технологическими процессами не превышает пяти процентов. Для разработки автоматизированной системы управления предприятием при всей совокупности его подразделений различных уровней может быть предложена нейросеть, узлами которой являются подразделения первого и второго уровней. С помощью этой нейросети можно решать задачи управления вида «что, где, когда», т.е. что должно быть произведено, какой вид продукции, и в каком количестве. Где, на каком подразделении второго уровня (цехе) должно быть выполнено это задание и в какие сроки.

Кроме того, эта нейросеть должна давать возможность принимать решения по закупкам сырья, технической подготовке производства и обеспечения работы оборудования. Отсюда следует, что для нейросети, охватывающей первый и второй уровни производственной иерархии, присутствуют разнородные показатели. Один из вариантов применения нейросетевого аппарата заключается в том, что для двойной структуры сети необходимо ее многократное использование в решении перечисленных задач. В технической реализации это может быть «слоеный пирог» из совокупности сетей, каждая из которых обучена по соответст-

вующей группе показателей. Совокупность решений каждого слоя образует вектор, характеризующий планово-производственную систему принятия решений, которые группируются в соответствующем узле нейросети. В свою очередь для каждого подразделения второго уровня (цеха) формируется свой участок нейросети, узлами которого являются подразделения третьего уровня. Этот участок нейросети автоматизированной системы управления также представляет собой «слоеный пирог», пластины которого позволяют определять совокупность показателей планово-производственной программы каждого подразделения второго уровня (цеха) через специфику показателей третьего уровня (пердела). Совокупность решений каждого слоя формирует вектор производственной программы цеха и переделов и размещается в соответствующих узлах. Аналогично формируется «слоеный пирог» нейросетей связи третьего и четвертого уровней, вектором решения которого будет производственная программа, характеризующая производственную специфику передела (третий уровень) и производственных участков (четвертый уровень). Решением автоматизированной системы, полученным с использованием этой нейросети, будут вектора производственных зданий подразделением пятого уровня (технологическим агрегатам) в соответствии со своим «слоеным пирогом» второго, третьего и четвертого уровней. Кроме производственных показателей, характеризующих плановое задание, участвуют показатели, характеризующие технологические особенности производственного оборудования и обрабатываемых материалов на каждом уровне иерархии. Нейросетевой пирог, отображающий свойства технологических агрегатов и обрабатываемых материалов, является наиболее сложным в обучении, так как на технологических агрегатах происходят физические и физико-химические преобразования исходных материалов с использованием энергоресурсов. Нейросети этого уровня обучаются с помощью классического аппарата

параметрической идентификации. А сами нейросети содержат узлы, отображают соответствующие преобразования материалов и получение готовой продукции. Следует отметить, что один или несколько нейросетевых слоев предназначены для системы технологических измерений и устройств выполнения команд (приводов). Отдельный нейрослой каждого «слоеного пирога» предназначен для решения оптимизационных задач. Как следует из изложенного материала, для разработки специального математического обеспечения автоматизированных систем многоуровневого управления возможно применение нейросетевых технологий, при этом предлагается создание активной многослойной нейросетевой организации алгоритма, в которой процедуры обучения основываются на различных методах, соответствующих формализации характеристик объектов управления. Предлагаемая методология пригодна для многоуровневой организации систем управления, отображающей структуру производственного подразделения.

*А. Ю. Максимова*

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА  
ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА**

*Государственное учреждение «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк, [taximova.alexandra@mail.ru](mailto:taximova.alexandra@mail.ru)*

Классический регрессионный анализ традиционно используется для решения задач эконометрики [1], химии [2-4], физики и в других прикладных исследованиях. Наиболее изученными являются линейные регрессионные модели, для восстановления параметров которых используют хорошо обоснованные и формализованные методы, позволяющие строить доверительные интервалы и оценки эффективности, не-

смещенности и состоятельности полученных параметров. При этом далеко не всегда удается обойтись линейными моделями, так как восстанавливаемая зависимость может быть нелинейной по своей природе. К линейным моделям сводится регрессия с нелинейностью по объясняющей переменной за счет введения новой переменной и с нелинейностью по коэффициентам регрессии, которая может быть приведена к линейному виду с помощью соответствующих преобразований, например, логарифмических [5]. Внутренне нелинейные регрессии не могут быть приведены к линейному виду, поэтому требуют более сложных подходов к решению.

Методы нейросетевого моделирования с успехом могут быть использованы для решения задач регрессионного анализа [6], хотя традиционно их применение для этих целей достаточно редко рассматривается в специальной литературе. Применение нейронных сетей обусловлено тем, что они являются универсальными аппроксиматорами нелинейных зависимостей [7] и их можно отнести к новым нетрадиционным методам регрессионного анализа. Учитывая современные тенденции, будем говорить о методах искусственного интеллекта в регрессионном анализе, так как численный метод обработки данных на основе нейронных сетей является одним из классических методов машинного обучения.

Задача регрессионного анализа заключается в восстановлении значения некоторого показателя  $Y$  по заданным значениям объясняющих переменных  $X = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$  с некоторой случайной ошибкой  $\varepsilon$ . Исходными данными в рассматриваемых задачах восстановления параметров функции регрессии, как и в классических задачах машинного обучения, является набор данных, формализуемый в виде

множества  $\{y_i, x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(n)}\}_{i=1}^l$ , а регрессионная модель имеет вид:

$$y_i = f(X_i; \theta) + \varepsilon_i,$$

где  $X_i = (x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(n)})$ ,  $\varepsilon_i$  – регрессионные остатки, а  $f(X) = E(y|X)$ .

Одним из методов оценки коэффициентов нелинейной регрессии является метод наименьших квадратов (МНК):

$$\tilde{\theta}_{\text{МНК}} = \arg \min \sum_{i=1}^l (y_i - f(X_i; \theta))^2,$$

где  $\tilde{\theta}_{\text{МНК}}$  – МНК-оценка вектора параметров  $\theta$ .

При решении задачи линейной множественной регрессии обобщенный МНК позволяет получать состоятельные, несмещенные и эффективные оценки  $\theta$ , если известна ковариационная матрица регрессионных остатков. В противном случае применяется специальная итерационная процедура, которую называют практически реализуемым обобщенным МНК.

Одним из бурно развивающихся направлений эконометрики является непараметрическая эконометрика, которая не требует спецификации функциональных форм оцениваемых объектов. При построении непараметрических моделей не строят гипотезы о распределениях, а модель формируют на основе обучающих данных. К основным методам построения гибких моделей относят ядерные методы, метод ближайших соседей, фрактальный анализ, сглаживание сплайнами, гибкие сглаживания с помощью рядов данных, а также нейронные сети [8], [9].

Рассмотрим применение нейросетевого подхода для решения задачи восстановления параметров функции ре-

грессии. Нейронная сеть представляет собой некоторую вычислительную модель, реализуемую компьютерной программой, предназначенную для решения конкретной задачи. Базовой нейросетевой моделью является многослойный персептрон. Модель персептрона может быть формально записана суперпозицией функций. Для полносвязной двухслойной нейронной сети (двухслойного персептрона), у которого  $n$  входов,  $H$  – нейронов скрытого слоя и  $M$  – нейронов выходного слоя, функция будет иметь следующий вид:

$$f_{\text{персептрон}}^m(X; \theta) = \sigma_m \left( \sum_{h=0}^H \theta_{hm} \sigma_h \left( \sum_{j=0}^n \theta_{jh} X_j \right) \right),$$

где  $\sigma_h$  и  $\sigma_m$  – функции активации скрытого и выходного слоя соответственно,  $\theta_{jh}$  – весовой коэффициент связи между входным признаком  $j$  и  $h$ -м нейроном скрытого слоя, а  $\theta_{hm}$  – весовой коэффициент связи между  $h$ -м нейроном скрытого слоя и  $m$ -м нейроном выходного слоя. Данную функцию можно рассматривать как искомую функцию задачи регрессии. При этом в случае одномерной задачи регрессии персептрон будет иметь только один выходной слой, а персептрон с  $M$  нейронами выходного слоя применяется для решения задачи многомерной регрессии.

Процесс обучения нейронной сети заключается в нахождении таких параметров  $\theta$ , при которых значения на выходе нейронной сети будут как можно больше похожи на заданные в обучающей выборке  $y$ . Осуществляется это за счет минимизации некоторого функционала качества нейронной сети на множестве  $X^1$ , называемого эмпирическим риском. Для задачи регрессии эмпирический риск задают среднеквадратичным отклонением ошибки:

$$Q(\theta, X^1) = \sum_{i=1}^1 (f(X_i, \theta) - y_i)^2 \rightarrow \min_{\theta} .$$

Решается такая задача минимизации  $Q(\theta, X^1)$ , например, методом обратного распространения ошибки, который является специфической реализацией градиентного спуска в пространстве весов нейронной сети прямого распространения. Основная идея этого метода заключается в эффективном вычислении частных производных функции сети  $f_{\text{perceptron}}^m(X, \theta)$  по всем элементам настраиваемого вектора весов  $\theta$  для данного входного вектора  $X_i$ . В основе вычисления вектора градиента лежит процедура дифференцирования, которую современные вычислительные модели нейронных сетей выполняют автоматически [11]. Автоматическое дифференцирование представляет собой набор методов для численной оценки производной функции, которая задана компьютерной программой. В программе функция определяется последовательностью элементарных арифметических операций, таких как сложение, вычитание, деление, умножение и др. и элементарных функций  $\exp$ ,  $\log$ ,  $\sin$ ,  $\cos$  и др. К этой функции последовательно применяется правило дифференцирования сложной функции и дифференцирование может быть выполнено с заданной рабочей точностью. Таким образом, если программно задать функцию регрессии с помощью нейронной сети, то используя специальные компьютерные программы можно решать задачу регрессионного анализа. На сегодняшний день интенсивно развиваются вычислительные методы для обучения нейронных сетей, известно уже достаточно большое количество специальных библиотек, самые популярные среди которых PyTorch, Keras, TensorFlow написаны на языке Python.

В [12] сравнивают результаты решения экономических задач с использованием нейросетевого подхода и методов множественной линейной регрессии. Оказывается, что простые двухслойные персептроны показывают результаты, превосходящие полученные с помощью традиционных методов.

Другим преимуществом использования нейронных сетей является возможность решать задачу прогнозирования сразу для нескольких целевых переменных, что важно при прогнозировании пучков временных рядов. Несмотря на ряд преимуществ, рассмотренный нейросетевой подход для решения задачи регрессии не всегда имеет строгое теоретическое обоснование. С другой стороны, его вычислительная мощность и хорошие практические результаты, которые в некоторых случаях превосходят полученные традиционными методами, говорят о необходимости дальнейших исследований в данном направлении.

### Литература

1. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. [Текст] / 2-е изд., испр. – Т 2: Айвазян С. А. Основы эконометрики. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.
2. Максимова А. Ю. Регрессионная модель для прогнозирования температуры вспышки дизельного топлива в закрытом тигле [Текст] / А. А. Иванова, Н. С. Лозинский // Информатика и кибернетика. – Донецк : изд. ДонНТУ, 2019. – № 4 (18). – С. 5–13.
3. Максимова А. Ю. Корреляционно-регрессионный анализ влияния суммарного содержания ароматических углеводородов в бензине на его плотность [Текст] / А. А. Иванова, Н. С. Лозинский // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности материалы IV Международной научной конференции. – 2019. – Том 1. – С. 141–143.
4. Лозинский Н. С. О взаимосвязи температур начала кипения и вспышки, определяемой в закрытом тигле, нефтепродуктов различного происхождения [Текст] / А. Ю. Максимова // Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса». – Том 4: Перспективные направления развития экологии и химической технологии. – 2019. – С. 129–133.
5. Воскобойников Ю. Е. Построение регрессионных эконометрических моделей (с примерами Excel): учеб. пособие

- [Текст] / Ю. Е. Воскобойников. – Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (СИБСТРИН), 2014. – 224 с.
6. Домбровский В. В. Эконометрика: учебник [Электронный ресурс] / В. В. Домбровский. – М. : Новый учебник, 2004. – 342 с. – Режим доступа : <http://sun.tsu.ru/mminfo/2016/Dombrovski/book/toc.htm>
  7. Cybenko G. V. Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function [Текст] / G. V. Cybenko // Mathematics of Control Signals and Systems. – 1989. – Т. 2, № 4. – С. 303–314.
  8. Эконометрика: учебник для вузов [Текст] / И. И. Елисеева [и др.] ; под редакцией И. И. Елисеевой. – М. : Юрайт, 2020. – 449 с.
  9. Рассин Джеффри. Непараметрическая эконометрика: вводный курс [Электронный ресурс] / Рассин Джеффри // Квантиль. – 2008. – № 4. – С. 7–56. – Режим доступа : <http://quantile.ru/04/04-Issue.pdf>
  10. Хайкни С. Нейронные сети: полный курс [Текст] / С. Хайкни. – 2-е изд.
  11. Николенко С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей [Текст] / С. Николенко, А. Кадруни, Е. Архангельская. – СПб. : Питер, 2018. – 480 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»)
  12. Бэстэнс Д. Э. Нейронные сети и финансовые рынки [Текст] / Д. Э. Бэстэнс, В. М. Ван ден Берг, Д. М. Вуд. – ТВП, 1997.

*В. Н. Павлыш, С. В. Сторожев*

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ  
ДЕФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
ОБОЛОЧЕК ЗАМКНУТОЙ ТОРОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ**

*Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет», г. Донецк*

Исследования статических деформационных моделей устойчивости тонкостенных оболочечных конструкций [1] сохраняют важное фундаментальное и прикладное значение в важнейших научно-промышленных отраслях, таких, как машиностроение, строительство, воздушный и подводный транспорт, аэрокосмическая техника [1-3].

В представляемом исследовании используются полученные в [1], [2] результаты решения в классической постановке. Оболочка характеризуется геометрическими параметрами толщины стенки  $h$ , радиуса круговых сечений  $R_s$  трубчатой части и расстояния  $R_l$  от оси симметрии оболочки до центров поперечных сечений, а также физико-механическими параметрами модуля Юнга  $E$  и коэффициента Пуассона  $\nu$  материала оболочки. Для оболочки с описанными характеристиками, согласно [1], значения критических усилий  $q_n^*$  описываются соотношениями

$$q_n^* = \Phi_n(h, R_s, R_l, E, \nu) = EhR_s^{-1}(1-\nu^2)^{-1}(\delta_n(k) + (h^2 / (12R_s^2))\lambda_n(k)) \quad (n=1, 2, \dots), \quad (1)$$

в которых

$$k = R_s / R_l \quad (2)$$

$$\delta_n(k) = (1+k^2/4)^{-1}((k^2/2)(n^2 + ((1-\nu^2)/2)n^2k^2 + (1+\nu)^2k^2 + \nu + 1) / (n^2(n^2(1+k^2/2) + (1+\nu)k^2/2))),$$

$$\lambda_n(k) = (1+k^2/4)^{-1}((n^2 - 1 + n^2k^2/2)(n^2(1+k^2/2) + k^2) / (n^2(1+k^2/2) + (1+\nu)k^2/2) + k^2/2)$$

При этом для функций  $\Phi_n(h, R_s, R_l, E, \nu)$  во всей области их определения выполняются свойства

$$\partial\Phi_n(h, R_s, R_l, E, \nu)/\partial E > 0, \quad \Phi_n(h, R_s, R_l, E, \nu)/\partial h > 0, \quad (3)$$

учитываемые ниже при реализации процедуры перехода в функциональных отображениях (1) к нечетко-интервальным аргументам.

Исходным этапом процедуры расширения области определения аргументов  $h, R_s, R_l, E, \nu$  функциональных соотношений (1), (2) на нечетко-множественные величины  $\tilde{h}, \tilde{R}_s, \tilde{R}_l, \tilde{E}, \tilde{\nu}$  в виде нормальных трапецидальных нечетких интервалов является ведение их представлений кортежами из значений границ носителей и границ интервалов модальных значений [1-8].

Путем математических вычислений данные соотношения позволяют провести расчеты, связанные с получением описаний для функций принадлежности  $\mu_{\tilde{q}_n^*}(q_n^*)$  нечетко-множественных характеристик  $\tilde{q}_n^*$ .

**Результаты численных исследований.** На основе применения описанной методики реализован ряд расчетов, связанных с нечетко-множественным анализом рассматриваемой модели.

При этом полагается, что рассматриваемая оболочка изготовлена из стали, и в качестве первой задачи численного анализа подлежат расчету функции принадлежности для нечетко-множественных оценок  $\tilde{q}_n^*$  в случае задания

совокупности нечетко-интервальных исходных параметров вида:

$$\begin{aligned}\tilde{E} &= (19.7E_*, 19.9E_*, 20.0E_*, 20.2E_*), \\ \tilde{\nu} &= (0.276, 0.279, 0.282, 0.285), \\ \tilde{R}_s &= (0.95R_*, 0.99R_*, 1.02R_*, 1.06R_*), \\ \tilde{R}_l &= (104.95R_*, 104.99R_*, 105.02R_*, 105.06R_*), \\ \tilde{h} &= (0.0038R_*, 0.004R_*, 0.0042R_*, 0.0044R_*), \\ E_* &= 10^{10}[\text{Па}], R_* = 1[\text{м}].\end{aligned}\quad (4)$$

Результаты расчетов для этого варианта задания не-контрастных исходных параметров приведены на рис. 1-3. При этом с учетом немонотонной зависимости  $q_n^*$  от  $n$  и зависимости, соответствующей минимальному значению  $q_n^*$  величины  $n$  от совокупности физико-механических и геометрических характеристик модели, для рассматриваемого варианта нечетких экзогенных параметров дано описание функции принадлежности для минимального по медианному значению нечетко-множественного показателя  $\tilde{q}_3^*$  и двух следующих по возрастанию медианных значений на носителях нечетко-множественных величин  $\tilde{q}_2^*$  и  $\tilde{q}_4^*$ .

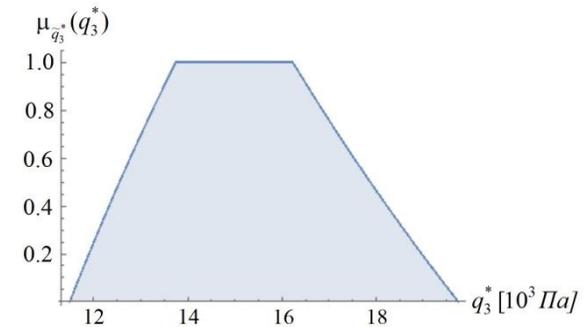


Рисунок 1 – Профиль функции принадлежности  $\mu_{q_3^*}(q_3^*)$

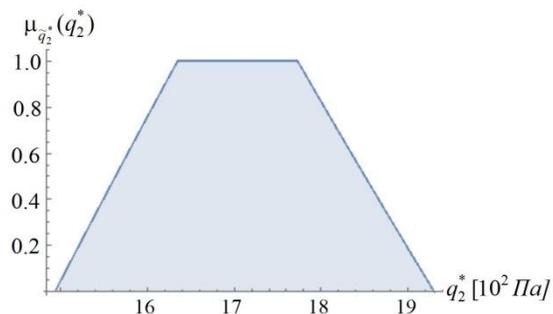


Рисунок 2 – Профиль функции принадлежности  $\mu_{q_2}^*(q_2^*)$



Рисунок 3 – Профиль функции принадлежности  $\mu_{q_4}^*(q_4^*)$

Анализ результатов расчетов позволяет заключить, что максимальные разбросы для задаваемых в виде (8) исходных нечетко-интервальных параметров  $\tilde{E}, \tilde{v}, \tilde{R}_l$  относительно медианных значений на носителях составляют не более 1,6 %, для исходного параметра  $\tilde{R}_y$  этот разброс составляет 5,5%, а для исходного параметра  $\tilde{h}$  – 7,3 %. Расчетный оцениваемый максимально возможный разброс для параметров  $\tilde{q}_2^*$  и  $\tilde{q}_3^*$  относительно средних значений на интервалах их носителей составляет в данном случае порядка 26,4 %, а в диапазонах наиболее достоверных значений на модальных интервалах относительно их средних значений – порядка 8,2 %. Для параметра  $\tilde{q}_4^*$  оценка максимально возможного разброса на интервале носителя со-

ставляет порядка 33,5 %, а в диапазоне наиболее достоверных значений на модальном интервале – порядка 10,5 %. Вид рассчитанных функций принадлежности позволяет оценить меру возможности достижения соответствующих значений эндогенным параметром интенсивности критического давления  $q_n^*$  в случае задания рассматриваемых неконтрастных исходных параметров расчетной модели.

**Выводы.** Результатами исследований является распространение численно-аналитической нечетко-множественной методики учета факторов неопределенности обладающих разбросами значений исходных физико-механических геометрических параметров в процессе анализа модели устойчивости тонкой изотропной идеально упругой замкнутой оболочки тороидальной геометрической формы. На основании реализованных вычислительных экспериментов получены описания функций принадлежности для рассчитываемых нечетко-множественных эндогенных характеристик интенсивности критических усилий и представлен сопоставительный анализ величин разбросов исходных параметров и разбросов в получаемых нечетко-множественных оценках.

### Литература

1. Вольмир А. С. Устойчивость деформируемых систем [Текст] / Вольмир А. С. – М. : Наука, 1976. – 984 с.
2. Вольмир А. С. Устойчивость тороидальных композитных оболочек [Текст] / А. С. Вольмир, К. З. Хайрнасов // Механика композитных материалов. – 1982. – № 3. – С. 454–459.
3. Wenmin R. A survey of works on the theory of toroidal shells and curved tubes [Текст] / R. Wenmin // Acta Mechanica Sinica. – 1999. – Vol. 15. – № 3. – P. 225–234 (doi: 10.1007/BF02486150)
4. Błachut J. On buckling of toroidal shells under external pressure [Текст] / J. Błachut, O. Jaiswal // Computers & Structures. – 2000. – Vol. 77. – № 3. – P. 233–251 (doi: 10.1016/S0045-7949(99)00226-6)
5. Croll J. G. A. Stability in Shells [Текст] / J. G. A. Croll // Nonlinear Dynamics. – 2006. – Vol. 43. – P. 17–28.

6. Sun B. Closed-Form Solution of Axisymmetric Slender Elastic Toroidal Shells // Journal of Engineering Mechanics. – 2010. – Vol. 136. – № 10. – P. 1281–1288 (doi: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000175)
7. Asratyan M. G. Mixed boundary-value problems of thermoelasticity for anisotropic-in-plan inhomogeneous toroidal shells [Текст] / Asratyan M. G., Gevorgyan R. S. // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. – 2010. – Vol. 74, № 3. – P. 306–312 (doi: 10.1016/j.jappmathmech.2010.07.006)
8. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / Болотин В. В. – М. : Стройиздат, 1982. – 352 с.

*А. М. Пасичник*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БРУТФОРСА  
ПРИ ОЦЕНКЕ ЭНТРОПИИ**

*Проект seo8seo.com, г. Луганск, seo8seo.com@mail-on.us*

Сложнейшие задачи оценки энтропии при формировании научной гипотезы вызывают значительные нагрузки на вычислительные мощности. Использование самоорганизующихся нейросетей дает новые возможности снизить сроки оценки комбинаторных решений, которые содержат энтропию и значительно уменьшают затраты на развёртывание вычислительных мощностей.

Обычно задача оценки энтропии может быть решена классическими методами с использованием оценки всех вариантов комбинаторных решений [1]. Но такой подход делает бессмысленными экономические последствия решения модели в поиске достоверных альтернатив. Метод развёртывания многослойной неопределённости позволяет значительно снизить потребности в оценочных мощностях и упростить решение данной сложной проблемы.

Основная блок-схема строится на следующих модулях оценки и трансформации комбинаций.

Модуль очистки данных, который собирает информацию из открытых источников, структурирует её и проверяет на ошибки при получении данных.

Модуль оценки идеального решения позволяет снизить количество альтернатив с учётом наименьших затрат на решение данной модели поиска.

Модуль оценки структуры массивов данных, которые имеют приоритеты – поиск дополнительных маркеров, которые убирают белый шум и снижают разброс данных, и позволяют создать однородную массу информации для разбиения на кластеры, и создания маски имплементации.

Модуль предварительных гипотез нейросети, где рассматривается несколько сценариев развития события как по сигнатуре, так и по возможной дате этого события, где множество масок проверяют различные гипотезы из маркеров и массива обучающих данных

Модуль визуализации – трёхмерный инструмент, который показывает оператору как структуру необработанных данных, так и возможные вычислительные альтернативы при помощи 3d-интерфейса.

Модуль коррекции ошибок использует альтернативные модели для оценки долгосрочного планирования и проверки достоверности гипотез в длительном промежутке времени.

Модуль взаимодействия с юнитом, который позволяет переводить альтернативные гипотезы в цифровые элементы интерфейса для использования оператором в промышленных целях.

Таким образом, существующие модели нейросетей дополняются новыми модулями для повышения достоверности прогноза при оценке высокорисковых событий (ВРС), которые не имеют прошлых маркеров.

Отличительной особенностью такой модели является долговременная память, которая не подвержена коррекции при оценке весовых коэффициентов.

Стандартные нейросети [1] имеют кратковременную и долговременную память, где маркеры претерпевают значительную коррекцию весов при оценке прошлых событий и формировании ошибочной гипотезы о возможном повторе циклического события.

Сети с глубинным обучением [1] тоже имеют ряд изъянов, которые значительно затирают весовые коэффициенты при использовании огромных датасетов.

Использование долговременной памяти позволяет каким-то образом взвешивать несуществующие в одном событии маркеры, используя альтернативу, которая хранится в параллельной нейросети и является альтернативой текущему состоянию пространственно-временного континуума.

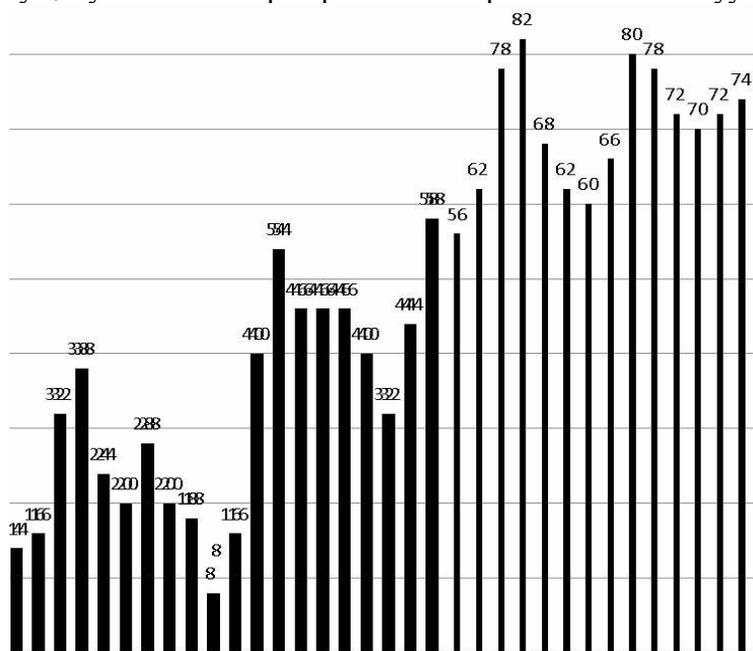


Рисунок 1 – Достоверность прогноза нейросети по двум факторам

Использование параллельных групп нейросетей с различными атрибутами для поиска маркеров позволяет конвертировать время в физические маркеры не насту-

пившей альтернативы. Создаётся возможность использовать функции нейросетей, которые находятся за гранью решения стандартных процедур. Обучение нейросети происходит значительно быстрее, позволяя при этом избежать переобучения нейросети за счёт разрешения учителем для нейросети при поиске альтернатив самой менять приоритеты, по которым формируются следующие маркеры.

Таким образом, модель нейросети с долговременной памятью и параллельными контурами условно копирует участки мозга, точнее 2 участка полушарий (передние лобные доли) и переключатель. При этом участки электро-мозга обладают симбиотической связью с учителем-человеком-оператором, но нейросети имеют определённую автономность в выборе или отказе от вычисления задачи.

Такой подход позволяет убрать ахиллесову пяту вычислений, ошибку первого и второго рода при оценке единственно правильного решения.

Использование модели многослойной неопределённости позволяет перешагнуть через философский вопрос о доверии человека к машине, нейросети, как следствие, искусственному интеллекту.

В таком случае на примере взаимодействия нейросети и операторов видны определённые результаты [2].

Снижение брутфорса до тысячных процентов от общего количества искомым альтернатив при использовании прогнозов в промышленной сфере позволяет избегать рисков при оценке неочевидных событий.

Визуализация процесса позволяет оператору оценивать процесс выбора сугубо человеческими факторами, такими как: интуиция, доверие и красота, при этом получать от модели заранее просчитанные альтернативные варианты развития событий в виде минимально возможной выборки от 0,0004 до 1,5 % от общей суммы прогнозов (100 % брутфорс).

Такая симбиотическая связь позволяет проектировать интерфейсы для операторов с минимальным зрительным и вычислительным напряжением для человека [2].

### **Литература**

1. One ticket to win them all: generalizing lottery ticket initializations across datasets and optimizers. arXiv:1906.02773v1 [stat.ML] 6 Jun 2019 Ari S.
2. Серeda С. П. Инженерная психология [Текст] / Серeda С. П. – 1986.

***В. В. Румянцев***

### **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ЭЛЕМЕНТ ИЕРАРХИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Государственное учреждение «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк,  
vladimir.rumyantsev2011@yandex.ru*

**Информационная инфраструктура.** Сегодня в глобализованном мире в повестке дня – формирование новой социально-экономической фазы. Суть ее в том, что она существенным образом опирается на инфраструктуру – коммуникации (транспорт, связь), энергетику, финансы, ЖКХ [1]. Грядущие изменения ведут к постепенному уходу Человека из сферы производственных процессов в сферу управления этими процессами, активно идет формирование «цифровой» экономики. Эти явления во многом обусловлены прогрессом в информационных и коммуникационных технологиях (ИКТ). На базе новых, преимущественно компьютерных, технологий (и в этом ее отличие от интеграционных процессов прошлых лет) идет процесс глобализации – создание общемирового финансово-информационного пространства. Конечно, этот процесс идет неравномерно в

разных уголках планеты. Тем не менее, направление движения задано и определяет его мощный «глобализатор» – ИКТ. Развитие информационной инфраструктуры, ликвидация «цифрового неравенства» способствуют развитию гражданского общества в стране, общественной и частной инициативы, появлению информационного общества или общества знаний. Как результат симбиоза передовой науки и высоких технологий, информационные технологии в развитых странах сегодня не только сильно влияют на многие стороны жизни, ИКТ становятся своеобразной культуральной традицией, сосуществующей наряду с другими (этническими, религиозными и т.п.). Информационные технологии и телекоммуникации породили новый, виртуальный мир, дав человеку наряду с дополнительными возможностями – новые проблемы, обострив еще более ответственность его за свои действия в мире реальном. К сожалению, часто уход от действительных поступков в пространство иллюзий оказывается проще, и действительность, таким образом, становится суррогатом странствий и фантастических подвигов в мире грёз. Возможно, свободный обмен информацией, формирование благоприятной социально-психологической и экономико-правовой среды, поддержка социального партнерства помогут преодолеть этот негатив, снимут некоторое напряжение и станут важным условием развития гражданского общества.

Создание информационной инфраструктуры является одним из ключевых элементов в системе социально-экономического проектного развития любой страны. Инициирование и создание информационных предприятий малого бизнеса, поддержка и организация общественных и хозяйственных структур, стимулирующих их деятельность, формирование информационной инфраструктуры должны стать одной из задач в развитии Донецкого региона. Предприятия

малого бизнеса информационного профиля могут быть созданы на базе сети коммуникаций крупных предприятий и научно-образовательных учреждений. Информационная сеть позволит не только активизировать частную инициативу и вдохнуть жизнь в соответствующие производственные отрасли, но даст возможность связанным с ними предприятиям социально-культурной сферы освоить новые формы деятельности и общественной активности.

Информационная инфраструктура позволит субъектам социально-экономической деятельности не только обмениваться информацией, но и взаимодействовать по широкому кругу производственных вопросов, получать и передавать оперативную информацию органам государственной власти и местного самоуправления, регулирующим и контролирующим их деятельность.

Информатизация должна стать одним из приоритетных видов деятельности, локомотивом формирования в регионе «цифровой» экономики. Степень развития информационной инфраструктуры, увеличение скорости обмена информацией и плотности информационных потоков, включение в глобальную компьютерную сеть, позволяющее обмениваться опытом и выполнять совместные с зарубежными партнерами проекты – базовое условие интеграции ДНР в мировое общественно-политическое и экономическое пространство.

Модернизация отрасли телекоммуникаций относится к общему условию запуска и успешного развития разнообразных социальных и производственных процессов. Эта отрасль призвана не только удовлетворять потребности населения в средствах коммуникаций, она также является необходимым элементом, обеспечивающим управление технологическими процессами в различных отраслях экономики. Поэтому совершенствование средств связи имеет первостепенное значение в процессе перевооружения как

отдельных производственных комплексов, так и народного хозяйства в целом. В конечном счете, совершенствование электронных коммуникаций информационной инфраструктуры способствует свободному обмену информацией и дальнейшему развитию «кровеносной системы демократии».

**Иерархия интеллектуальных систем.** Обсуждение вопросов проектного развития общества, управляемой эволюции социальных систем в настоящее время часто связывают с рассмотрением направлений совершенствования человеческого сознания – вплоть до перенесения его в киберорганизмы (см., в частности, проект «Россия 2045» [2], проекты в рамках американского агентства DARPA [3]). И первый круг проблем, и второй – связаны с изучением тенденций развития интеллекта и интеллектуальных систем, формулированием общих принципов их описания. Последнее требует хотя бы в общих чертах представить возможные варианты эволюции таких систем, в том числе наиболее сложного класса – с участием (не опосредованно, а непосредственно) человека. К сожалению, последовательная и полная теория систем такого уровня к настоящему времени не создана. Тем не менее, в рамках общей теории систем существует весьма перспективное направление, рассматривающее сложные системы как иерархические многоуровневые структуры.

Существует необходимость разработки такого подхода, который бы позволил с единых позиций представить целостную схему развития сложных систем, в том числе интеллектуальных, и связанных с ними высокоуровневых форм и методов получения, хранения, анализа и трансляции информации (что принято называть общим термином «искусственный интеллект» (ИИ), см., например, [4]). В качестве образца и «экспериментально» реализованного варианта развития сложных информационных систем можно выбрать, например, корпоративную сеть бизнес-структур

или даже человеческое общество в целом. Нужно выделить основные причины возникновения иерархических структур, механизмы увеличения сложности и уровни координации в этих системах, проанализировать движущие силы их развития. Такой подход открывает возможность рассматривать особенности эволюции систем с участием человека и делать прогнозы их развития, строить соответствующие модели, анализировать роль интеллекта в эволюционных процессах.

Последнее позволит более детально изучать возможные типы интеллектуальных систем и, в частности, широкого их класса с участием «искусственного интеллекта». ИИ, который по большому счету представляет собой интеллектуальную систему принятия решений, тесно связан с формированием соответствующих структур и иерархии интеллектуальных систем, с проблематикой, имеющей непосредственное отношение к системам управления. Причем неважно в какой форме ИИ реализуется – «в железе», биоили в виде социальной структуры... Скорее всего, оптимальная форма реализации – смешанная... что-то вроде реализуемых сегодня распределенных вычислений. И обязательно одна часть будет «знать», что делает другая часть такого «распределенного мозга».

Закономерен вопрос, возможно ли, решая частные задачи в рамках проблематики, связанной с совершенствованием ИИ, подойти к пониманию и воссозданию человеческого сознания («перенесению» его в неорганический носитель)? Является ли то, что названо «искусственным интеллектом», – интеллектом? На первый взгляд – парадоксальный вопрос (при том, что имеется соответствующее научное направление, в рамках которого работают многочисленные лаборатории и институты). И все же, что такое «искусственный интеллект»? Ясно, что он произведен от «естественного», а все ли понятно с естественным (чело-

веческим) интеллектом? И как быть (в процессе искусственного воспроизводства) с такими человеческими качествами, как этические, эстетические, религиозные и, наконец, индивидуальные (в том числе, генетически обусловленные) и социальные (здесь надо бы вспомнить «эффект Маугли»).

Моделирование функций отдельных органов живых организмов возможно, но даже простейший организм не сводится к совокупности слагающих его членов. Одна из важнейших функций живой системы – способность «опережающего отражения» изменений внешней среды, в которой находится данный организм. Иными словами, на той или иной ступени иерархии сложности живой организм, являясь открытой системой, моделирует состояние внешней среды, с которой он связан мириадами связей – каналов информации. Проблема в том, что «искусственный» организм – это тоже модельная система, в которой неминуемо учтены лишь некоторые («существенные» для создателя) стороны «естественного» организма. То есть он сам является лишь моделью и орудием человека, которое, как любой инструмент, расширяет (качественно и количественно) спектр человеческих физических, чувственных, умственных возможностей и способностей реагировать (пассивно или активно) на изменение среды обитания.

Более того, говоря об «интеллекте», никак не обойти понятия «личность» (но это социально обусловленное качество) и «целесолагание». Способность ставить цели, актуализировать и формулировать проблему, выбирать соответствующие методы ее решения и строить модели (частнонаучные и математические) – это тоже сугубо человеческое качество. Говоря о «целях», никак не обойти такие социально обусловленные понятия, как «потребности», «интересы», «мотивация» и т.п. Конечно, социальные функции и связи тоже можно моделировать. Однако любая построенная человеком модель не абстрактна, а конкретна и направлена на решение соответствующей, сформулированной им, проблемы.

Таким образом, на сегодня «искусственный интеллект» – это также модель, элемент интеллектуальной системы, имеющий отношение в качестве инструмента, прежде всего, к системам управления в разнообразных сферах жизнедеятельности общества. Функционирование такой ИКТ-модельной системы, построенной для решения определенного круга задач, тесно связано с проблемами вычислимости и алгоритмизации (см., например, работу Р. Пенроуза [5]), которые пока имеют весьма отдаленное отношение к вопросам перенесения сознания в «искусственные организмы». Тем не менее, развитие современного общества тесно связано с развитием ИКТ, базисных компонент информационной инфраструктуры и формированием иерархии интеллектуальных систем.

**Заключение.** Рассмотренные в данной работе вопросы не предполагают немедленного получения ответа, но при решении текущих задач проектного развития социально-экономической инфраструктуры ДНР они могут служить ориентиром при формировании парадигмы ее научно-технологического развития. Надо иметь в виду, что эта цель лежит в сфере высоких информационных и компьютерных, био- и нанотехнологий [6], которые тесно связаны с возможностью создания донецкого инновационного наукоемкого кластера, формированием территории опережающего развития с развитой информационной инфраструктурой, с широким использованием ИКТ. При этом параллельно с организацией современной производственной структуры придется решать большой (и во многом абсолютно новый) комплекс социальных и гуманитарных задач.

## Литература

1. Румянцев В. В. К вопросу об иерархии интеллектуальных систем [Текст] / В. В. Румянцев // Проблемы искусственного интеллекта. – 2017. – № 3(6). – С. 50–57.
2. Россия 2045. Стратегическое общественное движение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.2045.ru>
3. Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.darpa.mil/>
4. Гаврилов А. В. Искусственный интеллект и будущее цивилизации [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 5. – Режим доступа : URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/05/50092>.
5. Penrose R. The Emperor's New Mind, with a new Preface from the Author: [Текст] / R. Penrose. – Oxford: Oxford University Press, 1999. – 602 p.
6. Алферов Ж. И. Наноматериалы и нанотехнологии [Текст] / Ж. И. Алферов, А. Л. Асеев, С. В. Гапонов, П. С. Копьев, Р. А. Сурис // Микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С. 3–13.

*Ю. А. Свинороев*

### НОВАЯ АЛГОРИТМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В КАЧЕСТВЕ ЛИТЕЙНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

*Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования ЛНР  
«Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля»,  
г. Луганск, [desna.us@yandex.ru](mailto:desna.us@yandex.ru)*

**Введение.** Противоречие между наличием огромного ресурсного потенциала отечественных продуктов, большого количества научных разработок в этой сфере и их не востребованностью, определяет существо проблемы эффективного использования отечественного потенциала [1-5].

**Цель работы** состояла в оценке возможностей вовлечения отечественного ресурсного потенциала для разработки новых связующих материалов и их практического применения на отечественных предприятиях с литейным производством, за счет изменения алгоритмики технологического процесса.

**Изложение основного материала.** Изменение алгоритмики процесса отверждения смесей на основе технических лигносульфонатов может существенно изменить ситуацию [6], [7]. Предлагается с традиционного способа применения этого материала (см. рис. 1), перейти к новой алгоритмике, где процесс приготовления связующего совмещен с отверждением стержня (см. рис. 2).

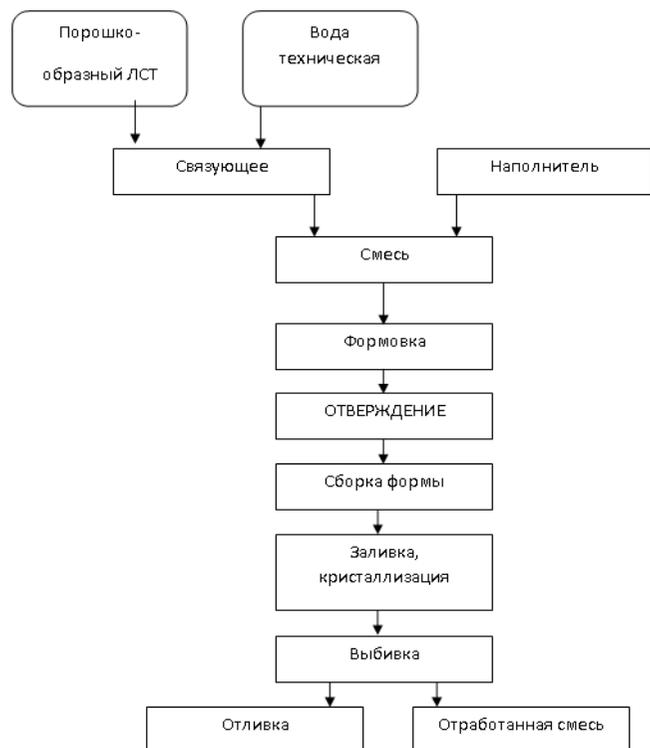


Рисунок 1 – Традиционный способ применения ЛСТ, с использованием процессов сушки

В этом случае процесс приготовления связующего совмещается с процессом отверждения. Идея заключается в том, что первоначально приготавливается сухая смесь, состоящая из наполнителя, кварцевого песка и порошкообразных технических лигносульфонатов. Эта смесь «встреливается» в полость стержневого ящика, продувается перегретым водяным паром (при температурах 120-160<sup>0</sup>С), таким образом в полости стержневого ящика идет процесс растворения порошкообразного ЛСТ в растворителе – воде, после этого стержень продувается горячим воздухом, для отверждения смеси.

По окончании этого процесса стержень вентилируется продувкой воздухом комнатной температуры, после чего готовый стержень извлекается из полости стержневого ящика [7], [8].



Рисунок 2 – Новая алгоритмика применения лигносульфонатных связующих в стержневых смесях, с использованием продувочных технологий

**Результаты исследования.** Установили, что новый подход к изменению алгоритмики процесса применения ЛСТ, в части отверждения смесей на их основе, может существенно изменить ситуацию в проблемных моментах их использования, общепринятого в современной практике и закрепившегося в представлениях специалистов об этом материале.

Предлагается с традиционного способа применения этого материала перейти к новой алгоритмике, где технологическая операция приготовления связующего совмещена с отверждением стержня. В этом случае процесс приготовления связующего совмещается с процессом отверждения. Идея заключается в том, что первоначально готовится сухая смесь, состоящая из наполнителя, кварцевого песка и порошкообразных технических лигносульфонатов.

**Выводы.** В результате проведения исследований установили:

1) в сложившихся условиях перспективным является переход на активное использование отечественной ресурсной базы для разработки новых современных литейных связующих материалов;

2) причины вытеснения отечественных связующих материалов с рынка современных литейных связующих состоят в объективной невозможности их применения в импортных технологических комплексах, поскольку они настроены непосредственно под обеспечение строго определенных процессов формообразования;

3) успешность применения отечественных связующих материалов будет определяться машинно-технологическим сопровождением процесса производства отливок, выстроенного таким образом, чтобы максимальным образом обеспечить технологичность процесса литья при использовании данного связующего материала;

4) примером перехода на использование отечественных связующих является применение новой алгоритмики

применения ЛСТ в технологических процессах, на примере производства мелкого чугуна фасонного литья можно добиться повышения ресурсоэффективности технологии за счет улучшения технологических, экономических и экологических показателей.

### Литература

1. Формовочные материалы и технология литейной формы : Справочник [Текст] / [С. С. Жуковский, Г. А. Анисович, Н. И. Давыдов и др.] ; Под общ. ред. С. С. Жуковского. – М. : Машиностроение, 1993. – 432 с.
2. Илларионов И. Е. Формовочные материалы и смеси: монография [Текст] / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары : изд-во Чуваш ун-та, 1992.– Ч. 1. – 223 с.
3. Инженерная экология литейного производства : учебное пособие [Текст] / [А. Н. Болдин, А. И. Яковлев, С. Д. Тепляков] ; под общ. ред. А. Н. Болдина. – М. : Машиностроение, 2010. – 352 с.
4. Жуковский С. С. Прочность литейной формы [Текст] / Жуковский С. С. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.
5. Гуляев Б. Б. Формовочные процессы [Текст] / Гуляев Б. Б., Корнюшкин О. А., Кузин А. В. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. – 264 с.
6. Буданов Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства [Текст] / Е. Н. Буданов // Литейное производство. – 2009. – № 8. – С. 3–8.
7. Gutko Yr. Theoretical aspects and practical recommendations for use of methods of binding materials modification and mechanical treatment to solve technological and ecological production problems [Текст] / Yr. Gutko, Yu. Svinoroev, V. Kostrub // Teak commission of motorization and energetic industry in agriculture Lublin university of technology Volodymyr Dal East-Ukrainian national university of Lugansk. – Lubin :Vol. 12, № 3. – 2012 – P. 51–57.
8. Falah Mustafa Al-Sarireh & Yuri Svinoroev. Assessment of casting binding materials based on modified technical lignosulfonates / International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN (P): 2249–6890; ISSN (E): 2249–8001 Vol. 10, Issue 2, Apr 2020. – P. 335–346.

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

Анцыферов С. С., 5

### Б

Бандиловский Д. Р., 89  
Бельченко Ф. М., 82, 85  
Близно М. В., 104  
Большакова С. А., 120, 124  
Бондарчук В. В., 128  
Бутов О. А., 92

### В

Вовнянко А. С., 32  
Возиянова Н. Ю., 50  
Волков А. В., 54

### Г

Гаркуша Д. А., 11, 17  
Германчук А. Н., 50  
Грабарчук С. А., 17

### Д

Дикарев В. А., 114  
Доля А. Г., 89  
Дорохина Г. В., 17, 23, 27, 32

### Е

Ермолов И. Л., 85

### З

Зуев В. М., 92, 96

### И

Ивашко К. С., 63  
Изосимова С. А., 63  
Ищенко Ю. В., 79

### К

Карпов А. А., 114  
Каспаров Ю. А., 23  
Кикина А. Ю., 114  
Клюшанова Т. Д., 59, 74, 128  
Кравченко Н. М., 128  
Криводубский О. А., 135  
Крючков Б. И., 114

### Л

Лазаренко Е. Н., 23, 27  
Левин В. И., 46

### М

Максимова А. Ю., 138  
Мартынов О. И., 17, 23

### Н

Никитина А. А., 92, 96, 104  
Ниценко А. В., 124

### П

Павлыш В. Н., 145  
Пасичник А. М., 150  
Пигуз В. Н., 63

**Р**

Рубан О. И., 27  
Румянцев В. В., 154

**С**

Сава Б. Г., 32  
Сальников И. С., 69, 74  
Сальников Р. И., 74  
Свинороев Ю. А., 161  
Сигов С. А., 5  
Смирнов Г. А., 11  
Смирнов И. А., 40  
Сторожев С. В., 145  
Стукалов А. А., 89, 109  
Сычѐв Е. В., 79

**У**

Уланов С. И., 92  
Усов В. М., 114

**Ф**

Фазилова К. Н., 5

**Х**

Харламов М. М., 114

**Ч**

Чебан А. В., 37  
Черкесова Л. В., 40

**Ш**

Шелепов В. Ю., 124

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1

#### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ТЕХНИКЕ

<b>Сигов С. А., Анцыферов С. С., Фазилова К. Н.</b> Контроль функционирования интеллектуальных систем.....	5
<b>Гаркуша Д. А., Смирнов Г. А.</b> Анализ инструментов работы с онтологиями.....	11
<b>Дорохина Г. В., Гаркуша Д. А., Мартынов О. И., Грабарчук С. А.</b> Организация подсистемы ввода и хранения данных в задаче цифрового сбора, обработки и анализа данных.....	17
<b>Дорохина Г. В., Каспаров Ю. А., Мартынов О. А., Лазаренко Е. Н.</b> Управление жизненным циклом и поведением сущностей в информационных системах .....	23
<b>Рубан О. И., Лазаренко Е. Н., Дорохина Г. В.</b> Модуль генерации печатных документов для информационных систем .....	27
<b>Сава Б. Г., Вовнянко А. С., Дорохина Г. В.</b> Авторизация и аутентификация на основе токенов .....	32
<b>Чебан А. В.</b> Применение технологий искусственного интеллекта в информационной безопасности.....	37
<b>Черкесова Л. В., Смирнов И. А.</b> Разработка алгоритма возведения в степень «С&В» .....	40

### СЕКЦИЯ 2

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ) ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

<b>Левин В. И.</b> Дмитрий Александрович Поспелов: к предстоящему 90-летнему юбилею .....	46
---	----

<b>Возиянова Н. Ю., Германчук А. Н.</b>	
Наука – человеческий капитал – искусственный интеллект: проблема формирования векторов развития.....	50
<b>Волков А. В.</b>	
Практическая методика компьютерного моделирования когнитивных функций мозга .....	54
<b>Клюшанова Т. Д.</b>	
Система для компьютерной диагностики и самооценки доминирующего эмоционального состояния личности по дифференциальной шкале эмоций Изарда.....	59
<b>Пигуз В. Н., Изосимова С. А., Ивашко К. С.</b>	
Использование безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии – актуальность, проблемы и перспективы .....	63
<b>Сальников И. С.</b>	
Проблема научной классификации эмоций .....	69
<b>Сальников И. С., Сальников Р. И., Клюшанова Т. Д.</b>	
Программный продукт для компьютерной диагностики и самооценки доминирующего эмоционального состояния личности по дифференциальной шкале эмоций Изарда.....	74
<b>Сычёв Е. В., Ищенко Ю. В.</b>	
Аспекты применения технологий искусственного интеллекта .	79

### СЕКЦИЯ 3

#### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ПРИКЛАДНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

<b>Бельченко Ф. М.</b>	
Концептуальные вопросы повышения скорости обучения нейронных сетей на микропроцессорах с сокращенным набором команд .....	82
<b>Бельченко Ф. М., Ермолов И. Л.</b>	
Внедрение технологии преобразования перспективы на изображениях для повышения достоверности информации об объектах, расположенных на поверхности Земли.....	85

<b>Доля А. Г., Стукалов А. А., Бандиловский Д. Р.</b> Оптимизация системы «Битум – гидрофобизирующая жидкость ГКЖ-11Н».....	89
<b>Зуев В. М., Бутов О. А., Никитина А. А., Уланов С. И.</b> Подготовки данных для обучения нейронной сети, управляющей движением механизма .....	92
<b>Зуев М. В., Никитина А. А.</b> Разработка ускорителя сверточной нейронной сети на базе ПЛИС, использующего алгоритм Винограда .....	96
<b>Никитина А. А., Близно М. В.</b> Исследование машинных методов стереозрения .....	104
<b>Стукалов А. А.</b> Перспективы применения робототехники в строительной отрасли .....	109
<b>Харламов М. М., Карпов А. А., Крючков Б. И., Кикина А. Ю., Дикарев В. А., Усов В. М.</b> Применение технологий искусственного интеллекта при взаимодействии космонавтов с робототехническими комплексами в перспективных проектах .....	114
 СЕКЦИЯ 4 РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ	
<b>Большакова С. А.</b> К вопросу об автоматическом снятии омонимии русских деепричастий.....	120
<b>Ниценко А. В., Шелепов В. Ю., Большакова С. А.</b> К вопросу об автоматическом снятии омонимии предикативов.....	124
 СЕКЦИЯ 5 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<b>Бондарчук В. В., Кравченко Н. М., Ключанова Т. Д.</b> Визуализация реокардиографии в экспертных системах баротерапии .....	128

<b>Криводубский О. А.</b>	
Активная нейросеть в многофункциональной системе управления.....	135
<b>Макимова А. Ю.</b>	
Вычислительная обработка данных с применением нейросетевого подхода для математических моделей регрессионного анализа.....	138
<b>Павлыш В. Н., Сторожев С. В.</b>	
Исследования статических деформационных моделей устойчивости оболочек замкнутой тороидальной формы.....	145
<b>Пасичник А. М.</b>	
Использование искусственного интеллекта для снижения брутфорса, при оценке энтропии.....	150
<b>Румянцев В. В.</b>	
Искусственный интеллект – элемент иерархии интеллектуальных систем.....	154
<b>Свинооров Ю. А.</b>	
Новая алгоритмика применения технических лигносульфонатов в качестве литейного связующего.....	161

Международный рецензируемый научно-теоретический журнал  
«ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА» / *International Peer-Reviewed  
Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence»*, ISSN 2413-7383

Журнал публикует результаты  
фундаментальных и прикладных исследований  
по проблемам искусственного интеллекта  
следующих приоритетных направлений:  
01.01.00 «Математика»  
05.13.00 «Информатика, вычислительная техника  
и управление».

Журнал включен в перечень: ВАК ДНР,  
РИНЦ, ВИНИТИ РАН, CyberLeninka.

**Подписной индекс журнала:**

Министерство связи ДНР ГП «Почта Донбасса» 28037

**Главный редактор**

**д.ф.-м.н., профессор В. Ю. Шелепов**

ГУ ИПИИ»:

83048, г. Донецк, ул. Артема, 118 Б, тел. +38 (062) 311-72-01,

Viber, WhatsApp +38 050-279-06-77

*maxpvn77@gmail.com; redakcija\_intellekt@mail.ru*

**Сайт журнала** : *http://paijournal.guiaidn.ru*

*Сокращенное название журнала PAI*



Научное издание  
Материалы

Донецкого международного научного круглого стола

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: теоретические аспекты, практическое применение

Ответственный редактор **Иванова С.Б.**

Технический редактор **Пигуз В.Н.**

Корректор **Изосимова С.А.**

Компьютерная верстка **Ивашко К.С.**

Дизайн обложки **Большакова С.А.**

Подписано в печать 28.07.2021. Формат 60×84/16. Уч.-изд. лист. 7,4. Тираж 100 экз.

Зак. № 18/21 от 27.05.2021. Цена договорная.

Издатель и изготовитель Государственное учреждение

«Институт проблем искусственного интеллекта»

83048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б; тел. +38 (062) 311-72-01

e-mail: *maxpvn77@gmail.com*

