



РОССИЙСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ

# Информационно- экономические аспекты стандартизации и технического регулирования

## 03/2022

Метод оценки влияния  
параметров стандартизации  
на эффективность систем  
искусственного интеллекта

Европейский подход  
к регулированию вопросов  
проектирования изделий  
с учетом экологических аспектов

Информационный ресурс  
в общих технических  
требованиях к ИКТ  
«Цифровая полиция»



ieastr.ru



# ★ ARMY 2022

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ

15–21 АВГУСТА  
ПАТРИОТ ЭКСПО





iea.gostinfo.ru

# ИНФОРМАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

## 3/2022 (67)

### УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «РСТ»)   
Российская Федерация, 117418,   
г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2

Свидетельство о регистрации СМИ   
Эл. № ФС 77-44978   
Выдано Федеральной службой по надзору   
в сфере связи, информационных технологий   
и массовых коммуникаций 11.05.2011

Журнал является самостоятельным сетевым   
периодическим текстовым научным   
электронным изданием,   
распространяется исключительно   
с использованием информационно-   
телекоммуникационных сетей

### РЕДАКЦИЯ

Руководитель К.В. Костылева   
Редакторы С.П. Арянина, Д.Т. Медведева,   
О.В. Сергеева

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

Российская Федерация,   
117418, Москва,   
Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2   
+7 (495) 531-26-03   
ieastr@gostinfo.ru



РОССИЙСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ

Журнал «Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования» основан в 2011 году.

Издается Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «РСТ»).

Журнал осуществляет публикацию статей по теоретическим, техническим, информационным, методическим, организационным, экономическим и другим проблемам технического регулирования и стандартизации.

Журнал входит в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Перепечатка материалов допускается только с письменного согласия редакции.

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

Подписано в печать 07.07.2022.   
Дата выхода в свет электронной версии 07.07.2022.

Формат 60 × 90 1/8.   
Усл. печ. л. 8,5.

© ФГБУ «РСТ», 2022



## СВЕДЕНИЯ О РЕЦЕНЗИРУЕМОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ

ДАТА СОЗДАНИЯ 11.05.2011

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛЮЧЕНИИ  
ИЗДАНИЯ В СИСТЕМУ РОССИЙСКОГО  
ИНДЕКСА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ  
26.08.2014 №503-08/2014

АДРЕС ОФИЦИАЛЬНОГО САЙТА  
В СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" <http://iea.gostinfo.ru/>

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ  
НОМЕР СЕРИАЛЬНОГО ИЗДАНИЯ  
(ISSN) 2311-1348

ТЕМАТИКА СТАТЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ  
ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ  
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ на соискание ученых  
степеней доктора и кандидата наук,  
должна соответствовать следующим  
специальностям научных работников  
(согласно номенклатуре, утвержденной  
приказом Минобрнауки России от  
23.10.2017 № 1027):

– 08.00.05 Экономика и управление  
народным хозяйством (управление  
инновациями, стандартизация и  
управление качеством продукции)  
(экономические науки);

– 05.25.05 Информационные системы и  
процессы (технические науки).

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

#### **БУДКИН Ю.В.**

председатель, главный редактор журнала, советник генерального  
директора ФГБУ «РСТ», доктор технических наук, профессор

#### **БУРЫЙ А.С.**

заместитель председателя, директор Департамента общероссийских  
классификаторов и информации о выпускаемой продукции ФГБУ «РСТ»,  
доктор технических наук

### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

#### **БЕТАНОВ В.В.**

член-корреспондент Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН),  
заместитель начальника экспертно-аналитического центра  
АО «Российские космические системы», профессор кафедры ФГБОУ ВПО  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,  
доктор технических наук, профессор

#### **ГЕРАСИМОВА Е.Б.**

профессор Департамента бизнес-аналитики Факультета налогов,  
аудита и бизнес-анализа ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации», доктор экономических наук, профессор

#### **ЖУРАВЛЕВА Т.Б.**

ученый секретарь ФГБУ «НИЦИ» МИД России,  
доктор экономических наук, профессор

#### **ЗВОРЫКИНА Т.А.**

руководитель Центра научных исследований и технического регулирования  
в сфере услуг АО «Институт региональных экономических исследований»,  
доктор экономических наук, профессор

#### **ЛЫСЕНКО И.В.**

генеральный директор ООО «Инженерные системы и технологии, разработка  
и анализ» (ООО «ИСТРА»), доктор технических наук, старший научный сотрудник

#### **МИСТРОВ Л.Е.**

профессор кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и Центрального филиала «РГУП»,  
доктор технических наук, профессор

#### **СТРЕХА А.А.**

начальник отдела стандартизации в области социальной сферы Департамента  
методического обеспечения стандартизации и инновационных технологий  
ФГБУ «РСТ», кандидат экономических наук

#### **СУХОВ А.В.**

старший научный сотрудник ФКУ «НПО «Специальная техника и связь» МВД России,  
доктор технических наук, профессор

#### **ХАЧАТУРЯН А.А.**

профессор кафедры экономических теорий и военной экономики  
ФГКВУ ВПО «Военный университет имени князя Александра Невского»  
Минобороны России, доктор экономических наук, профессор

#### **ШВЕДЕНКО В.Н.**

ведущий научный сотрудник ФГБУН ВИНТИ РАН,  
доктор технических наук, профессор

# Содержание 3/2022 (67)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Гарбук С.В.	4
--	---

## **СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ**

ЕВРОПЕЙСКИЙ ПОДХОД К РЕГУЛИРОВАНИЮ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ Аронов И.З., Рыбакова А.М.	15
---	----

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ Глебова Е.В., Лаптева Е.П.	21
---	----

ГРАДАЦИИ КАЧЕСТВА ТОРГОВЫХ УСЛУГ Гутникова О.Н.	26
--	----

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ**

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СОЦИОКИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ Морозов В.П., Белоусов В.Е., Сырин А.И.	32
---	----

ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОВОДИМОГО С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Ломакин М.И., Докукин А.В., Сланчак О.Ю., Ким С.Р., Сафарова С.Ю.	39
---	----

АЛГОРИТМ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ НА ГРАФАХ Михайлова С.С., Халмакшинов Е.А.	43
---	----

## **ЭКОНОМИКА ИННОВАЦИЙ**

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС В ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЯХ К ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВАЯ ПОЛИЦИЯ» Сухов А.В., Величко П.С., Конюшев В.В., Лёвин А.И.	56
---	----

# МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Гарбук С.В.**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., директор по научным проектам НИУ «Высшая школа экономики», председатель ТК 164 «Искусственный интеллект»

*В статье предложены метод и математическая модель, позволяющие количественно оценивать влияние документов по стандартизации на эффективность управления процессами жизненного цикла систем искусственного интеллекта (ИИ).*

*В основу разработанного метода положен принцип функциональной декомпозиции жизненного цикла (ЖЦ) информационной системы на типовые процессы с выявлением факторов, оказывающих существенное влияние на реализацию этих процессов, специфичных для систем ИИ и доступных для управления с помощью соответствующих нормативно-технических документов. Показано, что для каждого из выявленных факторов может быть определен документ, устанавливающий требования по компенсации возможного негативного влияния данного фактора на ЖЦ системы ИИ, причем вся совокупность документов может быть разбита на несколько (в рассматриваемом случае – пять) типовых групп, для каждой из которых, в свою очередь, может быть обоснован унифицированный количественный показатель, определяющий эффективность управления процессами ЖЦ системы в зависимости от полноты и качества соответствующих нормативно-технических документов. Рассчитанные таким образом унифицированные показатели могут быть использованы для оценки вероятностей типовых отказов, свидетельствующих о существенных нарушениях в реализации процессов создания и применения системы ИИ.*

*Полученные результаты могут быть использованы для оценки эффективности нормативно-технического регулирования в области искусственного интеллекта, а также для решения обратной задачи – обоснования требований к структуре и составу документов по стандартизации, исходя из установленных требований к эффективности реализации процессов жизненного цикла систем ИИ.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, процессы жизненного цикла систем искусственного интеллекта, показатели качества систем искусственного интеллекта, функциональная надежность систем искусственного интеллекта, эффективность стандартизации, стандарты искусственного интеллекта.

## ВВЕДЕНИЕ

Ожидается, что технологии искусственного интеллекта обеспечат автоматизированное решение некоторых сложных задач, которые ранее могли быть успешно решены исключительно человеком, обладающим определенными интеллектуальными способностями: задачи распознавания образов, принятия решений в непредвиденных условиях, извлечение знаний из больших данных и некоторые другие [1]. Подобные интеллектуальные технологии обработки данных все чаще находят практическое применение при проектировании и математическом моделировании информационных систем и процессов [2], при производстве и применении сложных технических объектов. Системы ИИ [3] находят применение в ходе

развития сетевых технологий, обеспечивающих надежную передачу потоков данных от сенсоров к средствам обработки и хранения данных, в таких областях, как государственное управление, транспорт, здравоохранение, обеспечение безопасности [4], в том числе и информационной [5].

Вопросы необходимости стандартизации систем ИИ в условиях цифровой экономики приходится решать в реальном времени, когда существует потребность как в реализации методов переработки данных, так в разработке стандартов, связанных аппаратно-программными средствами в области ИИ [6], что определено Перспективной программой стандартизации «Искусственный интеллект» на 2021–2024 годы [7].

Оценка эффективности стандартизации применительно к конкретным отраслям экономики, социальной сферы и технологическим направлениям (т.н. «сквозным» технологиям), всегда являлась и является важным направлением управления качеством [8, 9]. Модели оценки эффективности разрабатываются с учетом специфики процессов жизненного цикла (ЖЦ) объектов стандартизации, принятых в конкретных отраслях (см., например, [10]). В настоящей работе предложены метод и математическая модель, которые могут быть использованы для оценки влияния параметров комплекса стандартов на показатели качества процессов создания и применения прикладных систем искусственного интеллекта (СИИ).

### ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

При формировании и поддержании в актуальном состоянии комплекса отраслевых документов по стандартизации возникает задача обоснования оптимальной структуры и состава документов. Общими требованиями к комплексу отраслевых нормативно-технических документов являются [11]:

1. *Полнота* – стандарты должны обеспечивать регулирование основополагающих вопросов в заданной области, а также снятие основных существующих нормативно-технических барьеров.
2. *Безизбыточность* – стандарты должны концентрироваться на специальных вопросах создания и применения технологий искусственного интеллекта в рассматриваемой отрасли, минимально затрагивая другие аспекты стандартизации, не дублируя и не вступая в противоречия с существующими нормативно-техническими и нормативными правовыми документами.
3. *Непротиворечивость* – обеспечение совместимости с национальными и международными стандартами.
4. *Востребованность* – обеспечение подтвержденного применения стандартов для решения практически значимых задач.

С учетом вышеперечисленных требований задача оптимизации комплекса стандартов может быть сформулирована в виде задачи линейного программирования, в которой в качестве целевой функции могут быть выбраны:

- а) значения показателей качества  $Q$  типовых процессов, услуг и продукции [12], подлежащих стандартизации и определяющих целенаправленную деятельность в отрасли, как максимизация результативности стандартизации (требование 1 – полноты покрытия стандартами);
- б) затраты  $C$  на разработку новых и актуализацию существующих документов по стандартизации ИИ (минимизация расходов на стандартизацию – требование 2);
- в) отношение значений показателей качества к ресурсам, необходимым для выполнения работ по стандартиза-

ции  $Q/C$  (максимизация эффективности стандартизации).

При этом для различных целевых функций ограничения накладываются на:

- а) максимальные расходы на стандартизацию  $C \leq C_{max}$ ; максимальное расхождение комплекса стандартов с существующей нормативной базой в области ИТ  $\Delta \leq \Delta_{max}$  (требование 3); минимальные значения прогнозируемого уровня востребованности документов  $D \geq D_{min}$ , под которыми могут пониматься, например, количество заинтересованных потребителей стандартов, количество вариантов прикладного использования стандартов, частота использования стандартов и другие показатели (требование 4);
- б) минимальные значения показателей качества объектов стандартизации  $Q \geq Q_{min}$ ; максимальное расхождение комплекса стандартов  $\Delta \leq \Delta_{max}$ ; минимальные значения показателей востребованности  $D \geq D_{min}$ ;
- в) максимальное расхождение комплекса стандартов  $\Delta \leq \Delta_{max}$ ; минимальные значения показателей востребованности  $D \geq D_{min}$ .

Оптимизации во всех перечисленных выше случаях подлежат такие параметры комплекса стандартов  $S$ , как перечень и параметры объектов стандартизации, количество и вид документов по стандартизации. Таким образом, для наиболее распространенного случая синтеза оптимального комплекса отраслевых стандартов, обеспечивающего максимизацию качества объектов стандартизации при наличии ресурсных и иных ограничений, задача оптимизации будет иметь вид (случай целевой функции «а»):

$$S_{opt} = \operatorname{argmax} [Q(S) | C \leq C_{max}, \Delta \leq \Delta_{max}, D \geq D_{min}]. \quad (1)$$

При реализации такого подхода прямой задачей является нахождение зависимости значений показателей качества объектов стандартизации от параметров комплекса стандартов  $Q(S)$ .

Под экономическим эффектом стандартизации [8], понимают выраженную в денежных или натуральных показателях экономию живого и овеществленного труда в общественном производстве в результате внедрения стандарта с учетом необходимых затрат. При этом предусматривается возможность оценки экономического эффекта:

- на всех стадиях ЖЦ продукции, включая проектирование, производство и эксплуатацию;
- для различных видов стандартизации (единичный стандарт, комплексные программы стандартизации);
- для различных объектов стандартизации (продукция, предприятие, отрасль в целом);
- для различных видов стандартов (типы и основные параметры продукции; технические требования, правила

эксплуатации и ремонта; методы контроля и правила приемки; типовые технологические процессы и др.).

В существующих методиках оценки показателей качества  $Q(S)$  реализуемых процессов и создаваемой продукции от параметров применяемого комплекса стандартов не рассматриваются. Считается, что значения этих показателей определяются либо набором внешних факторов, либо оценивается эффективность по результатам стандартизации [8, 10], что обеспечивает высокую универсальность подхода, но ограничивает его прямое применение для оценки эффективности стандартизации в конкретной отрасли.

При разработке модели учитывалось, что СИИ обладают следующими особенностями, выделяющими их среди других систем обработки данных [1, 7]:

- разработка СИИ предполагает обязательный этап обучения на прецедентах (обучающих наборах данных);
- интеллектуальные алгоритмы обработки информации СИИ могут принципиально не обладать свойствами интерпретируемости, объяснимости процесса вычислений и получаемых результатов;
- при аппаратно-программной реализации СИИ используются, как правило, специальные программные компоненты (программные библиотеки для машинного обучения и др.) и вычислительные средства (векторные, тензорные, нейроморфные процессоры и др.);
- значительная часть СИИ рассчитана на автоматизацию естественных интеллектуальных способностей человека;
- в СИИ предусматривается совершенствование (дообучение) алгоритмов на стадии применения системы;
- обработка данных в СИИ может приводить к росту уровня конфиденциальности обрабатываемых данных.

Для обеспечения адекватности модели ЖЦ СИИ использовался подход, ранее предложенный для анализа особенностей технического регулирования вопросов создания и применения интеллектуальных технологий в различных прикладных системах ИИ: системах информационной безопасности [5] и космических системах дистанционного зондирования Земли [13].

В основу этого подхода была положена функциональная декомпозиция жизненного цикла в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р 57193–2016 [14], обеспечивающая полное покрытие процессов ЖЦ с учетом многообразия вариантов реализации конкретных информационных систем. Универсальность такой декомпозиции достигается за счет того, что в стандарте [14] не подразумевается предписывающий порядок использования процессов ЖЦ и не учитывается взаимозависимость

процессов. В результате подход, продемонстрированный в работах [5, 13] на различных задачах ИИ, позволил выявить исчерпывающий перечень факторов  $F_{\Sigma}$ , влияющих на эффективность реализации процессов ЖЦ СИИ.

Перечень  $F_{\Sigma}$  может быть разделен на функционально однородные группы  $F_1-F_9$ , типовое распределение которых по этапам ЖЦ СИИ представлено в табл. 1. Значения в ячейках таблицы соответствуют количеству факторов определенной группы на этапах ЖЦ, специфичных для СИИ: внешнее проектирование и выбор типовых решений (R), обучение (L1), тестирование при вводе в эксплуатацию (T1), эксплуатация (U), пробное дообучение на вновь поступающих данных (L2), повторное тестирование после пробного дообучения (T2) и модификация системы при успешном дообучении (M).

Отметим, что полученный перечень  $F_{\Sigma}$  ориентирован на решение задач анализа эффективности нормативно-технического регулирования процессов создания и применения СИИ, поэтому некоторые общие факторы качества процессов ЖЦ информационных систем, актуальные также и для СИИ, оставлены без рассмотрения:

- не учитывались требования, не учитывающие особенности используемых алгоритмов обработки данных (авторы статьи исходят из того, что в СИИ используются плохо интерпретируемые алгоритмы машинного обучения);
- в соответствии с общими принципами оценки экономической эффективности стандартизации [8] не рассматривались факторы, связанные полнотой и качеством основополагающих документов по стандартизации (термины и определения, классификации, обозначения);
- преимущественно рассматривались вопросы, связанные с управлением данными и разработкой алгоритмов ИИ, а факторам аппаратной реализации систем ИИ уделено меньше внимания, что не снижает, однако, общности предлагаемого методического подхода;
- не рассматривались факторы квалификации персонала, осуществляющего разработку и применение алгоритмов и систем ИИ, так как данные вопросы не относятся к области нормативно-технического регулирования.

Полученный перечень факторов  $F_{\Sigma}$  дает общее представление о направлениях стандартизации в области СИИ, но не позволяет полноценно анализировать зависимость  $Q(S)$  показателей качества СИИ  $Q$  от параметров комплекса стандартов ИИ  $S$ , так как не учитывает вид стандартов, устанавливающих требования по компенсации негативного влияния соответствующих факторов, структуру взаимосвязей факторов



Таблица 1

Типовое распределение факторов, определяющих качество процессов ЖЦ и принадлежащих различным функциональным группам, по этапам ЖЦ СИИ

№	ГРУППА ФАКТОРОВ СОДЕРЖАНИЕ ГРУППЫ ФАКТОРОВ	КОЛИЧЕСТВО ФАКТОРОВ ПО ЭТАПАМ СИИ				
		R	L1, L2	T1, T2	U	M
$F_1$	Точность измерения функциональных характеристик и характеристик безопасности СИИ	8	12	11	9	1
$F_2$	Качество оценки функциональных возможностей квалифицированного человека-оператора, осуществляющего решение интеллектуальной задачи в ручном режиме	1	1	1	2	0
$F_3$	Полнота выявленных существенных условий эксплуатации СИИ	1	2	0	2	0
$F_4$	Наличие доверенных унифицированных аппаратно-программных средств, преимущественно – на отечественных компонентах	0	3	2	0	0
$F_5$	Возможности по масштабированию и тиражированию алгоритмов ИИ на смежные прикладные интеллектуальные задачи	2	2	0	0	0
$F_6$	Уровень унификации и качество наборов данных, используемых при создании и оценке качества СИИ. Надежность деклассификации данных для обеспечения безопасного доступа заинтересованных разработчиков	3	4	5	3	0
$F_7$	Уровень конфиденциальности данных при создании и применении СИИ	0	0	3	5	5
$F_8$	Уровень интерпретируемости и верифицируемости результатов работы СИИ эксплуатирующим персоналом	0	1	1	1	0
$F_9$	Эффективность дообучения СИИ на стадии эксплуатации	1	1	1	6	1
Всего ( $F_{\Sigma}$ )		16	26	24	28	7

и особенности их влияния на определенные показатели качества ЖЦ СИИ.

### ФАКТОРЫ КАЧЕСТВА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СИИ

Для восстановления зависимости  $Q(S)$  была разработана модель типового ЖЦ СИИ, направленная на преодоление этих недостатков (рис. 1). В соответствии с предложенной моделью, на первом этапе (R) формируется список функциональных характеристик и характеристик безопасности, значимых для решения конкретной прикладной задачи; устанавливаются значения (допустимые диапазоны значений) для этих характеристик; выбираются типовые программно-алгоритмические решения, ранее хорошо зарекомендовавшие себя при решении соответствующих задач; формируется список факторов внешней среды, существенным образом влияющих на сложность решения прикладной задачи ИИ (перечень существенных факторов эксплуатации); задаются допустимые диапазоны изменения значений этих факторов (предусмотренные условия эксплуатации) [1].

На этапе первоначального обучения (L1) подготавливаются обучающие наборы данных (НД), которые затем

используются для синтеза алгоритма обработки данных, рассчитанного на решение конкретной прикладной задачи ИИ. Этап L1 повторяется до тех пор, пока результаты тестирования на этапе T1 не подтвердят соответствие функциональных характеристик системы требованиям, установленным на этапе R. Тестирование СИИ осуществляется на специальных НД, причем точность и достоверность получаемых оценок функциональных характеристик и характеристик безопасности системы ИИ определяется, прежде всего, представительностью этих тестовых НД. При отрицательных результатах тестирования осуществляется повторное обучение на доработанных (расширенных) обучающих НД. Возможности по расширению обучающих НД могут быть исчерпаны, а требования к системе ИИ не достигнуты. В этом случае осуществляется возврат на этап R с целью смягчения требований к характеристикам и/или условиям эксплуатации системы.

При выполнении требований к характеристикам СИИ на этапе тестирования T1 осуществляется переход к эксплуатации системы (этап U), которая может сопровождаться появлением новых информативных обучающих НД как сформированных самой системой ИИ, так и полученных

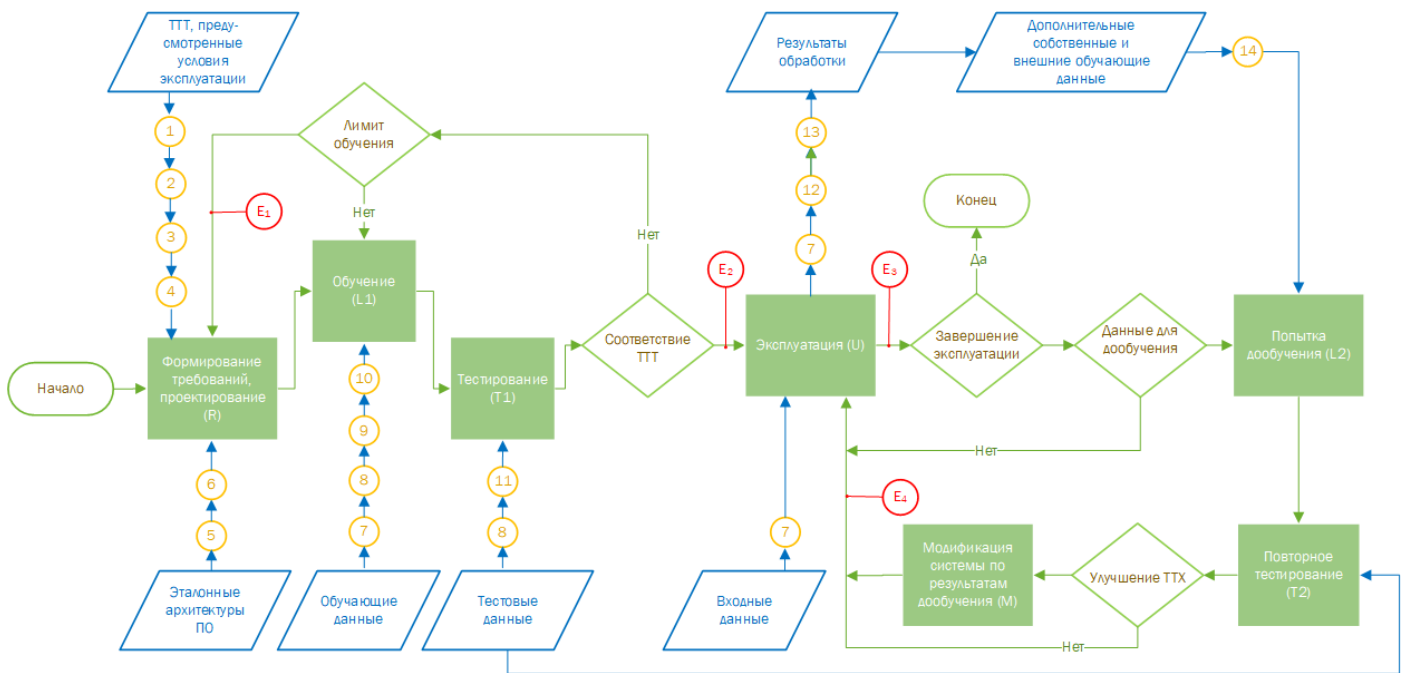


Рис. 1. Модель жизненного цикла СИИ

Цифрами обозначены номера требований, существенно влияющие на показатели качества процессов создания и применения СИИ;  $E_1, E_2, E_3, E_4$  – точки локализации типовых отказов, определяющих значения показателей качества СИИ

из внешних источников. Эти данные используются для дообучения алгоритма обработки данных, выведенного из оперативного контура эксплуатации, и при подтверждении улучшения функциональных характеристик и характеристик безопасности этого алгоритма на этапе повторного тестирования (этап T2) дообученный алгоритм используется для модификации эксплуатируемой системы ИИ (этап M). Модификация системы может осуществляться также в ответ на необходимость эффективной защиты информации, уровень конфиденциальности которой существенно вырос в процесс ее накопления и обобщения.

В модели на рис.1 с учетом множества факторов  $F_{\Sigma}$  сформулированы требования к процессам ЖЦ СИИ, причем каждой группе факторов поставлена в соответствие одна или несколько групп требований, однородных по видам документов по стандартизации, устанавливающих соответствующие требования:

$$F_i \rightarrow \{(s_1^i, v_1^i), \dots, (s_{K_i}^i, v_{K_i}^i)\},$$

где  $i$  – номер фактора,  $i=1..9$ ;  $s_j^i$  –  $j$ -я группа требований, обеспечивающая учет  $i$ -го фактора,  $s_j^i \in \{S_1, \dots, S_{14}\}$ ;  $v_j^i$  – вид стандарта, устанавливающего требования группы  $s_j^i$ ,  $v_j^i \in \{V_1, \dots, V_5\}$ ;  $K_i$  – количество групп требований, обеспечивающих учет  $i$ -го фактора.

Описание сформированных таким образом групп требований к СИИ, оказывающих наибольшее влияние на ка-

чество процессов создания и применения систем, представлено в (табл. 2).

По видам стандартов требования к процессам ЖЦ СИИ были объединены в следующие пять групп:

- $V_1$  – стандарты, устанавливающие требования к процессам внешнего проектирования (обоснование тактико-технических требований и предусмотренных условий эксплуатации СИИ, обеспечение информационного сопряжения СИИ по входным и выходным данным);
- $V_2$  – квалиметрические стандарты, учитывающие особенности оценки функциональных характеристик и характеристик безопасности информационных систем на основе плохо интерпретируемых алгоритмов (т.н. «интеллометрические» стандарты [15]);
- $V_3$  – стандарты, устанавливающие единые подходы к оценке функциональных возможностей (компетенций) человека-оператора при решении типовых прикладных задач ИИ;
- $V_4$  – стандарты в области унификации данных и программного обеспечения;
- $V_5$  – стандарты в области защиты информации (преимущественно – обеспечения конфиденциальности).

В рамках предложенной модели могут быть оценены вероятности возникновения частных видов отказов, свиде-

Таблица 2

Взаимосвязь факторов качества  $F_i$  и требований  $S_j$  к процессам ЖЦ СИИ

$F_i$	ГРУППА ТРЕБОВАНИЙ			
	$S_j^i$	СОДЕРЖАНИЕ	ОБЪЕКТ	ВИД
$F_1$	$S_1$	Полнота набора существенных функциональных характеристик и характеристик безопасности системы ИИИ и достаточность этого набора для оценки возможности применения систем ИИИ по назначению	Тактико-технические требования (ТТТ), предусмотренные условия эксплуатации системы ИИИ	$V_1$
$F_2$	$S_2$	Обоснованность критериальных значений и метрик для существенных характеристик (функциональных и безопасности) систем ИИИ с учетом мирового уровня техники, требований заинтересованных лиц, характеристик источников информации и потребителей результатов обработки информации в СИИИ или из других соображений		$V_2$
$F_3$	$S_3$	Качество оценки возможностей квалифицированного человека-оператора при решении соответствующих прикладных задач ИИИ вручную		$V_3$
$F_3$	$S_4$	Полнота набора факторов внешней среды, учитываемых при оценке возможности применения системы ИИИ по назначению, (существенных факторов эксплуатации) и достаточность этого набора для описания предусмотренных условий эксплуатации систем ИИИ		$V_1$
$F_4$	$S_5$	Уровень унификации эталонных архитектур систем ИИИ, наличие эталонных архитектур для решения типовых прикладных задач ИИИ	Эталонные архитектуры ПО, используемого для разработки алгоритмов ИИИ	$V_4$
$F_5$	$S_6$	Возможности по тиражированию типовых эталонных архитектур на смежные задачи ИИИ		$V_4$
$F_6$	$S_7$	Уровень унификации форматов представления данных, используемых при создании системы ИИИ и в процессе ее эксплуатации	Все данные	$V_4$
$F_6$	$S_8$	Уровень репрезентативности (полноты, несмещенности, точности и достоверности) обучающих и тестовых НД	Обучающие и тестовые наборы данных	$V_2$
$F_6$	$S_9$	Уровень возможностей по гарантированной деклассификации (включая анонимизацию) данных, обеспечивающей эффективный доступ к обучающим НД заинтересованных разработчиков систем ИИИ	Обучающие наборы данных	$V_5$
$F_7$	$S_{10}$	Уровень конфиденциальности НД. Степень соответствия этого уровня требованиям по предотвращению возможности использования злоумышленниками сведений о НД для повышения эффективности реализации угроз ИБ в отношении системы ИИИ		$V_5$
$F_7$	$S_{11}$	Уровень конфиденциальности тестовых НД, используемых для оценки соответствия систем ИИИ предъявляемым требованиям. Степень соответствия этого уровня требованиям к достоверности тестирования (предотвращение переобучения алгоритмов ИИИ)	Тестовые наборы данных	$V_5$
$F_7$	$S_{12}$	Качество автоматизированных процедур оценки уровня конфиденциальности данных, обрабатываемых в системе ИИИ в процессе эксплуатации, с учетом возможности возрастания уровня конфиденциальности при накоплении и агрегировании данных	Результаты обработки	$V_5$
$F_8$	$S_{13}$	Качество интерпретации результатов работы системы ИИИ, с учетом уровня объяснимости (понятности) используемых интеллектуальных алгоритмов обработки данных		$V_1$
$F_9$	$S_{14}$	Достоверность оценок информативности дополнительных обучающих данных (собственных, сформированных в процессе эксплуатации системы, и полученных из внешних источников) и целесообразности использования этих данных для дообучения системы ИИИ в процессе эксплуатации		$V_2$

тельствующих о существенных нарушениях в реализации процессов создания и применения системы ИИИ:

1) заданные потребителем тактико-технические требования (ТТТ) не достигнуты при разработке системы (вероятность отказа  $E_1$ , рис.1);

2) время достижения ТТТ при разработке системы превысило заданный лимит  $t_0$  ( $E_2$ );

3) тактико-технические характеристики системы в процессе эксплуатации не соответствуют подтвержденным на этапе тестирования, то есть частота выхода значений функциональных характеристик за пределы

установленного диапазона превысила пороговое значение ( $E_3$ );

- 4) конфиденциальность обрабатываемых данных нарушается в процессе применения и утилизации системы ИИ ( $E_4$ ).

Интегральная оценка качества процессов разработки и применения системы ИИ в этом случае может быть выполнена с помощью выражения:

$$Q = Q_{max} \frac{\sum_{i=1}^4 a_i(1-E_i)}{\sum_{i=1}^4 a_i} \tag{2}$$

где  $a_i$  – коэффициент значимости  $i$ -го процесса ЖЦ системы ИИ;  $Q_{max}$  – максимальное значение показателя качества, определяемое информационными возможностями сенсоров, поставляющих информацию для системы ИИ, а также возможностями метасистемы (например, объекта управления), получающей информацию от системы [15].

Отметим, что перечень отказов  $E_1-E_4$  не является исчерпывающим и при необходимости может быть дополнен для обеспечения сбалансированности интегральной оценки качества (2).

В соответствии с разработанным методом оценки влияния нормативно-технических документов на эффективность реализации процессов ЖЦ СИИ, значения вероятностей частных видов отказов могут быть вычислены с учетом структуры взаимосвязи факторов, влияющих на соответствующий отказ, и видов стандартов, устанавливающих требования по компенсации негативного влияния того или иного фактора. Так, вероятность недостижения СИИ заданных технических характеристик может быть рассчитана по формуле:

$$E_1 = 1 - P_R P_{L1} \tag{3}$$

где  $P_R$  – вероятность успешной реализации этапа формирования требований и проектирования СИИ;  $P_{L1}$  – вероятность успешной реализации этапа обучения СИИ.

Вероятность отказа, связанного с чрезмерной продолжительностью создания СИИ, имеет вид:

$$E_2 = 1 - P_R P_{L1}, P(t \leq t_0) \tag{4}$$

где  $P(t \leq t_0)$  – вероятность того, что продолжительность создания СИИ не превышает заданный порог  $t_0$ .

Учитывая локализацию и вид требований к процессам ЖЦ СИИ (рис. 1), а также предполагая события, связанные с выполнением этих требований, статистически независимыми, вероятности, входящие в состав выражений (3) и (4), могут быть оценены по формулам:

$$P_R = V_1(S_1, S_2, S_4) V_3(S_3) V_4(S_5, S_6), \tag{5}$$

$$P_{L1} = V_2(S_8) V_4(S_7) V_5(S_9, S_{10}) \tag{6}$$

где  $V_k(S_{j_1}, \dots, S_{j_k})$  – коэффициент, зависящий от наличия и результативности применения стандартов  $k$ -го типа для обеспечения выполнения требований  $S_{j_1}, \dots, S_{j_k}$  (табл. 2) – унифицированные показатели эффективности нормативно-технического регулирования процессов ЖЦ СИИ.

Функциональная декомпозиция требований к процессам ЖЦ СИИ и их распределение по типовым группам используемых стандартов (табл. 2) позволяет сформулировать оценочные зависимости коэффициентов  $V_1-V_5$ , исходя из особенностей влияния частных факторов  $F_i$  на эффективность создания и применения СИИ. При этом предполагается, что коэффициенты могут принимать значения в диапазоне  $[0,1]$ , причем минимальное значение коэффициента означает практическую невозможность успешной реализации соответствующего этапа ЖЦ, учитывая мультипликативный характер зависимостей (5) – (6). На практике это означает, что зависимости (5) – (6) позволяют получить нижние (пессимистические) оценки вероятностей успешной реализации соответствующих этапов ЖЦ.

Кроме того, значения  $S_1-S_{14}$ , характеризующие полноту выполнения соответствующей группы требований, считаются бинарными величинами:  $S_j = 1$ , если требования полностью выполняются, и  $S_j = 0$  – в противном случае. В выражения для расчета коэффициентов  $V_k$  переменные  $S_j$  входят в виде аддитивных или мультипликативных составляющих в зависимости от критичности наличия стандартов соответствующей группы требований для предотвращения того или иного отказа. В результате для коэффициентов  $V_k$  с учетом табл. 2 могут быть получены следующие выражения:

$$V_1 = \beta_{m1} S_1 (\beta_{01} + \sum_{j \in \{2,4,13\}} \beta_j S_j), \tag{7}$$

$$V_2 = \beta_{m2} (\beta_{02} + \sum_{j \in \{8,14\}} \beta_j S_j), \tag{8}$$

$$V_3 = \beta_{m3} (\beta_{03} + S_3), \tag{9}$$

$$V_4 = \beta_{m4} (\beta_{04} + \sum_{j \in \{5,6,7\}} \beta_j S_j), \tag{10}$$

$$V_5 = \beta_{m5} S_{11} (\beta_{05} + \sum_{j \in \{9,10,12\}} \beta_j S_j), \tag{11}$$

где  $0 < \beta_{0k} \ll 1$  – значение коэффициента  $V_k$ , соответствующее случаю отсутствия всех необязательных документов по стандартизации (аддитивные составляющие) и присутствия обязательных (мультипликативные составляющие);  $0 \ll \beta_{mk} < 1$  – максимальное значение коэффициента  $V_k$ , соответствующее случаю наличия всех документов по стандартизации;  $\beta_j$  – весовые коэффициенты аддитивных составляющих, выбираемые экспертным путем с учетом требования нормировки (сумма  $\beta_j$  для каждого коэффициента  $V_k$  должна быть равна  $1 - \beta_{0k}$ ).



Выражения (7) – (11) могут быть использованы для расчета вероятностей (5) – (6), причем при неполном наборе аргументов для того или иного коэффициента  $V_k$  в расчетных формулах (7) – (11) отсутствующие аргументы  $S_j$  принимаются равными 1.

Для оценки вероятности  $P(t \leq t_0)$  в формуле (4) в табл. 2 могут быть выделены требования, существенным образом влияющие на продолжительность создания СИИ на этапах  $R$  и  $L1$ . В частности, на время проектирования СИИ  $t_R$  оказывает существенное влияние уровень унификации ПО  $S_5$  и наличие нормативно-технических документов, обеспечивающих перенос предобученных алгоритмов ИИ на другие прикладные задачи  $S_6$ :

$$t_R = t_{mR} + (1 - S_6) [t_{05} (1 - S_5) + t_{06}], \quad (12)$$

где  $t_{mR}$  – минимальное время проектирования при высоком уровне унификации ( $S_5 = 1$ ) и нормативно-технической поддержке переноса алгоритмов ИИ на смежные прикладные задачи ( $S_6 = 1$ );  $t_{05}$  – прирост времени проектирования из-за низкого уровня унификации ( $S_5 = 0$ );  $t_{06}$  – прирост времени проектирования СИИ из-за невозможности переноса алгоритмов ИИ в условиях отсутствия необходимых нормативных документов ( $S_6 = 0$ ).

К возрастанию времени обучения системы  $t_{L1}$  приводят необоснованное завышение тактико-технических требований к СИИ (отсутствие документов, устанавливающих требования к критериальным значениям ТТХ для типовых прикладных задач ИИ –  $S_2, S_3$ ), завышение количества и вариативности существенных условий эксплуатации СИИ ( $S_4$ ), а также недостаточные возможности по доступу разработчиков к представительным наборам обучающих данных ( $S_7, S_8, S_9$ ). Все вышеперечисленные требования непосредственно влияют на размер необходимого обучающего НД и на время обучения, причем для оценки времени  $t_{L1}$  могут быть приняты следующие допущения:

- при необоснованном завышении ТТТ время формирования НД и время обучения возрастают полиномиально;
- завышение количества существенных условий эксплуатации приводит к экспоненциальному росту  $t_{L1}$ ;
- сокращение возможностей по использованию ранее созданных НД и необходимость формировать новые – к линейному росту  $t_{L1}$ .

В итоге для времени  $t_{L1}$  может быть использована следующая верхняя оценка:

$$t_{L1} \leq t_{mL1} + t_{0L1} [(1 - S_2 S_3) \beta_{23}^2 + (1 - S_4) N_4^{\beta_4} + \sum_{j \in \{7,8,9\}} (1 - S_j) \beta_j], \quad (13)$$

где  $t_{mL1}$  – минимальное время, необходимое для обучения СИИ;  $t_{0L1}$  – нормирующий коэффициент, связывающий безразмерные составляющие от каждого негативного фактора с приростом времени обучения СИИ;  $\beta_{23}$  – коэффициент завышения ТТТ к СИИ (характерные значения: 1,1 – 2,0, зависимость времени обучения от ТТТ в данном примере принята квадратичной);  $N_4$  – среднее количество значений, которое принимает каждый параметр, характеризующий существенные условия эксплуатации СИИ (характерные значения: 10–1000);  $\beta_4$  – избыточно учтенное количество параметров, существенно влияющих на качество работы СИИ в реальных условиях эксплуатации;  $\beta_j$  – весовые коэффициенты аддитивных составляющих, связанных с влиянием нормативной базы на возможности по использованию ранее созданных НД.

Учитывая, что  $t = t_R + t_{L1}$ , выражения (12, 13) могут быть использованы для оценки вероятности выполнения требования по предельной продолжительности создания СИИ  $P(t \leq t_0)$  в (4). Из (13) видно также, что наибольший вклад в значение времени обучения  $t_{L1}$  вносит составляющая  $N_4^{\beta_4}$ , связанная с избыточным завышением размерности описания внешней среды, в которой функционирует СИИ (количеством и вариативностью существенных факторов эксплуатации СИИ). Следовательно, стандартизация перечней таких факторов для типовых прикладных задач является одной из приоритетных задач нормативно-технического регулирования ИИ.

В рамках предлагаемого метода, можно получить также следующее выражение для вероятности отказа, связанного с несоответствием реальных ТТХ СИИ характеристикам, полученным в процессе тестирования:

$$E_3 = 1 - V_2(S_8, S_{14}) V_5(S_{10}, S_{11}), \quad (14)$$

где  $V_2$  и  $V_5$  – коэффициенты, определяющие эффективность нормативно-технического регулирования, если в качестве показателя эффективности принята вероятность отказа  $E_3$  (вычисляются по формулам (8) и (11), соответственно).

Вероятность отказа, связанного с нарушением конфиденциальности обрабатываемых данных в процессе эксплуатации СИИ, может быть оценена с использованием выражения:

$$E_4 = 1 - V_5(S_{10}, S_{12}). \quad (15)$$

Отметим, что формула (15) учитывает исключительно факторы обеспечения конфиденциальности данных, специфичные для систем ИИ и связанные с процессами обучения и дообучения систем. Общие вопросы обеспечения конфиденциальности учитываются при расчете коэффициента  $\beta_{m5}$  по формуле (11).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная математическая модель жизненного цикла системы ИИ отражает структуру взаимовлияния факторов, определяющих эффективность реализации процессов жизненного цикла, специфичных для систем ИИ, и используется для обоснования выражений для расчета унифицированных показателей нормативно-технического регулирования и вероятностей типовых отказов.

Частные показатели, рассчитанные с использованием выражений (3), (4), (14) и (15), могут быть использованы для оценки интегрального показателя (2), что, в свою очередь, обеспечивает возможность решения как прямой задачи оценки эффективности нормативно-технического регулирования процессов жизненного цикла систем ИИ, так и обратной задачи – обоснования требований к структуре и составу документов по стандартизации, исходя из установленных требований к эффективности реализации процессов жизненного цикла.

## Список использованных источников и литературы

1. Гарбук С.В., Губинский А.М. Искусственный интеллект в ведущих странах мира: стратегии развития и военное применение. – М.: Знание, 2019. 590 с.
2. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Суррогатное моделирование распределенных информационных систем по большим данным // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 5 (51). С. 43–50.
3. Куприков Н.М., Башкирова Е.А. Стандартизация в сфере искусственного интеллекта // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 5 (63). С. 8–13.
4. Бурый А.С., Усцелемов В.Н. Онтологический подход к формированию когнитивных моделей оценки кибербезопасности // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 3 (55). С. 77–84.
5. Гарбук С.В. Задачи нормативно-технического регулирования интеллектуальных систем информационной безопасности // Вопросы кибербезопасности. 2021. № 3(43). С. 68–83. DOI: 10.21681/2311-3456-2021-3-68-83
6. Гарбук С. Интеллектуальные технологии вместо человека: оценка соответствия // Открытые системы. СУБД. 2018. № 2. С. 20.
7. Перспективная программа стандартизации в области приоритетного направления «Искусственный интеллект» на 2021–2024 годы. Утверждена 22.12.2020. – URL: <https://www.tc164.ru/Национальная-стандартизация> (дата обращения 15.04.2022).
8. Оценка экономической эффективности мероприятий по повышению качества продукции и услуг: учебное пособие / М.В. Галушко, С.В. Горбачев. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2019. 102 с.
9. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения. Словарь [Текст]. – Введ. 2015–11–01. – М.: Стандартинформ, 2015.
10. Черных Е.В., Иванова Г.Н. Стандартизация в устойчивом развитии предприятий. – М.: Издательство «Научный консультант», 2020. 178 с.
11. Гарбук С.В., Шалаев А.П. Перспективная структура национальных стандартов в области искусственного интеллекта // Стандарты и качество. 2021. № 10. С. 26–33. DOI: 10.35400/0038-9692-2021-10-26-33
12. ГОСТ 1.1–2002 Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2003–07–01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003.
13. Гарбук С.В. Задачи нормативно-технического регулирования интеллектуальных систем обработки данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 107–122. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-1-107-122
14. ГОСТ Р 57193–2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 2017–11–01. – М.: Стандартинформ, 2016.
15. Garbuk S.V. Intellimetry as a Way to Ensure AI Trustworthiness // Proceedings – 2018 International Conference on Artificial Intelligence: Applications and Innovations, IC-AIAI 2018, Nicosia, 31 октября – 02 ноября 2018 года. – Nicosia, 2019. P. 27–30. DOI: 10.1109/IC-AIAI.2018.8674447

# METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF STANDARDIZATION PARAMETERS ON THE EFFECTIVENESS OF THE CREATION AND APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

**Garbuk S.V.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Director of Research Projects, Higher School of Economics

*This paper suggests a method and mathematical model that allow to quantify the effect of standardization documents on the performance in managing the life cycle processes for artificial intelligence (AI) systems.*

*The suggested method is based on the principle of functional decomposing the life cycle (LC) of an information system into standard processes in line with the standard ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes, with subsequent identification of factors that have a significant impact on the implementation of these processes which are specific to AI systems and available for management using relevant regulatory and technical documents.*

*We have shown that, for each of the factor identified, we can define a standard that sets requirements for mitigating the possible negative impact of this factor on the LC of an AI system, wherein the entire package of documents can be divided into several groups of typical standards, for each of which we can justify a unified quantitative indicator determining the performance of the AI system's LC process management depending on the completeness and quality of the relevant regulatory and technical documents. The paper proposes the following five groups of typical standards: requirements for external design processes; qualimetric standards that take into account the specifics of assessing the functional parameters and safety parameters of AI systems; standards that describe uniform approaches to assessing the functional capabilities (competencies) of a human operator when solving typical applied AI tasks; standards in the field of data and software unification; information security standards.*

*The unified indicators calculated in this way can be used to assess the probabilities of typical failures indicating significant violations in the processes of creating and using an AI system. As examples, the paper provides mathematical expressions for quantifying the probability of the following typical failures: the requirements specified by the customer were not achieved when developing the system; the time to achieve the requirements during the system development exceeded the set limit; the system characteristics during its operation differ significantly from the declared ones; the confidentiality of the data processed is impaired during the use and disposal of the AI system.*

*The results obtained can be used to assess the performance of technical regulations in the field of artificial intelligence, as well as to solve the inverse problem of justifying the requirements for the structure and composition of standardization documents based on the existing requirements for the performance of AI systems' life cycle processes.*

**Keywords:** artificial intelligence, life cycle processes of artificial intelligence systems, quality indicators of artificial intelligence systems, functional reliability of artificial intelligence systems, standardization efficiency, artificial intelligence standards.

## References

1. Garbuk S.V., Gubinskij A.M. *Iskusstvennyj intellekt v vedushchih stranah mira: strategii razvitiya i voennoe primeneniye*. Moscow, Znanie Publ., 2020, 590 p.
2. Buryi A.S., Shevkunov M.A. *Surrogatnoye modelirovaniye raspredelennykh informatsionnykh sistem po bol'shim dannym. Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2019, no 5 (51), pp. 43–50.
3. Kuprikov N.M., Bashkirova E.A. *Standartizatsiya v sfere iskusstvennogo intellekta. Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2021, no 5 (63), pp. 8–13.

4. Buryi A.S., Uscelemov V.N. Ontologicheskij podhod k formirovaniyu kognitivnyh modelej ocenki kiberbezopasnosti. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2020, no 3(55), pp. 77–84.
5. Garbuk S.V. Zadachi normativno-tekhnicheskogo regulirovaniya intellektual'nyh sistem informacionnoj bezopasnosti. *Voprosy kiberbezopasnosti*, 2021, no. 3(43), pp. 68–83. DOI: 10.21681/2311-3456-2021-3-68-83
6. Garbuk S. Intellektual'nye tekhnologii vmesto cheloveka: ocenka sootvetstviya. *Otkrytye sistemy. SUBD*, 2018, no 2, p. 20.
7. Perspektivnaya programma standartizacii v oblasti prioritetnogo napravleniya «Iskusstvennyj intellekt» na 2021–2024. Utverzhdena 22 dekabrya 2020. Available at: <https://www.tc164.ru/Nacional'naya-standartizaciya> (accessed 14 March 2022).
8. Galushko M.V., Gorbachev S.V. Ocenka ekonomicheskoy effektivnosti meropriyatij po povysheniyu kachestva produkcii i uslug: uchebnoe posobie. Orenburg, Orenburg State University Publ., 2019, 102 p.
9. GOST R ISO 9000–2015 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary. Moscow, Standartinform Publ., 2015. (In Russian)
10. Chernyh E.V., Ivanova G.N. Standartizaciya v ustojchivom razvitii predpriyatij. Moscow, Izdatel'stvo “Nauchnyj konsul'tant” Publ., 2020, 178 p.
11. Garbuk S.V., Shalaev A.P. Perspektivnaya struktura nacional'nyh standartov v oblasti iskusstvennogo intellekta. *Standarty i kachestvo*, 2021, no. 10, pp. 26–33.
12. GOST 1.1–2002 Interstate System for Standardization. Terms and definitions. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. (In Russian)
13. Garbuk S.V. Zadachi normativno-tekhnicheskogo regulirovaniya intellektual'nyh sistem obrabotki dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 107–122.
14. GOST R 57193–2016 Systems and software engineering. System life cycle processes. Moscow, Standartinform Publ., 2016. (In Russian)
15. Garbuk S.V. Intellimetry as a Way to Ensure AI Trustworthiness. *Proceedings – 2018 International Conference on Artificial Intelligence: Applications and Innovations, IC-AIAI 2018, Nicosia, October 31 – November 02, 2018. Nicosia, 2019*, pp. 27–30. DOI: 10.1109/IC-AIAI.2018.8674447



# ЕВРОПЕЙСКИЙ ПОДХОД К РЕГУЛИРОВАНИЮ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

**Аронов И.З.**, д-р техн. наук, проф., Московский государственный институт международных отношений (университет), ФГБУ «РСТ»

**Рыбакова А.М.**, канд. биол. наук, доцент, Московский государственный институт международных отношений (университет), ФГБУ «РСТ»

*В статье представлен анализ европейского опыта регулирования вопросов проектирования изделий с учетом экологических аспектов, которые охватываются специальным термином «экодизайн». Экодизайн первоначально был внедрен как методология экологически ориентированного проектирования DfE (Design for Environment) для снижения влияния машин на окружающую среду, в настоящее время он рассматривается как составная часть европейской товарной политики. Представлен анализ основных принципов товарной политики в Европе и сделан вывод о том, что единый универсальный подход к установлению требований к товарам на всех стадиях их жизненного цикла, включая проектирование, эксплуатацию и утилизацию, еще не разработан.*

*Представляется, что элементы европейской концепции экодизайна могут быть использованы при совершенствовании документов, формирующих право ЕАЭС. В частности, требования к экодизайну могут устанавливаться непосредственно в технических регламентах Союза. При этом целесообразно максимально использовать положения ГОСТ Р 57328–2016/IEC Guide 109:2012, ГОСТ Р 56861–2016, ГОСТ Р 57326–2016/ISO/TR 14062:2002 и др.*

*Даны предложения по дальнейшему совершенствованию системы технического регулирования ЕАЭС в части экодизайна.*

**Ключевые слова:** экодизайн, европейская товарная политика, требования к проектированию, директива ЕС по экодизайну.

## ВВЕДЕНИЕ

Реализация целей устойчивого развития, связанная, в том числе с переходом к экологически ориентированной экономике предопределяет необходимость учета влияния машин и оборудования на окружающую среду. Этот аспект должным образом закреплён в Соглашении ВТО по техническим барьерам в торговле, Договоре о ЕАЭС и Федеральном законе «О техническом регулировании» в отношении одной из целей принятия технических регламентов – защита окружающей среды.

Для снижения влияния машин на окружающую среду в настоящее время используется методология экологически ориентированного проектирования DfE (Design for Environment) [1], зародившаяся в конце XX века. С некоторым отставанием этот подход стал применяться в Российской Федерации в практике проектирования в настоящее время [2, 3].

Как показали исследования, касающиеся методологии DfE, изделие воздействует на окружающую среду в про-

цессе его эксплуатации, при выполнении различных процессов (стадий жизненного цикла продукции) и наступлении определенных событий: монтаж, нормальная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, отказ, авария, нарушение нормальной эксплуатации, утилизация [1]. В ряде работ показано, что именно проектирование определяет степень (величину) негативного воздействия машины на окружающую среду, поэтому предлагается использовать специальные экологические индикаторы, как показатели совместимости с окружающей средой, чтобы помочь проектировщикам оценивать, сравнивать и принимать проектные решения [4].

Почему важно учитывать указанные выше аспекты на стадии проектирования товара? Около 80% видов воздействия продукта на окружающую среду, включая количество потребляемых ресурсов для работы, а также характер и масштаб негативного экологического воздействия, могут быть учтены на стадии его разработки [1, 4]. Для этого предлагается на этапе проектирования искать экологически безопасные конструкции, разрабатывать новые технологии переработки или стратегии вторично-

го использования изделий [5], включая агентные технологии моделирования жизненного цикла изделий [6].

Таким образом, становится понятно, что именно задание требований к экологически ориентированному проектированию в технических регламентах на машинотехническую продукцию [7] во многом обеспечивает охрану окружающей среды.

Указанные соображения легли в основу европейской концепции «экодизайна» (ecodesign), которая будет рассмотрена в настоящей статье. Эта концепция тесно связана с современной товарной политикой ЕС.

### О КОНЦЕПЦИИ ЭКОДИЗАЙНА ТОВАРНОЙ ПОЛИТИКИ ЕС

Согласно европейскому законодательству понятие «экодизайн» подразумевает учет экологических аспектов в конструкции изделия с целью улучшения экологических характеристик товара на протяжении всего его жизненного цикла.

«Экодизайн» представляет собой определенный подход к проектированию товара, при котором уже на стадии разработки продукта учитываются его значимые экологические аспекты, то есть концепцию проектирования DfE. Такие экологические аспекты включают:

- 1) энергопотребление – виды и количество энергоресурсов, которые товар будет потреблять, включая предполагаемые финансовые издержки;
- 2) виды и уровень будущего негативного воздействия на окружающую среду такой продукции, включая и период с момента утраты полезных свойств до окончательного прекращения существования товара (утилизация), а именно сбросы в воду, воздух и на почву; загрязнение, шум, излучения, в том числе электромагнитными полями, отходы и т.п., что особенно важно для развития мегаполисов (городской среды) [8].

Основные положения концепции экодизайна изложены в следующих стратегических документах: Интегрированной товарной политике Европейского союза («ИТП»), Сообщении Комиссии от 10 октября 2010 года № 639 «Энергия 2020. Стратегия для конкурентной, устойчивой и безопасной энергетики», Сообщении Комиссии от 8 марта 2011 года № 109 «План повышения энергетической эффективности 2011», а также нормативно-правовых актах: Директиве Европейского союза (ЕС) об экодизайне (далее «Директива об экодизайне») и принимаемых в ее исполнение регламентах [9].

Концепция экодизайна является проявлением единой интегрированной товарной политики ЕС и одним из ключевых инструментов регулирования деятельности

по повышению энергоэффективности, находясь на стыке энергетической и экологической политик ЕС [10]. ИТП представляет собой концептуально новый подход в политике ЕС к вопросам потребления ресурсов и защиты окружающей среды, продиктованный необходимостью следовать мировому курсу устойчивого развития.

Ранее экологическое регулирование ЕС отличалось следующими особенностями. Во-первых, регулировались отдельные виды воздействия на окружающую среду (нормы, регулирующие охрану вод, охрану климата и озонового слоя, обращение с химическими веществами, управление отходами). Во-вторых, основное внимание при регулировании уделялось крупным источникам загрязнений (предприятия промышленности, транспорт). В-третьих, регулирование касалось, как правило, одного конкретного этапа жизненного цикла товара (обычно этапа использования). Наконец основным принципом регулирования стал принцип «загрязнитель платит» (Директива ЕП и Совета ЕС 2008/98/ЕС от 19 ноября 2008, ст. 14). Соблюдение экологических требований было всего лишь дополнительным расходом для участников экономических отношений, который можно было переложить на конечного потребителя.

Целью новой ИТП ЕС является всестороннее снижение воздействия на окружающую среду, оказываемого посредством производства и потребления всех товаров и услуг. Экодизайн, по сути, выступает в форме экологического регулирования, поскольку формирует действия производителей по принятию мер, направленных на уменьшение потребления энергии [10, 11], на сокращение негативного воздействия энергопотребляющей продукции на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла, начиная от разработки и заканчивая утилизацией.

ИТП базируется на пяти основных принципах.

Первый принцип (ключевой): производитель продукта должен учитывать экологические характеристики товара на всех стадиях его жизненного цикла. Следование такому образу мышления позволит:

- 1) предотвратить перенос юридической и финансовой нагрузки с производителя товара на потребителя, с одного поколения на другое поколение и даже внутри одного поколения;
- 2) принять меры по предотвращению или снижению негативного воздействия на окружающую среду на такой стадии, когда это наиболее эффективно с точки зрения экологических, социальных и экономических аспектов (см., например, ESG-стандарты [12]);
- 3) сформировать единый образ мышления при проектировании и производстве товаров, рассматривая совокупность этапов жизненного цикла, как многоаспектную проблему с системных позиций [13].

Второй принцип ИТП – работа с рынками спроса и потребления, предусматривающая создание стимулов для обеих сторон, которые могли бы обосновать принятие решений о дополнительных трудовых, временных и финансовых затратах.

Третий принцип ИТП – вовлечение в процесс разработки и производства новой продукции всех заинтересованных лиц, включая производителей, потребителей и государство.

Четвертый принцип ИТП – постепенное улучшение продуктов посредством сокращения их негативного экологического воздействия, предполагающее постоянное движение в сторону улучшения экологических показателей товаров вместо административного способа установления неких обязательных пороговых величин.

Пятый принцип – разнообразие инструментов осуществления ИТП, а также совершенствование методологии оценки влияния продуктов на экологию в рамках развития экономики замкнутого типа [14, 15], предполагает анализ доступных механизмов для реализации определенной меры и выбор наиболее подходящего и эффективного для достижения необходимого результата (например, в сфере энергоэффективности используются директивы и регламенты комиссии, а также добровольные соглашения участников рынка).

## ДИРЕКТИВА ЕС ПО ЭКОДИЗАЙНУ

Идеальным результатом осуществления ИТП должна стать выработка единого универсального подхода к установлению требований к товарам на всех стадиях их жизненного цикла, включая проектирование, эксплуатацию и утилизацию. В настоящее время такой единый всеобъемлющий подход еще не разработан. Наиболее детально в рамках ИТП регулируются товары, связанные с потреблением энергии. Действующая ныне Директива ЕП и Совета ЕС 2009/125/ЕС<sup>1</sup> о введении правового регулирования для установления требований экодизайна к энергопотребляющей продукции и следует принципам интегрированной товарной политики.

Директива об экодизайне направлена на гармонизацию различных национальных мер в сфере проектирования с учетом экологических аспектов и определяет общие требования к «экологическому проектированию» товаров, связанных с потреблением энергии. В отношении регулируемого товара должны быть либо разработаны и приняты регламенты Европейской Комиссии, либо за-

<sup>1</sup> Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products // Official Journal of the European Union. 31.10.2009. L 285. Pp. 10–35. Ecodesign for sustainable products // An official website of the European Union. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ec.europa.eu/info/> (дата обращения 01.06.2022).

ключены добровольные соглашения участников рынка в части требований к энергоэффективности. Требования экодизайна могут быть групповыми и специальными. Первые устанавливают общие экологические требования к группе товаров. Специальные (частные) требования предусматривают конкретные измеримые количественные обязательные показатели, устанавливаемые для определенных экологических аспектов товара.

Требования Директивы об экодизайне и сопутствующих ей регламентов в первую очередь касаются производителей товаров, производителей компонентов, связанных с энергопотреблением, а также импортеров таких товаров. Соблюдение установленных в Директиве требований является условием допуска товаров на рынок ЕС и допуска их к введению в эксплуатацию. Европейские продукты, соответствующие требованиям экодизайна, маркируются знаком «СЕ» (Conformité Européenne) на самом изделии или в таблице технических данных. Комиссия наблюдает за применением Директивы и может рассмотреть необходимость расширения сферы ее действия за пределы товаров, связанных с потреблением электроэнергии.

Последствиями несоблюдения требований экодизайна производителем или импортером могут стать запрет на размещение товара на рынке ЕС, отзыв товара с рынка или изъятие партии товаров у конечных потребителей. Конкретные санкции определяются государствами-членами, установившими соответствующие национальные требования по экодизайну.

Директива об экодизайне начала действовать в 2009 году. Только в 2021 году воздействие текущих мер по экодизайну, охватывающих 31 группу продуктов, сэкономило 120 миллиардов евро на расходах на энергию для потребителей в ЕС и привело к снижению годового потребления энергии на 10% для реализованных продуктов из сферы охвата.

Как отмечает Европейская Комиссия, концепция экологического проектирования DfE, лежащая в основе регулирования энергоэффективности товаров ЕС, представляет собой проявление комплексного долгосрочного превентивного подхода в соответствии с принципами устойчивого развития в сфере энергетики и охраны окружающей среды к проблеме потребления ископаемых энергоресурсов человеком и воздействия такого потребления на окружающую среду, поскольку:

- предоставляет стимул для развития собственных энергоэффективных и экологических технологий в ЕС;
- способствует созданию новых рабочих мест и увеличению экспорта товаров;
- способствует повышению уровня энергетической безопасности ЕС и снижению нагрузки на сети;

- охватывает полный жизненный цикл любого связанного с потреблением энергии устройства (от этапа его проектирования до утилизации);
- носит превентивный характер (позволяет предпринять меры по сокращению потребляемой энергии).

## ВЫВОДЫ

В виду вышесказанного представляется, что элементы европейской концепции «экодизайна» могут быть использованы при совершенствовании документов, формирующих право ЕАЭС. При этом речь идёт не только о техническом регламенте Союза по энергоэффективности, но и о других регламентах, которые устанавливают требования к этапу проектирования продукции, затрагивая вопросы утилизации, технического обслуживания и ремонта и др.

В частности, предлагается, чтобы требования к экодизайну были погружены непосредственно в технические регламенты Союза. Следует отметить, что в некоторых технических регламентах, например, в ТР ТС 010/2011 групповые требования, касающиеся экологического проектирования, в значительной мере учтены. Целесообразно при пересмотре иных технических регламентов Союза на машинотехническую продукцию внести в них изменения в части установления требований к проектированию, затрагивающего экологические аспекты.

В процессе внесения изменений в соответствующие регламенты Союза рекомендуется максимально использовать положения следующих стандартов:

- ГОСТ Р 57328–2016/IEC Guide 109:2012 Экологический менеджмент. Руководство по включению экологических аспектов в стандарты на электротехническую продукцию;
- ГОСТ Р 56861–2016 Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения;
- ГОСТ Р 57326–2016/ISO/TR 14062:2002. Экологический менеджмент. Интегрирование экологических аспектов в проектирование и разработку продукции;
- ГОСТ Р ИСО 14006–2013 Системы экологического менеджмента. Руководящие указания по включению экологических норм при проектировании;
- ГОСТ Р 54906–2012 Системы безопасности комплексные. Экологически ориентированное проектирование. Общие технические требования.

Кроме того, целесообразно:

- обеспечить гармонизацию требований указанных стандартов путем разработки соответствующих межгосударственных стандартов для установления единого понимания требований в сфере экодизайна в государствах-членах ЕАЭС (с учетом пересмотра международных документов по стандартизации в этой сфере);
- внести изменения в Рекомендации по содержанию и типовой структуре технического регламента Евразийского экономического союза, утвержденные Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 21 августа 2015 года № 50 в части требований к экодизайну.

## Список использованных источников и литературы

1. Keoleian G.A., Menerey D. Sustainable Development by Design: Review of Life Cycle Design and Related Approaches // *Air & Waste*. 1994. Vol. 44:5. Pp. 645–668. DOI: 10.1080/1073161X.1994.10467269
2. Кадырова Л.Ш., Мкртчян А.Ф. Выбор показателей утилизации во множестве показателей качества автомобиля // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2013. № 2 (22). С. 57–62.
3. Ивахненко Е.А. Включение экологических аспектов в метод развертывания функции качества изделий // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2019. Вып. 12. С. 37–41.
4. Navinchandra D. Design for Environmentability // *Design Theory and Methodology*. 1991. Vol. 31. Pp. 119–125.
5. Rose C.M., Beiter K.A., Ishii K., Masui K. Characterization of product end-of-life strategies to enhance recyclability // *In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Sep 13–16, 1998. Vol. 80340. P. V004T04A009.
6. Dostatni E., Diakun J., Hamrol A., Mazur W. Application of agent technology for recycling-oriented product assessment // *Industrial Management & Data Systems*. 2013. Vol. 113. No. 6. Pp. 817–839. DOI: 10.1108/IMDS-02-2013-0062
7. Долгов С.И., Савинов Ю.А., Никитенко А.А., Бартенев С.А. Важный инструмент расширения российского экспорта машинотехнической продукции // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2019. № 10. С. 26–39.
8. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Перспективы стандартизации информационного пространства умного города // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2022. № 2 (66). С. 4–11.
9. Аристова Н.А. Концепция «Экодизайна» (экологического проектирования) в правовом регулировании энергоэффективности в ЕС // *Инновации и инвестиции*. 2013. № 6. С. 121–125.
10. Аронов И.З., Гаряев А.Б., Жиляев К.А. Как предприятию оценить уровень своей энергетической эффективности // *Стандарты и качество*. 2015. № 9. С. 88–92.



11. Сысоева Е.А. Экодизайн энергопотребляющей продукции – эффективный инструмент управления энергоэффективностью и экологической безопасностью // Экономическая безопасность и качество. 2018. № 2 (31) С. 73–80.
12. Ломакин М.И., Докукин А.В., Гарин А.В., Сыромятников А.Е. Роль национально ориентированного подхода к разработке ESG-стандартов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2 (66). С. 22–25.
13. Охтилев М.Ю., Мустафин Н.Г., Миллер В.Е., Соколов Б.В. Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2014. Т. 57. № 11. С. 7–15.
14. Куприков Н.М. Практические особенности повышения конкурентоспособности за счет применения международных стандартов циркулярной экономики в деятельности российских высокотехнологичных компаний // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 3(61). С. 8–12.
15. Polverini D. Regulating the circular economy within the ecodesign directive: Progress so far, methodological challenges and outlook // Sustainable Production and Consumption. 2021. Vol. 27. Pp. 1113–1123. DOI: 10.1016/j.spc.2021.02.023

## A EUROPEAN APPROACH TO REGULATION OF PRODUCT DESIGN IN CONSIDERING ENVIRONMENTAL ASPECTS

**Aronov I.Z.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, MGIMO University, FSBI «RST»

**Rybakova A.M.**, Candidate of Biological sciences, assistant professor, MGIMO University, FSBI «RST»

*The article presents an analysis of the European experience in regulating product design goods, taking into account environmental aspects, which are covered by the special term «eco-design». Ecodesign was originally introduced as a DfE (Design for Environment) environmentally oriented design methodology to reduce the impact of machines on the environment. The main principles of product policy in Europe are considered and it is concluded that a single universal approach to establishing requirements for goods at all stages of their life cycle, including design, operation and disposal, has not yet been developed. At present, products related to energy consumption are regulated in the most detailed way. It seems that elements of the European concept of «eco-design» can be used to improve the legal and regulatory framework for improving energy efficiency within the EAEU. In particular, the requirements for ecodesign can be established directly in the technical regulations of the Union. In this case, it is advisable to make maximum use of the provisions of GOST R 57328–2016/IEC Guide 109:2012, GOST R 56861–2016, GOST R 57326–2016/ISO/TR 14062:2002, etc. Proposals for further improvement of the EAEU technical regulation system in terms of «eco-design» are given.*

**Keywords:** ecodesign, European product policy, design requirements, EU ecodesign Directive.

### References

1. Keoleian G.A., Menerey D. Sustainable Development by Design: Review of Life Cycle Design and Related Approaches. Air & Waste, 1994, vol. 44:5, pp. 645–668. DOI: 10.1080/1073161X.1994.10467269
2. Kadyrova L.Sh., Mkrtchyan A.F. The choice of recycling indicators in the set of car quality indicators. Intelligent systems in production, 2013, no. 2(22), pp. 57–62.
3. Ivakhnenko E.A. Inclusion of environmental aspects in the quality function deployment method of products. News of the Tula State University. Technical science, 2019, vol. 12, pp. 37–41.

4. Navinchandra D. Design for Environmentability. *Design Theory and Methodology*, 1991, vol. 31, pp. 119–124.
5. Rose C.M., Beiter K.A., Ishii K., Masui K. Characterization of product end-of-life strategies to enhance recyclability. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Sep 13–16, 1998, vol. 80340, p. V004T04A009.
6. Dostatni E., Diakun J., Hamrol A., Mazur W. Application of agent technology for recycling-oriented product assessment. *Industrial Management & Data Systems*, 2013, vol. 113, no. 6, pp. 817–839. DOI: 10.1108/IMDS-02-2013-0062
7. Dolgov S.I., Savinov YU.A., Nikitenko A.A., Bartenev S.A. Vazhnyj instrument rasshireniya rossijskogo eksporta mashinotekhnicheskoy produkcii. *Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik*, 2019, no. 10, pp. 26–39.
8. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Perspektivy standartizacii informacionnogo prostranstva umnogo goroda. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2022, no. 2(66), pp. 4–11.
9. Aristova N.A. Konceptiya "Ekodizajna" (ekologicheskogo proektirovaniya) v pravovom regulirovanii energoeffektivnosti v ES. *Innovacii i investicii*, 2013, no. 6, pp. 121–125.
10. Aronov I.Z., Garyaev A.B., Zhilyaev K.A. Kak predpriyatiyu ocenit' uroven' svoej energeticheskoy effektivnosti. *Standarty i kachestvo*, 2015, no. 9, pp. 88–92.
11. Sysoeva E.A. Ekodizajn energopotrebyayushchej produkcii – effektivnyj instrument upravleniya energoeffektivnost'yu i ekologicheskoy bezopasnost'yu. *Ekonomicheskaya bezopasnost' i kachestvo*, 2018, no. 2(31), pp. 73–80.
12. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Garin A.V., Syromyatnikov A.E. The role of a nationally oriented approach to the development of ESG standards. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*, 2022, no. 2(66), pp. 22–25.
13. Ohtilev M.YU., Mustafin N.G., Miller V.E., Sokolov B.V. Konceptiya proaktivnogo upravleniya slozhnymi ob"ektami: teoreticheskie i tekhnologicheskie osnovy. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie*, 2014, vol. 57, no. 11, pp. 7–15.
14. Kuprikov N.M. Practical features of increasing competitiveness through the use of international standards of the circular economy in the activities of Russian high-tech companies. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*, 2021, no. 3(61), pp. 8–12.
15. Polverini D. Regulating the circular economy within the ecodesign directive: Progress so far, methodological challenges and outlook. *Sustainable Production and Consumption*, 2021, vol. 27, pp. 1113–1123. DOI: 10.1016/j.spc.2021.02.023

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

**Глебова Е.В.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управления техническими системами» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

**Лаптева Е.П.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управления техническими системами» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

*Предлагается методический подход к количественной оценке рисков межфункциональных взаимодействий для предприятий общественного питания. В качестве рабочей гипотезы выдвинуто предположение о том, что количественной оценкой риска может служить стоимостной критерий, зависящий от уменьшения посещаемости предприятия вследствие возникновения определенного риска и величины среднего чека предприятия. В рамках исследования проведен анализ нормативного обеспечения менеджмента риска и традиционных подходов к количественной оценке рисков. В результате исследования предложен подход к количественной оценке рисков межфункциональных взаимодействий, позволяющий создать структурированный подход к выявлению подобных рисков, а также понимание их последствий с экономической точки зрения для предприятия и как следствие разработки и принятия предупредительных и корректирующих мероприятий.*

**Ключевые слова:** предприятия общественного питания, менеджмент риска, межфункциональные взаимодействия, риск обслуживания.

## ВВЕДЕНИЕ

Понятие «Менеджмент риска» сегодня прочно вошло в нашу повседневную жизнь, а мероприятия, проводимые в рамках менеджмента риска, являются актуальными в системах управления различных субъектов хозяйственной деятельности. История развития менеджмента риска имеет достаточно глубокие исторические корни, связывающие данную деятельность с методологией управления качеством, квалиметрией, статистическими методами контроля качества и т.д. За период становления менеджмента риска, как отдельного вида деятельности сформировался целый ряд нормативных документов по управлению рисками и методами их оценки. На территории нашей страны деятельность в области менеджмента риска регулируется рядом нормативных документов, таких как ГОСТ Р 51705.1–2001 «Система качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», ГОСТ Р 51897–2021 «Менеджмент риска. Термины и определения», ГОСТ Р МЭК 62198–2015 «Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании» [1, 2, 3].

Данные нормативные документы регулируют деятельность по управлению рисками и могут использоваться в качестве рекомендаций по формированию идеологии, стратегии и целей в области управления рисками для организаций и предприятий. Однако механизм адаптации положений вышеуказанных нормативных документов к конкретному виду хозяйственной деятельности практически отсутствует.

## ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Рынок общественного питания всегда являлся рынком повышенного риска, что определяется его зависимостью от степени удовлетворенности потребителя не только качествами блюд, но и компетентностью обслуживающего персонала. Данное обстоятельство является спецификой деятельности общественного питания, заключающейся в наличии на предприятиях общественного питания двух обособленных и осуществляемых параллельно видов деятельности: производственной и обслуживающей. Соответственно мероприятия по менеджменту риска требуют интеграции в каждое направление деятельности как производственной, так и обслуживающей.

С производственной деятельностью, как правило, у предприятий общественного питания (далее ПОП) проблем не возникает, так как ГОСТ Р 51705.1–2001 «Система качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» дает исчерпывающие ответы на все вопросы, связанные с разработкой, внедрением и поддержанием работоспособности системы менеджмента риска интегрированной в производственный процесс при производстве кулинарной продукции.

В свою очередь, вопросы связанные с повышением качества обслуживания на ПОП, а также разработкой и внедрением элементов менеджмента риска на ПОП, являются популярным направлением исследователей, которому посвящено множество работ теоретиков и практиков. Проведенный анализ работ в данной области позволил выявить, что основная часть их посвящена идентификации возможных рисков событий и причин к ним приводящим при взаимодействии «работник ПОП – клиент», что безусловно является объективным. Однако при таком подходе, как правило, остаются без внимания рисковые события, возникающие при взаимодействии «работник ПОП – работник ПОП», при осуществлении которых происходит снижение качества блюда, а в отдельных ситуациях нарушаются требования к безопасности предоставления услуг общественного питания. Данный вид рисков относится к так называемым рискам межфункциональных взаимодействий, возникающих в процессе обслуживания на ПОП при взаимодействии работников различных структурных подразделений ПОП, например, кухни и зала. Ранее нами был разработан методический подход по управлению рисками межфункциональных взаимодействий включающий рекомендации по их идентификации, описанию, рассмотрению возможных последствий [4]. Как правило, данные виды риска не «лежат на поверхности», их идентификацию следует начать с анализа организационной структуры предприятия, штатного расписания, должностных инструкций, правил внутреннего распорядка работников и т.д.

Как правило, качественная оценка выявленных рисков включающая поиск рискового события к нему приводяще-

го (причина риска), оценка последствий его возникновения, разработка мероприятий по уклонению от возникновения рисков ситуации, у исследователей не вызывает затруднений. Однако управление рисками затрагивает не менее важную роль в области менеджмента риска, которая заключается в возможности количественной оценки рисков, в нашем случае рисков межфункциональных взаимодействий, серьезности последствий наступления подобных рисков событий, а также оценки вероятности возникновения различных причин рискового события и как следствие, оценки вероятности развития самой рисков ситуации.

Для количественной оценки рисков традиционно используется выражение 1 [5]:

$$CP = OB_p \times OB_z, \quad (1)$$

где:  $CP$  – серьезность риска;  
 $OB_p$  – оценка вероятности;  
 $OB_z$  – оценка воздействия.

Оценку вероятности и оценку воздействия в соответствии со стандартной методикой проводят с использованием балльных шкал. Для оценки вероятности используется экспертный метод с применением нечисловой шкалы вероятности, например, 5-балльной (табл. 1) [6].

В качестве оценки воздействия рисков межфункциональных взаимодействий на процесс обслуживания процесса обслуживания на ПОП предлагается стоимостной критерий, зависящий от уменьшения посещаемости предприятия в связи с определенным риском и величины его среднего чека, для расчета стоимостного критерия предложено использовать выражение 2:

$$СКр = Y_n \times СЧ, \quad (2)$$

где:  $СКр$  – стоимостной критерий риска;  
 $Y_n$  – уменьшение посещаемости в расчетном периоде;  
 $СЧ$  – средний чек.

Таблица 1

Балльная шкала оценки вероятности рисков

БАЛЛЫ	ЗНАЧЕНИЕ	КРИТЕРИЙ
1	Весьма маловероятно	Все указывает на то, что это событие не произойдет
2	Маловероятно	Вероятность наступления события ничтожно мала
3	Вероятно	Шансы того, что событие наступит и не наступит, равны
4	Весьма вероятно	Шансы, что событие наступит, очень велики
5	Почти наверняка	Всё указывает на то, что событие произойдет



Уменьшение посещаемости в расчетном периоде и средний чек являются индивидуальными характеристиками каждого отдельно взятого ПОП и рассчитываются применительно для каждого предприятия.

Уменьшение посещаемости предлагается рассматривать как показатель влияния конкретного риска на количество посетителей предприятия. Для распределения балльных значений предлагается использовать функцию желательности Харрингтона, т.к. ее стандартные отметки соответствуют пятибалльной шкале, выбранной для оценки воздействия рисков [7]. Уменьшение посещаемости рассчитывается с помощью выражения 3:

$$Уп = k \times СПобщ \quad (3)$$

где:  $k$  – коэффициенты функции желательности Харрингтона;  
 $СПобщ$  – общая средняя посещаемость за расчетный период.

Общую среднюю посещаемость предлагается рассматривать как произведение средней посещаемости одним посетителем на общее количество посетителей в расчетном периоде и рассчитывать с помощью выражения 4:

$$СПобщ = СП \times хп, \quad (4)$$

где:  $СП$  – средняя посещаемость одним посетителем;  
 $хп$  – количество посетителей.

Средняя посещаемость одним посетителем и количество посетителей являются индивидуальными характеристиками ПОП, которые могут быть установлены статистически или экспертным методом. Статистический метод более желателен ввиду его повышенной точности. Экспертный метод подойдет для предприятий, на который нет возможности собирать статистические данные для этого показателя.

Общая средняя посещаемость должна быть равна количеству чеков за расчетный период.

Средний чек – денежный показатель эффективности работы ПОП в пересчете на одного гостя, который рассчитывается с помощью выражения 5 [8, 9]:

$$СЧ = \frac{СВ}{КЧ} \quad (5)$$

где:  $СВ$  – сумма выручки;  
 $КЧ$  – количество чеков.

Для оценки воздействия риска была разработана балльная шкала, в которой оценочные баллы распределялись в зависимости от стоимости риска для предприятия. При этом наивысший балл присваивается риску, имеющему катастрофические последствия, что эквивалентно потери лояльности клиента и его полного отказа от услуг ПОП. Для расчета величины стоимостного критерия рисков, имеющих менее серьезные последствия, были предложены коэффициенты, в качестве которых использовались стандартные отметки шкалы функции желательности Харрингтона для расчета уменьшения посещаемости (таблица 2) [7].

В соответствии с балльными шкалами таблиц 1 и 2 проводится экспертная оценка вероятности и воздействия каждого риска. Рекомендуется создавать группы экспертов, состоящие из представителей различных структурных подразделений ПОП, для получения максимально правдивой и всесторонней оценки. Общая оценка каждого риска рассчитывается с помощью выражения 6:

$$ООБЩ = \frac{СБ}{КЭ}, \quad (6)$$

где:  $ООБЩ$  – общая оценка риска;  
 $СБ$  – сумма баллов;  
 $КЭ$  – количество экспертов.

Таблица 2

Балльная шкала количественной оценки воздействия рисков

БАЛЛЫ	ПОСЛЕДСТВИЯ	ТЕХНИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ	КРИТЕРИИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМУЛЫ
1	Минимальные	Очень слабое или нулевое воздействие	Лояльный клиент, придет в любом случае	0,2–0
2	Слабые	Слабое воздействие	Клиент не будет приходить определенное время	0,37–0,2
3	Умеренные	Среднее воздействие	Клиент будет приходить редко	0,63–0,37
4	Критичные	Значительное воздействие	Клиент будет приходить крайне редко	0,8–0,63
5	Катастрофические	Весьма значительное воздействие	Клиент больше не придет	1–0,8

В итоге проведения экспертной оценки вероятностного и стоимостного будут получены данные позволяющие с использованием выражения 1 получить числовое выражение серьезности каждого риска.

Данный методический подход к количественной оценке серьезности рисков межфункциональных взаимодействий позволит ПОП разработать план реагирования на риски с учетом последовательности основанной на их количественном выражении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая все вышесказанное, следует отметить, что предложенный в данной статье методический подход к коли-

чественной оценке рисков межфункциональных взаимодействий на ПОП позволяет создать структурированный подход к выявлению подобных рисков, а также облегчить визуализацию понимания их последствий с экономической точки зрения для предприятия. Что в свою очередь обеспечит своевременную разработку и принятие предупредительных и корректирующих мероприятий, что в конечном итоге приведет к повышению удовлетворенности потребителей услугами общественного питания, а предприятиям данной сферы деятельности обеспечит гарантированную прибыль.

## Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ Р 51705.1–2001 Система качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования от 23.01.01 № 31-ст: дата введения: 2001–07–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007424> – Текст: электронный.
2. ГОСТ Р 51897–2021 Менеджмент риска. Термины и определения от 11.11.21 № 1489-ст: дата введения: 2022–03–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181662>. – Текст: электронный.
3. ГОСТ Р МЭК 62198–2015 Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании от 20.11.15 № 1910-ст: дата введения: 2016–07–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127205> Текст: электронный.
4. Глебова Е.В., Лаптева Е.П., Лисаковская М.А. Управление рисками межфункциональных взаимодействий процесса обслуживания на предприятиях общественного питания: практические и методические аспекты. Менеджмент и бизнес-администрирование. 2020. № 1. С. 63–74.
5. Буянов В. П. Управление рисками (рискология) / В.П. Буянов, К.А. Кирсанов, Л.А. Михайлов. – М.: Экзамен, 2002. – 384 с.
6. Кудрявцев А.А. Интегрированный риск-менеджмент / А.А. Кудрявцев. – М.: Экономика, 2010. – 655 с.
7. Адлер Ю.А., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
8. Лоусан Ф. Рестораны, клубы, бары: планирование, дизайн, управление / Ф. Лоусан. – М.: Проспект, 2004. – 392 с.
9. Никифорова Т.А. Проектирование предприятий общественного питания / Т.А. Никифорова, Д.А. Куликов,

# DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL APPROACH TO QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE RISKS OF CROSS-FUNCTIONAL INTERACTIONS IN FOOD SERVICE ENTERPRISES

**Glebova E.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, Dalrybvtuz

**Lapteva E.P.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, Dalrybvtuz

*In the struggle for customer loyalty, service risks are of particular importance for public catering enterprises, in the daily work with which, as a rule, risky situations arising from the interaction of production and maintenance personnel (interfunctional interactions), i.e. between the personnel of various structural units, are not taken into account. The lack of regulation of such interactions often leads to the emergence of risk situations at the points of interaction, which in turn becomes the reason for the consumer's refusal to return to the institution. The proposed methodological approach to the quantitative assessment of the risks of cross-functional interactions for public catering establishments will create a structured approach to identifying such risks, as well as understanding their consequences from an economic point of view for the enterprise. As a working hypothesis, the assumption is put forward that a cost criterion can serve as a quantitative assessment of risk, depending on a decrease in the attendance of the enterprise due to the occurrence of a certain risk and the size of the average check of the enterprise. Within the framework of the study, an analysis of the regulatory support of risk management and traditional approaches to quantitative risk assessment was carried out.*

**Keywords:** public catering enterprises, risk management, inter-functional interactions, service risk.

## References

1. GOST R 51705.1–2001 Quality system. Quality management of food products based on HACCP principles. General requirements from 23.01.01 No 31-st: date of introduction: 2001–07–01–URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007424> – Text: electronic.
2. GOST R 51897–2021 Risk Management. Terms and definitions dated 11.11.21 No. 1489-st: date of introduction: 2022–03–01 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181662> – Text: electronic.
3. GOST R IEC 62198–2015 Project management. Guidelines for the application of risk management in the design of 20.11.15 No. 1910-st: date of introduction: 2016–07–01– URL <https://docs.cntd.ru/document/1200127205> – Text: electronic.
4. Glebova E.V., Lapteva E.P., Lisakovskaya M.A. Risk management of interfunctional interactions of the service process at public catering enterprises: practical and methodical aspects. Management and business administration. 2020. № 1. Pp 63–74.
5. Buyanov V. P. Risk Management (riskology) / V.P. Buyanov, K.A. Kirsanov, L.A. Mikhailov. – M.: Ekspera, 2002. – 384 p.
6. Kudryavtsev A.A. Integrated risk-management / A.A. Kudryavtsev – M.: Ekonomika, 2010. – 655 p.
7. Adler Yu.A., Markova E.V., Granovsky Yu.V. Planning of the experiment in the search for optimal conditions. – M.: Nauka, 1976. – 280 p.
8. Lousan F. Restaurants, clubs, bars: planning, design, management / F. Lousan – M.: Prospekt, 2004. – 392 p.
9. Nikiforova T.A. Designing enterprises of public policy / T.A. Nikiforova, D.A. Kulikov, V.G. Korotkov. – Orenburg: OSU, 2012. – 161 p.

## ГРАДАЦИИ КАЧЕСТВА ТОРГОВЫХ УСЛУГ

**Гутникова О.Н.**, канд. эконом. наук, доцент кафедры маркетинга, торгового и таможенного дела Института экономики и управления Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского

*В статье рассматриваются нормативные определения терминов в области качества товаров. Представлены алгоритмы восприятия качества услуги покупателем. Исследуются научные подходы к определению понятий «градации качества» и «категории качества», отмечены расхождения и неточности в нормативных терминологиях, дано авторское толкование терминов. Предложен подход к дифференциации видов градации товара в зависимости от оцениваемых характеристик. Отмечены различия подходов к градации качества товаров и услуг. Предпринята попытка градации торговых услуг по уровню предоставления. Определены категории и классы качества услуг, проведена градация их уровня в зависимости от степени удовлетворенности покупателей – получателей услуги. Новизна исследования состоит в авторской разработке подхода к градации качества торговых услуг и трактовке термина «градация качества торговых услуг».*

**Ключевые слова:** торговые услуги, качество торговой услуги, категории качества, градация качества, уровень торгового обслуживания.

### ВВЕДЕНИЕ

Качество товара, как экономическая категория, обозначает набор свойств, обуславливающих пригодность для потребления. Основное различие понятий «качество товара» и «качество торговых услуг» заключается в том, что для товара характерно наличие свойств, которые удовлетворяют потребности покупателя, выражаются в отдельных объективных показателях, определяющих уровень этих свойств. Для торговой услуги понятие «качество» означает преимущественно наличие свойств, которые в наибольшей степени удовлетворяют потребности отдельно взятого покупателя. Качественным считается товар, соответствующий своему назначению – выполняющий все заложенные в него функции. Услуга воспринимается с позиции качества исключительно на основе формы реализации с учетом покупательских запросов (уровень покупательской осведомленности, привычки покупателя, эмоциональное состояние и т.д.). Таким образом, качество торговой услуги – понятие субъективное, поэтому оценить его сложно.

Исходя из трех основных градаций качества потребительские товары подразделяются на стандартные, нестандартные, т.е. не отвечающие установленным требованиям по одному или нескольким показателям качества, и отходы (брак). Под термином «градация» в этом случае следует понимать категории товара одного наименования, которые различаются установленными значениями показателей качества. Градации отражают предусмотренное или регламентируемое различие требований к качеству, которые, в свою очередь, устанавливают вза-

имосвязь функционального использования и затрат. Согласно ряду научных публикаций, посвященных градации качества товаров, при установлении уровня определяют три категории: высшая, первая и вторая. В некоторых случаях в качестве категорий выступают сорта, марки, классы, разряды и прочее. Градация качества и деление на категории торговых услуг не предусмотрены, поэтому усложняются процессы оценки качества, определения соответствия уровня предоставления регламентируемым показателям, невозможна разработка единой методологии оценки качества. Все это обусловило актуальность исследования, цель которого – дифференцировать торговые услуги по уровню предоставления с делением их на категории и классы.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно нормативному подходу качество товара (продукции/услуг/работ) – это «...совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». Качество любого товара определяется по характерным для него свойствам, которые называют показателями качества. Под термином «показатель качества» понимается «...количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления».<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГОСТ 15467–79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. Действующий. Введен в действие 01.07.1979. Электронный текст документа подготовлен АО «Кодекс» и сверен по: официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2009. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001719>.

Данное определение, применимое к материальным объектам, таким как товары, продукция, сырье, характеризует их количественную степень пригодности к использованию. В случае торговой услуги понятие «качество» предполагает «...совокупность характеристик или показателей качества услуги, определяющих ее способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности потребителя».<sup>2</sup> Показатель качества услуги рассматривается как «...количественная или качественная характеристика одного или нескольких свойств услуги, определяющих ее способность удовлетворять потребности потребителя». Услуга в большинстве случаев нематериальна, показатель качества отображает ее количественную характеристику, которая выражается в общем качественном эффекте, представляющем собой сформировавшееся отношение покупателя в целом к работе предприятия торговли [1, с. 79].

Различие в определениях продиктовано свойством товара и услуги: в первом случае это осязаемая вещь, предназначенная для обмена и превращения товарной массы в денежную, в другом случае – неосязаемое благо, действия, необходимые для оптимизации процесса превращения [2]. Можно сделать вывод, что качество товара и качество торговой услуги, понятия хотя и близкие, но характеризуют разные свойства объекта, при этом они неразрывно связаны между собой и оказывают влияние друг на друга.

Качество в экономике рассматривается с пяти позиций, применимых преимущественно к товару. Однако в отношении торговых услуг качество также можно определять с учетом отдельных сторон его восприятия:

- субстратная характеристика качества торговой услуги, предполагает «примитивное» представление ее общих характеристик, таких как время, размер и т. д.;
- предметная характеристика качества торговой услуги рассматривается с позиции наличия возможностей изменять свойства в зависимости от потребностей;
- системная характеристика качества торговой услуги предполагает влияние внешней системы на ее структуру и возможность сохранять в этих условиях учитываемые свойства (устойчивость услуги);
- функциональная характеристика качества торговой услуги отображает степень выполнения услугой своего назначения в зависимости от набора функциональных составляющих;
- интегральная характеристика качества торговой услуги ориентирована на целостный охват вышеперечисленных ориентиров при оценке ее качественных характеристик, выражающихся в общем эффекте, который получает пользователь данной услуги.

<sup>2</sup> ГОСТ Р 50646–2012. Услуги Населению. Термины и определения. Действующий. Введен в действие 01.01.2014. Электронный текст документа подготовлен АО "Кодекс" и сверен по: официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200102288>.

В рамках нормативного подхода к исследованию основных терминов, применимых в области оценки качества товаров, недостаточно обоснована система градации качества, выявлены некоторые неточности. Определение понятия «градация» применительно к качеству ранее было дано в ГОСТ Р ИСО 9000-2008, согласно которому «...градация (grade): класс, сорт, категория или разряд, соответствующий различным требованиям к качеству продукции, процессов или систем, имеющих то же самое функциональное применение». В 2013 году стандарт был отменен и заменен на ГОСТ Р ИСО 9000-2015, в котором под градацией товара понимается «...категория или класс, соответствующие различным требованиям к объекту, имеющему одинаковое функциональное применение». Предыдущий стандарт предусматривал деление на классы, сорта, категории и разряды в зависимости от соответствия требованиям по качеству, нововведенный ограничивается делением на классы и категории без акцента на виде и направленности требований.

При сравнении указанных документов возникает вопрос – что конкретно понимается под градацией и на основании соответствия каким показателям она осуществляется. Обобщив положения этих стандартов, можно сделать вывод, что теперь внимание не акцентируется на качественных характеристиках, под градацией понимается деление однородных товаров в зависимости от уровня их соответствия установленным или нормируемым требованиям на отдельные параметрические ряды.

В роли параметрических рядов могут выступать сорта, марки, классы и др. Следовательно, установление того или иного параметрического ряда зависит от качественной характеристики товара или нормируемых параметров. В этом случае цель и средства градации различаются. Например, качественная градация применима преимущественно к сортам, которые устанавливаются в зависимости от количества, видов и значений допускаемых отклонений. При этом марка товара в большинстве случаев не связана с отклонениями показателей от установленных норм. В частности, по стандарту марка манной муки (М, Т, МТ) устанавливается в зависимости от вида пшеницы, использованной для производства, а различия товаров связаны с потребительскими характеристиками – внешним видом крупы (ее цветом), крупностью помола и зольности. Следовательно, нельзя определить, какая марка крупы является более качественной, так как с потребительской позиции применим термин «ценность», т. е. зависимость потребительских свойств каждой марки крупы от состава, характеризующего область применения. В результате, проводя градацию манной крупы путем деления на марки, определяется ценность продукта в зависимости от того, какое сырье использовалось, при этом качество товара для каждой марки одинаковое.



Для устранения неточностей в понимании градации качества товаров автором статьи предложена дифференциация подходов к определению термина в зависимости от оцениваемых параметров (рис. 1).

Как следует из рис. 1, в основу градации товаров на параметрические ряды должна быть положена зависимость вида ряда от оцениваемых характеристик. Будет понятно, что сорт товара обозначает его качественные характеристики, марки и классы – наличие потребительских свойств, разряды и категории – сложность и технологич-

ность производства, а также качество технологического процесса. В результате можно дифференцировать градацию товара по следующим направлениям:

- качественная градация предусматривает деление на товары высокого и низкого качества;
- ценностная (потребительская) градация предполагает деление на товары, обладающие более или менее ценными для потребителя характеристиками;
- техническая (технологическая) градация предусматривает деление на товары стандартные, нестандартные и брак (отходы).



Рис. 1. Подход к дифференциации видов градации товара

Изменение параметрического ряда возможно для качественной и технической градации.

При исследовании ряда нормативно-правовых актов, положений в области градации товаров были выявлены неточности трактовки понятия «категория качества». Например, в стандарте указано, что категория качества продукции – это «...градация качества продукции определенного вида, устанавливаемая при государственной аттестации. Отнесение объектов аттестации к категориям качества производится по критериям, представляющим совокупность показателей. Обобщенными предметными показателями качества продукции называются показатели ее технического уровня, т. е. показатели, характеризующие техническое совершенство продукции, в том числе стабильность технологического процесса производства продукции и технические приемы ее использования». Следовательно, градация товаров на категории зависит от технологичности процесса производства, а категория – от оцениваемых критериев. Возникает вопрос – на какие категории делятся товары. В то же время часть то-

варов (преимущественно продовольственные) не могут быть поделены на категории, поскольку их характеристики не зависят от технологичности процесса производства. Это касается, например, свежей плодоовощной продукции, мясной или рыбной, качественные характеристики которой изменчивы на всем этапе ЖЦП и зависят от большого количества факторов, в том числе транспортировки, условий хранения и реализации.

Таким образом, деление товара на категории приемлемо только для продукции, проходящей государственную аттестацию – систему организационно-технических и экономических мероприятий, предусматривающих отнесение продукции к категориям качества. Следовательно, под категорией качества товара нерационально рассматривать сорта и марки.

Обобщая полученные результаты, отметим, что градация качества товара – это деление однородных товаров на параметрические ряды в зависимости от их соответствия требованиям или нормируемым показателям. На практи-

ке, исходя из оцениваемых параметров и поставленных целей, градация может носить качественный, потребительский или технологический характер. Категория качества товара – это вид параметрического ряда, характеризующий уровень технического совершенства продукции и технологичности ее использования.

С позиции градации торговых услуг нормативное определение терминов не дано в действующих стандартах, что предполагает их предварительное отнесение к категории товаров. С учетом специфичности торговых услуг отметим, что градация их на параметрические ряды должна носить индивидуальный характер. Если в отношении товара применимо понятие высокое, среднее, низкое качество, а в зависимости от направленности градации устанавливаются сорт, класс, разряд или категория товара, то для торговых услуг подобная градация не может применяться. Ведь к услугам не применимы такие понятия, как сорт или марка, а методика отнесения их к тому или иному классу или категории не разработана. В результате подход к градации торговых услуг должен быть основан на оценивании показателей, характеризующих степень удовлетворенности покупателя услугой, а также технологичности ее исполнения.

Попытки дифференциации торговых услуг по уровню предоставления были предприняты ученым Самсоновым Л., предложившим применять понятия «идеальное и реальное качество». Под «идеальным качеством» ученый понимал полное соответствие потребностям и ожиданиям потребителей, «реальное качество» в его трактовке отражало степень соответствия фактических возможностей и ресурсов предприятия [3].

Предложенное деление условно, так как покупатели могут воспринимать одни и те же услуги по-разному, в зависимости от потребностей оценивать одновременно идеальное и реальное качество, а изменчивость услуг во времени не дает возможности прочно закрепить уровень качества той или иной услуги или ее составляющих. Применение подобного подхода к градации затруднительно из-за невозможности установить четкие показатели, позволяющие определять степень идеальности.

Дифференциация услуг по уровню качества отмечается в труде Гроноос К. Ученый выделил два типа качества предоставления услуг: техническое, или реально получаемое потребителем, и функциональное, учитывающее особенности получения услуг с позиции качественного представления [4]. Данная градация аналогична подходу, предполагающему классификацию на услуги реального и идеального качества, с той разницей, что в основу градации положена выполняемая функциональность услуги. Исходя из оценки подходов к градации качества услуг, авторы указанных трудов придерживаются концепции,

которая сопоставима с рядом разработанных моделей оценки, отражающих степень ожидания потребителя и уровень фактического предоставления услуги, без учета регламентируемых показателей, характеризующих ее качественные характеристики.

Для градации качества торговых услуг рационально применять подход, учитывающий степень ее наполненности, следовательно уровень может быть оценен как высокий, достаточный, удовлетворительный и неудовлетворительный. Иначе говоря, качество услуги – это набор действий и форма их выполнения в зависимости от запроса покупателя и вида исполнения на протяжении определенного времени. Учитывать удовлетворенность покупателя той или иной торговой услугой в отрыве от факта ее предоставления – субъективно. Качество торговой услуги в этом случае как экономическая категория выражает набор действий, которые способствуют организации рационального торгового процесса с обеспечением условий максимального удовлетворения потребностей покупателя в приобретаемом товаре, трансформирующихся со временем под покупательские запросы, при этом улучшающих общее восприятие работы торгового предприятия в целом [5].

Градация качества торговых услуг должна осуществляться комплексно с учетом качественных, потребительских и технических характеристик услуги. Иными словами, в рамках градации качества услуги должны устанавливаться ее категория и класс, зависящие от уровня выполнения отдельных операций, сложности состава и совершенства предоставления услуги, а также степени удовлетворения потребителя (рис. 2).

Согласно рис. 2, при градации услуги должны устанавливаться ее класс и категория. Так, например, доставка товара на дом может быть отнесена к услугам высокотехнологической категории, с достаточным классом предоставления. И наоборот, консультация может считаться низкотехнологической услугой, но высокого класса предоставления. Опираясь на подобную градацию, следует устанавливать стоимость (цену) услуги, а также определять показатели, характеризующее ее качество.

При определении класса услуги необходимо учитывать, с одной стороны, ее соответствие нормам (если таковые предусмотрены) или эталонам-образцам, а с другой – результатам услуги, выраженным в степени удовлетворения потребителя. Чем лучше эффект, тем выше класс оказанной услуги. При оценивании эффекта можно использовать классические социологические, аналитические методы и установленные показатели [6–8]. Категория услуги должна устанавливаться исходя из степени привлечения технических средств на ее оказание, сложности предоставления, наличия или отсутствия требований к квалификации персонала и т. п.

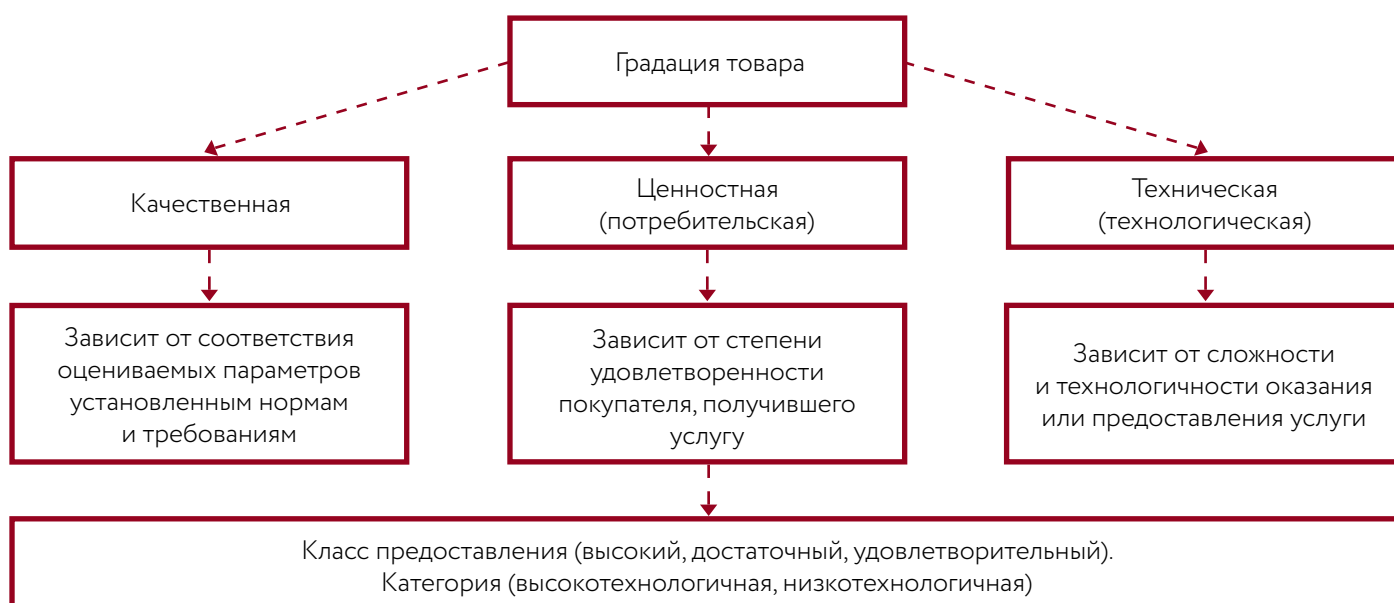


Рис. 2. Подход к дифференциации видов градации торговой услуги

Необходимо отметить, что уровень качества отдельно взятых торговых услуг формирует общий уровень торгового обслуживания, на который оказывает влияние культура обслуживания, представляющая в этом случае соответствие вербальных и невербальных действий персонала организации с учетом материально-технической базы. Культура обслуживания выступает элементом торгово-технологического процесса, состоящего из отдельных действий по созданию условий комфортности. В итоге качество обслуживания представляет собой, с одной стороны, уровень соответствия показателей культуры предъявляемым требованиям и стандартам, а с другой – степень соответствия набора и содержания отдельных торговых услуг потребительским запросам [9].

От степени соответствия уровня торговой услуги установленным нормам (стандартам обслуживания) и ожиданиям покупателей зависят градация качества, деление на классы и категории. Учитывая отсутствие определения понятия «градация качества торговой услуги», автор ста-

ть предлагает понимать под этим термином набор целостных характеристик, формируемых свойствами торговой услуги и определяющих класс и категорию, которые предполагают степень соответствия услуги требованиям нормативно-правовых актов, ожиданий покупателей и технологичности процесса предоставления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Градация качества услуг предполагает их деление на параметрические ряды в зависимости от соответствия элементов требованиям стандартов или установленных норм, степени удовлетворенности покупателя – получателя услуги и технологичности предоставления. При градации торговые услуги должны быть дифференцированы на категории и классы, на основании чего устанавливается стоимость (цена) услуги, а также определяются приоритетные показатели, учитываемые в общей оценке качества. Изменение градации услуги должно выражаться в отнесении ее к тому или иному классу, а также определении более высокой или низкой категории.

## Список использованных источников и литературы

1. Панова А.С. Качество товаров, работ, услуг как правовая категория // Журнал российского права. 2010. № 4. С. 79–85.
2. Ватолкина Н.Ш. Систематизация подходов к определению категории «Качество услуг» // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2012. № 4. С. 82.
3. Самсонов Л.А. Качество обслуживания (социально-экономический аспект). – М.: Московский рабочий, 1979. – С. 102–103.
4. Gronroos, C. An Applied Service Marketing Theory. European Journal of Marketing, 1982. – № 16. – Pp. 30–41.

5. Гутникова О.Н. Качество торговых услуг как экономическая категория в системе маркетинга // Вестник РУК. 2021. № 2 (44). С. 19–23.
6. Мариншоев М.М. Методические основы оценки показателей услуг розничной торговли // Синергия. 2017. № 5. С. 33–40.
7. Гутникова О.Н. Дегустация продукции как инструментарий органолептического анализа в системе управления качеством торговых услуг // О.Н. Гутникова, Л.Е. Павлуненко // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 6 (64). С. 68–78.
8. Хорева Л.В. Стандарты и качество обслуживания в сфере сервиса: методический подход // Л.В. Хорева, И.С. Минеева, Я.В. Шокола // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 6 (58). С. 73–79.
9. Тимирьянова В.М. Качество и культура обслуживания как фактор конкурентоспособности / В.М. Тимирьянова, Е.В. Жилина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 734–738.

## GRADATIONS OF THE QUALITY OF TRADING SERVICES

**Gutnikova O.N.**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Marketing, Trade and Customs Affairs of the Institute of Economics and Management of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

*Normative definitions of concepts in the field of goods quality are considered. Positions of perception of quality of service by the buyer are offered. A study of scientific approaches to the definition of the concepts of "grades of quality" and "categories of quality" was carried out, discrepancies and inaccuracies in normative terminologies were noted, and the author's definition of the terms was given. An approach is proposed to differentiate the types of product gradation depending on the characteristics being evaluated. Differences in approaches to the implementation of the gradation of the quality of goods and services are noted. An attempt was made to grade trade services according to the level of provision. Categories and classes of service quality are defined, their level is graded depending on the degree of satisfaction of buyers - recipients of the service. The novelty of the study is reduced to the author's development of an approach to the gradation of the quality of trade services and the proposal of his own vision regarding the definition of the term «gradation of the quality of trade services».*

**Keywords:** trading services, quality of trading services, quality categories, quality gradation, level of trading services.

### References

1. Panova, A.S. Quality of goods, works, services as a legal category // Journal of Russian Law. 2010. No. 4. Pp. 79–85.
2. Vitolkina, N.Sh. Systematization of approaches to the definition of the category «Quality of services» // Proceedings of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2012. № 4. P. 82.
3. Samsonov, L.A. Service quality (socio-economic aspect). – M.: Moskovsky worker, 1979. – Pp. 102–103.
4. Gronroos, C. An Applied Service Marketing Theory. European Journal of Marketing, 1982. – № 16. – Pp. 30–41.
5. Gutnikova, O.N. The quality of trade services as an economic category in the marketing system // Vestnik RUK. 2021. No. 2 (44). Pp. 19–23.
6. Marinshoev, M.M. Methodological bases for assessing indicators of retail services // Synergy. 2017. No. 5. Pp. 33–40.
7. Gutnikova, O.N. Tasting of products as a tool for organoleptic analysis in the system of quality management of trade services / O.N. Gutnikova, L.E. Pavlunenko // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2021. No. 6 (64). Pp. 68–78.
8. Khoreva, L.V. Standards and quality of service in the service sector: a methodological approach / L.V. Khoreva, I.S. Mineeva, Ya.V. Shokola // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2020. No. 6 (58). Pp. 73–79.
9. Timiryanova, V.M. Quality and service culture as a factor of competitiveness / V.M. Timiryanova, E.V. Zhilina. – Text: direct // Young scientist. 2015. No. 9 (89). Pp. 734–738.

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СОЦИОКИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Морозов В.П.**, д-р техн. наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО ВГТУ

**Белоусов В.Е.**, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО ВГТУ

**Сырин А.И.**, соискатель, войсковая часть 38953-к

*В статье показано, что в интересах повышения эффективности информационного обеспечения процесса управления инвестиционным портфелем социально-экономической организации целесообразно использовать информационные социокиберфизические системы, позволяющие парировать неадекватные действия лица, принимающего решения в силу его личных психологических особенностей (в первую очередь эмоциональных), обусловленные воздействием прессинга внешней среды (аномалиями, возникающими на фондовом рынке) и жёсткими временными ограничениями, накладываемыми на его действия (манипулирование активами). В интересах такого парирования предложено минимизировать ручное управление инвестиционным портфелем путём перевода информационной социокиберфизической системы в автоматический режим работы, в рамках которого решается множество частных задач. Среди них выделяется интеллектуальная задача выбора активов (облигаций, акций и др.), обеспечивающих максимальную прибыль инвестиционного портфеля в условиях аномального фондового рынка. Установлено, что решение данной задачи базируется на прогнозировании временных рядов, для реализации которого использован комитет искусственных нейронных сетей, состоящий из набора акторов – многослойных персептронов. Представлен механизм применения акторов в интересах учёта изменения доходности активов в различных условиях (времени года, времени суток и др.), основанный на проведении сегментации и кластеризации исторических данных, обучении и сохранении акторов для каждого кластера, идентификации принадлежности реальных данных выявленным кластерам и прогнозирование доходности активов по соответствующим им акторам. Предложено перспективное направление проведения исследований, предполагающее замену многослойных персептронов глубокими нейронными сетями.*

**Ключевые слова:** актор, инвестиционный портфель, искусственная нейронная сеть, кластеризация, сегментация, социокиберфизическая система.

## ВВЕДЕНИЕ

Значение эффективного управления инвестиционным портфелем (ИП) в социально-экономических организациях (СЭО) в современных условиях трудно переоценить. Финансовые инвестиции являются важным фактором экономического развития СЭО любого уровня и формы собственности.

В интересах комплексного изучения общих процессов управления ИП в СЭО предлагается рассматривать последние с позиции социокиберфизических систем (СКФС). Исторические аспекты появления и развития СКФС представлены в [1], а их определение, структура и свойства при-

ведены в [2–4]. По своему содержанию СКФС представляется, как единая система, компонентами которой являются, объединённые по месту и времени, физическая, кибернетическая и социальная подсистемы, функционирующие для достижения поставленной цели в условиях воздействия внешней и внутренней среды. Системное представление СКФС, в максимальной степени соответствует функционированию СЭО в реальных условиях, что обуславливает повышенный интерес к их изучению.

Для детального изучения информационных процессов управления ИП целесообразно рассматривать информационные социокиберфизические системы (ИСКФС), которые являются потомками СКФС. Особенности под-



держки принятия инвестиционных решений в ИСКФС представлены в [5].

Суть одной из важных выявленных особенностей заключается в том, что лицо, принимающее решения (ЛПР) в рамках управления ИП под воздействием прессинга внешней среды (аномалий, возникающих на фондовом рынке) и жестких временных ограничений, накладываемых на его действия (манипулирование ИП), в силу своих индивидуальных психологических особенностей (в первую очередь эмоциональных) может принимать неадекватные волевые решения. В результате доходность ИП СЭО может быть значительно снижена. Поскольку объем финансовых вложений в ИП СЭО может быть достаточно большим, то потери в результате принятия подобных решений могут быть существенными [4]. Поэтому в сложных (аномальных) ситуациях в интересах учета данного свойства предложено минимизировать ручное управление ИП путем перевода ИСКФС в автоматический режим работы [5]. Конфигурация ИСКФС в данном режиме работы предполагает наличие специальных частных задач, для решения которых необходимо применение искусственных нейронных сетей (ИНС) [5].

Обоснованию выбора ИНС для решения специальных частных задач управления ИП в рамках ИСКФС посвящена данная статья.

## ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

По своему функциональному назначению ИСКФС относится к категории систем поддержки принятия решений (СППР). Она реализует информационное обеспечение ЛПР на всех этапах управления ИП (подготовительном; микропрогнозном; макропрогнозном; оценочном; финальном) [5]. На каждом из этих этапов решается множество общих и частных задач. Общие задачи решаются в интересах комплексного управления ИСКФС (например, реализации интерфейсных возможностей системы, синхронизации проводимых вычислений и др.). Частные задачи решаются на каждом конкретном этапе управления ИП и носят локальный характер. К их числу относятся информационные, расчетные, информационно-расчетные и интеллектуальные задачи.

Схематичное представление процесса управления ИП СЭО в виде упорядоченной последовательности решаемых задач приведено на рис. 1.

Функционирует ИСКФС следующим образом:

Информационные потоки, поступающие из различных источников (И1...Иn) распределяются между ЛПР и наборами частных задач (НЧЗ).

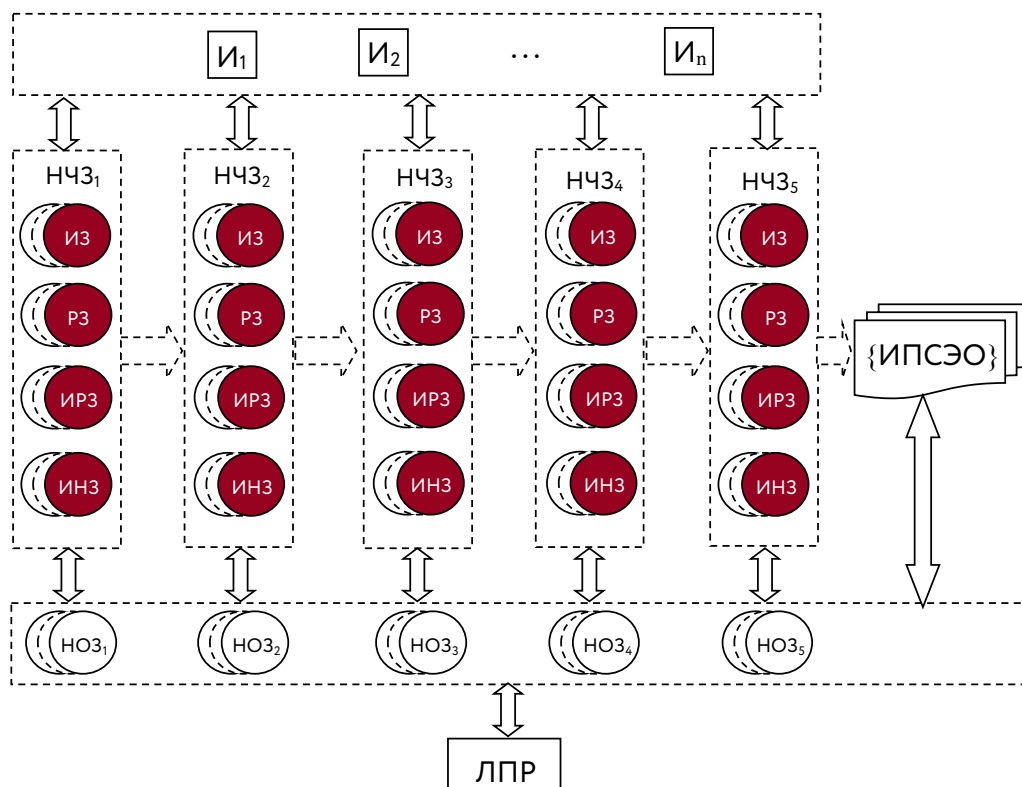


Рис. 1. Схематичное представление процесса управления ИП СЭО:

И – информационный источник, ИЗ – информационная задача, РЗ – расчетная задача, НОЗ – набор общих задач, НЧЗ – набор частных задач, ИРЗ – информационно-расчетная задача, ИНЗ – интеллектуальная задача, {ИПСЭО} – множество портфелей

Обработку и доставку информации обеспечивают наборы общих задач (НОЗ). Кроме того, НОЗ обеспечивают реализацию множества внутрисистемных функций (синхронизацию решаемых задач, обработку и сохранение промежуточных результатов решаемых задач и др.).

На каждом из этапов управления ИП СЭО, в зависимости от замысла ЛПР и конфигурации ИСКФС решается определенный НЧЗ [6]. Номенклатура НЧС и их общее содержание, приведены в [5].

Анализ НЧЗ показывает, что отдельное место среди них занимают интеллектуальные задачи (ИНЗ). По своему содержанию они ориентированы на воспроизведение экспертного опыта принятия инвестиционных решений в различных ситуациях. При этом выделяются две фундаментальные задачи.

Содержанием первой ИНЗ является своевременное выявление аномалий, происходящих на рынке ценных бумаг (РЦБ) и перевод функционирования ИСКФС из режима управления ИП для детерминированного состояния внешней среды РЦБ в режим работы, когда она является неопределенной. Данный тип ИНЗ относится к категории предиктивных, которые эффективно решаются экспертными системами. Их решение предполагает формирование набора правил, регламентирующих работу ИСКФС в различных режимах работы и их проверки в ходе ее функционирования. При этом применение ИНС необязательно.

Вторая ИНЗ заключается в выборе финансовых инструментов (облигаций, акций и др.), обеспечивающих максимальную прибыль ИП СЭО в условиях аномального РЦБ, обусловленного неопределенностью внешней среды, и корректном манипулировании ими ИСКФС в автоматическом режиме работы, либо выдаче соответствующих рекомендаций ЛПР по управлению активами в автоматизированном режиме работы.

Данный тип ИНЗ относится к классу слабоформализуемых, слабоструктурированных оптимизационных задач и традиционными методами (например, дихотомии, золотого сечения, Ньютона и др.) не может быть решен. Для решения ИНЗ такого типа целесообразно использовать методы экспертной оценки, прогнозирования временных рядов, обработки знаковых и взвешенных графов и др. [7]. В интересах реализации данных методов необходимо использовать ИНС, выбор которых является отдельной самостоятельной нетривиальной задачей. Это связано с тем, что число типов ИНС разработанных и исследованных в настоящее время исчисляется десятками. В большинстве случаев каждый из изученных типов ИНС в максимальной степени адаптирован для решения конкретной поставленной задачи [8]. При этом тиражирование кондиционной ИНС заданного типа, настроенной на решение конкретной задачи, на другую

однотипную задачу вызывает затруднения (низкая точность, проблемы переобучения и др.). Поэтому на начальном этапе решения данной ИНЗ выбор корректного типа ИНС очень важен. Выбор ИНС предполагает учет следующих особенностей (признаков) решаемой ИНЗ: вида входной информации; вида обучения сети; типа настройки весов нейронов; облика структурной модели построения сети и др.

Известно, что процесс прогнозирования доходности активов (один из этапов управления ИП СЭО) может быть представлен в виде моделей, базирующихся на математическом аппарате временных рядов [9]. Проведенные исследования показали, что для построения таких моделей целесообразно использовать многослойные перцептроны – разновидность ИНС [10, 11] и их комитеты [12].

Комитет искусственных нейронных сетей (КИНС) включает в свой состав определенную совокупность ИНС-акторов. Актор (термин из области агентно-ориентированного программирования) представляет собой многослойный перцептрон сформированный и обученный для прогнозирования доходностей актива определенного кластера.

Структурная схема обработки актива с использованием КИНС приведена на рис. 2.

В большинстве случаев доходность ряда активов на РЦБ изменяется, в зависимости от времени года (лето, осень и др.) и времени суток (утро, день и др.). Кроме того, на доходность влияют другие факторы (например, политическая обстановка, эпидемиологическая обстановка и др.). В интересах повышения эффективности управления ИП, целесообразно эти изменения учитывать. Доходность актива в условиях неопределенности внешней среды является случайной величиной, комплексной характеристикой которой является закон распределения [13]. В зависимости от условий, складывающихся на РЦБ, вид закона и его характеристики будут различаться. Учет этих условий базируется на применении ИНС-акторов. Для этого проводится сегментация и кластеризация исходных исторических данных активов для различных условий продаж, обучение на их основе ИНС-акторов и сохранение последних в базе данных.

Сегментация массива исторических данных представляет собой его деление на  $m$  сегментов. Каждый сегмент  $m_i$  это определенный дискретный набор значений актива (например, состоящий из 10 значений), используемых для построения соответствующего закона распределения. Среднее расстояние между сегментами  $d_{ij}$  (постоянная Кульбака-Ляйблера [14]), рассчитывается в соответствии с выражением (1):

$$d_{ij} (p_i(x), p_j(x)) = \sum_n \ln \left( \frac{p_1(n)}{p_2(n)} \right) p_1(n), \quad (1)$$

где  $p_1(n)$ ,  $p_2(n)$  нормальные распределения.

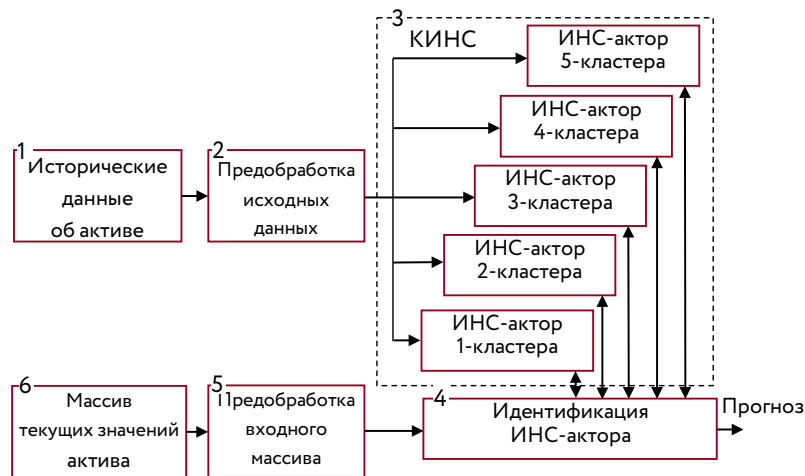


Рис. 2. Структурная схема обработки актива на основе КИНС

Математические выкладки и технологические особенности сегментации исходных данных приведены в [15].

Кластеризация проводится в интересах дальнейшей обработки полученной совокупности сегментов с целью их группирования (объединения в кластеры) по критерию подобия законов распределений доходностей. В основу кластеризации положен метод  $k$ -средних, реализация которого предполагает выбор центров кластеров на множестве выявленных сегментов [16]. Каждый сегмент представляется точкой на плоскости, координатами которой являются среднее и стандартное отклонение, соответствующего ему распределения доходности актива, как случайной величины. Число таких точек на плоскости является неоднородным. В некоторых областях плоскости плотность точек велика (наличие сгустков), а в некоторых мала (наличие разреженностей). Среди сгустков кластеров выбираются их центры. В основе выбора центра кластера лежит критерий минимального суммарного квадратичного расстояния близлежащих сегментов относительно выбранного центра [15]. Число кластеров определяется путем оценки кластерного насыщения. Последнее рассчитывается как сумма множества дистанций от центров кластеров до точек, входящих в них сегментов  $D_s$ . Технология определения кластерного насыщения реализуется путем увеличения количества кластеров и определения степени убывания функции дистанции [15], определяемой в соответствии с выражением (2):

$$D_s = \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^L f(d_i, k_{i,j}), \quad (2)$$

где  $Q$  – количество кластеров,  $L$  – количество точек в кластере,  $r_i$  – положение центра  $i$ -го кластера,  $f(d_i, k_{i,j})$  – функция изменения расстояния до кластерных центров.

Экспериментальным путем установлено, что для массива исходных данных, содержащего 100 дискрет, число выявленных кластеров не превышает пяти. Этим обусловлено число ИНС-акторов в составе КИНС.

В исполнительном режиме работы ИСКФС выполняется следующая последовательность действий. Для текущего набора данных об используемом активе определяется реальный закон распределения доходности. Затем осуществляется идентификация ИНС-актора, соответствующего данному закону распределения. На финальной стадии, на основе выбранного ИНС-актора, определяются прогнозные значения доходности используемого актива. В качестве ИНС-акторов используются многослойные перцептроны [15], а для определения прогнозных значений актива используется метод «скользящего окна» [17].

В результате проведенных экспериментов установлено, что точность прогнозирования доходности активов с использованием КИНС зависит от качества настройки ИНС-акторов (алгоритма обучения, вида функции активации нейронов и др.) и адекватности исходной информации. В ряде случаев точность прогнозной модели доходности активов с использованием КИНС почти в 2 раза превысила точность классической индексной модели У. Шарпа [15].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в интересах повышения эффективности управления ИП СЭО в части учета различных условий и состояний РЦБ, требуется решение ИНС прогнозирования доходности активов в условиях неопределенности внешней среды, основанной на применении КИНС, включающих в свой состав многослойные перцептроны. Проведенные эксперименты показали в ряде случаев ее двукратное превосходство по точности прогнозирования над индексной моделью У. Шарпа. Можно предположить, что если в ИНС-акторах вместо многослойных перцептронов использовать глубокие нейронные сети [18], то результирующий эффект (точность прогноза) будет выше. Проверка данного предположения является направлением перспективных исследований в данной предметной области.

**Список использованных источников и литературы**

1. Liu Z., Yang D.-S., Wen D., Zhang W.-M., Mao W. Cyber-physical-social systems for command and control. *IEEE Intelligent Systems*, 2011, July/August, pp. 92–96.
2. Petnga L., Austin M. An ontological framework for knowledge modeling and decision support in cyber-physical systems. *Advanced Engineering Informatics*, 2016, vol. 30, pp. 77–94.
3. Horvath I. What the Design Theory of Social-cyber-physical systems must describe, explain and predict? In: *An anthology of theories and models of design* / eds. by A. Chakrabarti, L. T. M. Blessing. London, Springer-Verlag, 2014. Pp. 99–120.
4. Белоусов В.Е., Морозов В.П., Путинцева Е.В., Сырин А.И. Определение и свойства социкиберфизических систем // *Проектное управление в строительстве*. 2020. №4 (21). С. 90–94.
5. Морозов В.П., Родионов Е.А., Сырин А.И. Принятие решений в информационных социкиберфизических системах поддержки финансовой инвестиционной деятельности // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2021. № 3 (61). С. 54–60.
6. Морозов В.П., Родионов Е.А., Сырин А.И. Конфигурирование информационных социкиберфизических систем управления инвестиционным портфелем // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2021. № 5 (63). С. 38–43.
7. Баркалов С.А., Мистров Л.Е., Морозов В.П. Информационное управление финансовым инвестиционным портфелем организации // *ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия*. 2019. №3 (16). С. 17–23.
8. Ян Лекун. Как учится машина. Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. (Библиотека Сбера: Искусственный интеллект). – М.: Альпина нон-фикшн, 2021. – ISBN 978-5-907394-29-2.
9. Ярушкина Н.Г., Афанасьева Т.В. Интеллектуальный анализ временных рядов. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 320 с. – ISBN 978-5-9795-0618-0.
10. Кобзарь Д.Г., Морозов В.П., Никитенко А.В., Сырин А.И. Программный комплекс нейросетевого прогнозирования временных рядов интегрированного менеджмента. Алгоритм и программное средство. Государственный информационный фонд неопубликованных документов ФГАНУ «Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти». Рег. № 50201350235 от 13.03.2013 г.
11. Морозов В.П., Мистров Л.Е. Информационная система поддержки принятия инвестиционных решений в условиях неопределенности внешней среды. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2016. – 245 с.
12. Морозов В.П. Модификация модели Шарпа на основе комитета нейронных сетей // *Успехи современной науки*. 2017. № 2 (4). С. 73–75.
13. Ломакин М.И. Методы непараметрического анализа и оптимизации портфеля ценных бумаг: дис. д.т.н. – М., 2002.
14. Burbea J., Rao C.R. On the convexity of some divergence measures based on entropy functions, *IEEE Trans. Information Theory*, Vol. 28, 1982.
15. Морозов В.П. Методы, модели и алгоритмы синтеза информационных систем поддержки портфельной инвестиционной деятельности социально-экономических организаций: дис. д.т.н. – М., 2017.
16. Adam Coates and Andrew Y. Ng. Learning Feature Representations with K-means. – Stanford University, 2012. – 240 p.
17. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik. Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2016. Vol. 38, No 1. Pp. 142–158.
18. Аггарвал Чару. Нейронные сети и глубокое обучение. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 752 с.

# APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO MANAGE THE INVESTMENT PORTFOLIO IN INFORMATION SOCIOCYBERPHYSICAL SYSTEMS

**Morozov V. P.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Voronezh State Technical University

**Belousov V. E.**, Candidate of Technical Sciences, Associate professor, associate professor, Voronezh State Technical University

**Syrin A. I.**, Applicant, Military unit 38953-k

*This article is devoted to the use of artificial neural networks in the interests of managing an investment portfolio in an unstable stock market. In such conditions, a person making decisions due to his emotional characteristics may incorrectly manage the investment portfolio and lose profits on a large scale. To counter incorrect management of the investment portfolio, it is proposed to minimize the participation of the decision-maker in this process. Its management functions should be performed by the information social-cyber-physical system in automatic mode of operation. The implementation of this mode of operation involves solving many specific problems. Among them stands out the intellectual task of choosing assets (bonds, shares, etc.) that ensure the maximum profit of the investment portfolio in the context of an unstable stock market. The solution to this problem is based on the prediction of time series. As a prediction tool, it is proposed to use a committee of artificial neural networks. It consists of a set of actors that use multilayer perceptrons. Each actor provides a correct forecast (with minimal error) of the asset's profitability in certain conditions of the stock market (for a certain time of year, for a certain time of day, etc.). In the training mode of the information social-cyber-physical system, by segmentation and clustering of a set of historical data, sequences (clusters) corresponding to different conditions of the functioning of the stock market are distinguished. The data of each cluster serves as the basis for the training of the corresponding actor (multilayer perceptron). Each actor corresponds to a certain law of distribution of the random value of the return of an asset (for a certain condition of the stock market). After training, the actors are stored in the database. In the executive mode of operation of the information social-cyber-physical system, for a given sequence of current source data, the real law of distribution of the profitability values of the asset is determined. Then the identification of the corresponding actor is implemented and on its basis, using the "sliding window" method, the forecast values of the asset's returns are determined. This sequence of actions allows you to more quickly predict the profitability of assets. This is due to the fact that the procedure for identifying the required trained actor is less time consuming than full training of the artificial neural network (actor). In the interests of improving the accuracy of forecasting asset yields, a promising research direction has been proposed, involving the replacement of multilayer perceptrons with deep neural networks.*

**Keywords:** actor, investment portfolio, artificial neural network, clustering, segmentation, social-cyber-physical system.

## References

1. Liu Z., Yang D.-S., Wen D., Zhang W.-M., Mao W. Cyber-physical-social systems for command and control. IEEE Intelligent Systems, 2011, July/August, pp. 92–96.
2. Petnga L., Austin M. An ontological framework for knowledge modeling and decision support in cyber-physical systems. Advanced Engineering Informatics, 2016, vol. 30, pp. 77–94.
3. Horvath I. What the Design Theory of Social-cyber-physical systems must describe, explain and predict? In: An anthology of theories and models of design / eds. by A. Chakrabarti, L. T. M. Blessing. London, Springer-Verlag, 2014. Pp. 99–120.



4. Belousov V.E., Morozov V.P., Putinceva E.V., Syrin A.I. Opredelenie i svojstva sociokiberfizicheskikh sistem // Proektnoe upravlenie v stroitel'stve. 2020. №4 (21). S. 90–94.
5. Morozov V.P., Rodionov E.A., Syrin A.I. Prinjatие reshenij v informacionnyh sociokiberfizicheskikh sistemah podderzhki finansovoj investicionnoj dejatel'nosti // Informacionno-jekonomicheskie aspekty standartizacii i tehniceskogo regulirovanija. 2021. № 3 (61). – S. 54–60.
6. Morozov V.P., Rodionov E.A., Syrin A.I. Konfigurirovanie informacionnyh sociokiberfizicheskikh sistem upravlenija investicionnym portfelem // Informacionno-jekonomicheskie aspekty standartizacii i tehniceskogo regulirovanija. 2021. № 5 (63). S. 38–43.
7. Barkalov S.A., Mistrov L.E., Morozov V.P. Informacionnoe upravlenie finansovym investicionnym portfelem organizacii // FJeS: Finansy. Jekonomika. Strategija. 2019. № 3 (16). S. 17–23.
8. Jan Lekun. Kak uchitsja mashina. Revoljucija v oblasti nejronnyh setej i glubokogo obuchenija. (Biblioteka Sbera: Iskusstvennyj intellekt). – M.: Al'pina non-fikshn, 2021. – ISBN 978-5-907394-29-2.
9. Jarushkina N.G., Afanas'eva T.V. Intellektual'nyj analiz vremennyh rjadov. – Ul'janovsk: UlGTU, 2010. – 320 s. – ISBN 978-5-9795-0618-0.
10. Kobzar' D.G., Morozov V.P., Nikitenko A.V., Syrin A.I. Programmnyj kompleks nejrosetevogo prognozirovanija vremennyh rjadov integrirovannogo menedzhmenta. Algoritm i programnoe sredstvo. Gosudarstvennyj informacionnyj fond neopublikovannyh dokumentov FGANU «Centr informacionnyh tehnologij i sistem organov ispolnitel'noj vlasti». Reg. № 50201350235 ot 13.03.2013 g.
11. Morozov V.P., Mistrov L.E. Informacionnaja sistema podderzhki prinjatija investicionnyh reshenij v uslovijah neopredelennosti vneshnej sredy. – Voronezh: Voronezhskij GASU, 2016. – 245 s.
12. Morozov V.P. Modifikacija modeli Sharpa na osnove komiteta nejronnyh setej // Uspehi sovremennoj nauki. 2017. № 2 (4). S. 73–75.
13. Lomakin M.I. Metody neparametricheskogo analiza i optimizacii portfelja cennyh bumag: dis. d.t.n. – M., 2002.
14. Burbea J., Rao C.R. On the convexity of some divergence measures based on entropy functions, IEEE Trans. Information Theory, Vol. 28, 1982.
15. Morozov V.P. Metody, modeli i algoritmy sinteza informacionnyh sistem podderzhki portfel'noj investicionnoj dejatel'nosti social'no-jekonomicheskikh organizacij: dis. d.t.n. – M., 2017.
16. Adam Coates and Andrew Y. Ng. Learning Feature Representations with K-means. – Stanford University, 2012. – 240 p.
17. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik. Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2016. Vol. 38, No 1. Pp. 142–158.
18. Aggarwal Charu. Nejronnye seti i glubokoe obuchenie. SPb.: OOO «Dialektika», 2020. – 752.

# ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОВОДИМОГО С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ломакин М.И., д-р техн., д-р эконом. наук, проф., гл. науч. сотр. ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл. спец. ФГБУ «РСТ»

Докукин А.В., д-р эконом. наук, гл. науч. сотр. ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Сланчак О.Ю., науч. сотр. ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Ким С.Р., аспирант НИЦИ МИД России

Сафарова С.Ю., аспирант ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

*Рассмотрена задача оценки и оптимизации качества мониторинга территориально-распределенных объектов с помощью беспилотных летательных аппаратов. Предполагается, что мониторинг осуществляется в рамках следующей схемы: полный мониторинг территориально-распределенного объекта проводится с помощью космического аппарата на орбите. В случае возникновения природного, технологического или иного инцидента на территориально-распределенном объекте информация о нем передается в орган управления, который направляет на систему, в которой возник инцидент, беспилотный летательный аппарат. Он осуществляет детальный мониторинг и передает информацию об инциденте в орган управления для выработки решений по устранению инцидента. Предложен показатель качества мониторинга территориально-распределенного объекта как вероятность того, что в произвольный момент времени возникновения инцидента в одной из систем территориально-распределенного объекта у органа управления будет хотя бы один незадействованный в мониторинге беспилотный летательный аппарат, который способен выполнить детальный мониторинг состояния данной системы. Задача оптимизации качества мониторинга формулируется как задача максимизации предложенного показателя качества при ограничении на стоимость, используемых беспилотных летательных аппаратов.*

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, вероятность, стоимость, мониторинг, качество, оптимизация.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются в самых различных ситуациях: и при обнаружении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, и при мониторинге территориально-распределенных объектов, таких как, например, как нефте- и газопроводы.

Основная идея здесь состоит в следующем: предполагается, что беспилотники будут непрерывно или периодически осуществлять мониторинг территориально-распределенных объектов, передавая информацию об их состоянии соответствующим органам управления (ОУ) [1].

Рассмотрим общий случай, когда у ОУ имеется  $b$  ( $b > 0$ ) БПЛА, которые осуществляют мониторинг территориально-распределенного объекта, у которого имеется  $to$  ( $to > 1$ ) систем (это могут быть участки нефтепровода). Мониторинг осуществляется в рамках следующей схемы: полный мониторинг территориально-распределенного объекта проводится с помощью космического аппарата КА орбите. Так, например, в интересах МЧС России мониторинг российской территории осуществляют такие космические аппараты, как «Метеор-М», «Канопус-В», «Канопус-В-ИК», «Ресурс-П».

В настоящее время в системе МЧС России на оснащении реагирующих подразделений находится 1591 единица

БПЛА, в том числе: 1554 единицы вертолетного (мульти-роторного) типа, из них 132 единицы оснащены тепловизорами; 37 единиц самолетного типа [2].

Основными используемыми типами БПЛА являются Гра-нада BA-1000, ZALA 421-16E, ZALA 421-08M, ZALA 421-22, Phantom 3 Professional, Inspire 1 и др. Назначение и характеристики данных БПЛА описаны в статье [3].

В случае возникновения природного, технологического или иного инцидента на территориально-распределенном объекте информация о нем передается в ОУ, который направляет на систему, где возник инцидент, БПЛА. Он осуществляет детальный мониторинг и передает информацию об инциденте в ОУ для выработки решений по устранению инцидента.

Цель настоящей статьи состоит в разработке модели оценки и оптимизации качества мониторинга территориально-распределенных объектов, проводимого с помощью БПЛА.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Вопросы оценки и оптимизации качества различных объектов рассматривались в ряде публикаций настоящего журнала [4–6]. Далее в статье будем придерживаться общепринятого подхода, согласно которому, показатель качества рассматривается как вероятностный функционал, например, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, средние затраты и др. [4–7].

БПЛА в настоящей статье рассматриваются как обслуживающая подсистема – подсистема, выполняющая автономное обслуживание (мониторинг) территориально-распределенного объекта, ОУ – как обслуживаемый объект. В работе авторов [8] получен следующий результат.

Определена вероятность события, состоящего в том, что в произвольный момент возникновения инцидента в обслуживаемой системе (в настоящем случае в территориально-распределенном объекте) у обслуживающего объекта (в настоящем случае у ОУ) будет хотя бы одна обслуживающая подсистема (в настоящем случае один БПЛА), которая сможет выполнить обслуживание (в настоящем случае – выполнить детальный мониторинг инцидента), т.е. в наличии одна обслуживающая подсистема, незадействованная в обслуживании системы (будет один БПЛА, который не задействован в мониторинге другого инцидента). Эта вероятность равна

$$P = 1 - p_{to,b}, \tag{1}$$

Вероятность  $p_{to,b}$  определяется следующим выражением [7–10]:

$$p_{to,b} = \frac{1}{b!} \frac{d^b}{dy^b} \prod_{j=1}^{to} (q_j + \gamma p_j) /_{y=0}, \tag{2}$$

где вероятность  $p_j = 1 - q_j$  определяется в виде:

$$p_j = \frac{m_{yj}}{m_{xj} + m_{yj}}. \tag{3}$$

В последнем выражении:

$m_{xj}$  – математическое ожидание длительности нормального функционирования j-ой системы территориально распределенного объекта,

$m_{yj}$  – математическое ожидание длительности ненормального функционирования j-ой системы территориально распределенного объекта,

В случае, когда параметры, характеризующие процесс функционирования систем объекта одинаковы (примерно одинаковы), т.е. когда

$$p_j = p = const, j = \overline{1, to},$$

соотношение (2) может быть представлено в виде;

$$p_{to,b} = C_{to}^b p^b (1 - p)^{to-b}. \tag{4}$$

В последнем выражении  $C_{to}^b$  – сочетание из  $to$  по  $b$  или биномиальный коэффициент, определяемый соотношением [9, 10]:

$$C_{to}^b = \frac{to!}{b!(to-b)!}. \tag{5}$$

Вероятность P, определяемая соотношением (1), может рассматриваться как показатель качества мониторинга территориально-распределенного объекта с помощью БПЛА. Модель оценки качества мониторинга территориально-распределенного объекта с помощью БПЛА состоит в определении вероятности P – вероятности того, что в произвольный момент времени возникновения инцидента в одной из систем территориально-распределенного объекта у органа управления будет хотя бы один незадействованный в мониторинге беспилотный летательный аппарат, который способен выполнить детальный мониторинг состояния данной системы, в соответствии с выражениями (1) – (4).

Пусть ОУ использует различные БПЛА для мониторинга территориально-распределенного объекта, например, такие как ZALA 421-22, Phantom 3 Professional, Орлан-10, Груша, Inspector 101 и др. Стоимость каждого типа БПЛА составляет величину  $ct_i$ . Определим  $x_i$  как количество БПЛА i-го типа, тогда общая стоимость Ct всех используемых БПЛА будет равна

$$Ct = \sum_{i=1}^{nb} ct_i x_i. \tag{6}$$

В последнем соотношении  $nb$  – количество различных типов БПЛА.

Тогда задача оптимизации качества мониторинга территориально-распределенных объектов с помощью БПЛА может быть сформулирована следующим образом: определить такое количество БПЛА, чтобы было максимальным качество мониторинга территориально-распре-

деленного объекта, и при этом общая стоимость всех используемых БПЛА была ограничена, т.е. найти такие  $X = (x_1, x_2, \dots, x_{nb})$ , что

$$1 - \frac{1}{b!} \frac{d^b}{d\gamma^b} \prod_{j=1}^{to} (q_j + \gamma p_j) /_{\gamma=0} \rightarrow \max; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{nb} ct_i x_i \leq C_0, \quad (8)$$

где  $C_0$  – ограничение на стоимость БПЛА.

Последняя задача может быть представлена в виде:

$$\frac{1}{b!} \frac{d^b}{d\gamma^b} \prod_{j=1}^{to} (q_j + \gamma p_j) /_{\gamma=0} \rightarrow \min; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{nb} ct_i x_i \leq C_0, \quad (10)$$

Задача, определяемая соотношениями (9), (10) относится к числу задач многомерного нелинейного программирования, для решения которой целесообразно использовать численные методы [9].

В случае, если для мониторинга территориально-распределенного объекта используются одинаковые БПЛА, то имеет место следующая задача.

Определить такое количество БПЛА, чтобы было максимальным качество мониторинга территориально-распре-

деленного объекта, и при этом общая стоимость всех используемых БПЛА была ограничена, т.е. найти такое  $b$ , что

$$C_{to}^b p^b (1-p)^{to-b} \rightarrow \min. \quad (11)$$

$$ctb \leq C_0, \quad (12)$$

где  $ct$  – стоимость одного БПЛА.

Задача, определяемая соотношениями (11), (12), относится к классу задач одномерного нелинейного программирования, решение которых не представляет сложностей и может быть получено с помощью численных методов [11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье предложена модель оценки качества мониторинга территориально-распределенных объектов, проводимого с помощью БПЛА. Эта модель состоит в определении вероятности того, что в произвольный момент времени возникновения инцидента в одной из систем территориально-распределенного объекта у органа управления будет хотя бы один незадействованный в мониторинге беспилотный летательный аппарат, который способен выполнить детальный мониторинг состояния данной системы. Предложена модель оптимизации качества мониторинга территориально-распределенных объектов, проводимого с помощью БПЛА, в которой максимизируется показатель качества мониторинга территориально-распределенного объекта при ограничении на стоимость используемых для мониторинга БПЛА.

## Список использованных источников и литературы

1. Шевченко О.Ю., Боричевский А.Б. Использование беспилотных летательных аппаратов для ведения мониторинга использования территорий // Экономика и экология территориальных образований. № 3. 2015. С. 150–152.
2. Применение и развитие беспилотной авиации МЧС России // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.mchs.gov.ru/uploads/resource/03.09.2019/f195b575aeb8d28675e6a380c9fa16ff.pdf>
3. Беспилотные летательные аппараты МЧС России: виды и классификация // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statuyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/>
4. Ломакин М.И., Тимофеев С.А. Модель оценки качества систем физической защиты критически важных объектов в условиях стоимостных ограничений // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2017. № 3 (37). С. 2.
5. Ломакин М.И., Ниязова Ю.М. Оценка качества дистанционно контролируемого объекта при неполных данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 5 (57). С. 88–92.
6. Ломакин М.И., Докукин А.В., Мошков В.Б., Олтян И.Ю., Ким С.М. Минимизация ущерба при ликвидации чрезвычайных ситуаций // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 4 (62). С. 21–25.
7. Каштанов В.А. Оптимальные задачи технического обслуживания. – М.: Знание, 1981.
8. Ломакин М.И., Докукина А.В., Ниязова Ю.М., Ким С.П. Оценка качества функционирования малых высокотехнологичных предприятий // Вестник МФЮА. 2022. № 1. С. 115–121.
9. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 296 с.
10. Седакин Н.М. Элементы теории случайных импульсных потоков. – М.: Сов. радио, 1965. – 263 с.
11. Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации. – Томск: Изд-во НИТПИ, 2013. – 105 с.

# ASSESSMENT AND OPTIMIZATION OF MONITORING QUALITY GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED OBJECTS CONDUCTED WITH THE HELP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

**Lomakin M.I.**, ScD (Technical Sc, Economic Sc.), All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Chief Specialist, FSBI «RST»

**Dokukin A.V.**, ScD (Economic Sc.), All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies

**Slanchak O.Yu.**, sci. sotr., All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Kim S.R., PhD student of the Russian Ministry of Foreign Affairs

**Safarova S.Yu.**, PhD student of the All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies

*The problem of assessing and optimizing the quality of monitoring of geographically distributed objects using unmanned aerial vehicles is considered. It is assumed that monitoring is carried out within the framework of the following scheme: full monitoring of a geographically distributed object is carried out using a spacecraft in orbit. In the event of a natural, technological or other incident at a geographically distributed facility, information about it is transmitted to the management body, which directs an unmanned aerial vehicle to the appropriate system in which the incident occurred. It carries out detailed monitoring and transmits information about the incident to the management body to develop solutions to eliminate the incident. An indicator of the quality of monitoring of a geographically distributed object is proposed as the probability that at any time an incident occurs in one of the systems of a geographically distributed object, the management body will have at least one unmanned aerial vehicle that is not used in monitoring, which is capable of performing detailed monitoring of the state of this system. The task of optimizing the quality of monitoring is formulated as the task of maximizing the proposed quality indicator while limiting the cost of unmanned aerial vehicles used.*

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, probability, cost, monitoring, quality, optimization.

## References

1. Shevchenko O.Yu., Borichevsky A.B. The use of unmanned aerial vehicles for monitoring the use of territories // Economics and ecology of territorial formations. No. 3. 2015. pp. 150–152.
2. Application and development of unmanned aviation of the Ministry of Emergency Situations of Russia // [Electronic resource]. – Access mode: <https://static.mchs.gov.ru/uploads/resource/03.09.2019/f195b575aeb8d28675e6a380c9fa16ff.pdf>
3. Unmanned aerial vehicles of the Ministry of Emergency Situations of Russia: types and classification // [Electronic resource]. – Access mode: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bspilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/>
4. Lomakin M.I., Timofeev S.A. A model for assessing the quality of systems of physical protection of critical facilities under cost constraints // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2017. No. 3 (37). P. 2.
5. Lomakin M.I., Niyazova Yu.M. Evaluation of the quality of a remotely controlled object with incomplete data // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2020. No. 5 (57). Pp. 88–92.
6. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Moshkov V.B., Oltyan I.Yu., Kim S.M. Minimization of damage during liquidation of emergency situations // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2021. No. 4 (62). Pp. 21–25
7. Kashtanov V.A. Optimal maintenance tasks. – M.: Znanie, 1981.
8. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Niyazova Yu.M., Kim S.R. Assessment of the quality of functioning of small high-tech enterprises // Bulletin of MFUA. 2022. No. 1. pp. 115–121.
9. Bocharov P.P., Pechinkin A.V. Theory of probabilities. Mathematical statistics. – 2nd ed. – M.: FIZMATLIT, 2005. – 296 p.
10. Sedyakin N.M. Elements of the theory of random impulse flows. – M.: Soviet Radio, 1965. – 263 p.
11. Reizlin V.I. Numerical optimization methods. Tomsk: Publishing House of NITPI, 2013. – 105 p.



# АЛГОРИТМ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ НА ГРАФАХ

**Михайлова С.С.**, д-р эконом. наук, доц., профессор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

**Халмакшинов Е.А.**, магистрант Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления

*В статье описывается исследование, посвященное разработке и реализации алгоритма агрегации данных на графовых структурах. Основная цель алгоритма – структурирование и приведение к реляционному формату данных графа с возможностью их визуализации на диаграммах (столбчатых, линейных и т. д.). Это дает возможность обеспечить гибкость анализа данных, исключить проблемы наложения вершин и связей, а также отобразить атрибутивный состав сущностей в атрибутно-ориентированных графах. В открытом доступе достаточное количество проектов, которые предоставляют решения анализа данных на графах, но перевод данных из представления «сущность-связь-сущность» рассматривается лишь в отдельных. Представленный в статье алгоритм облегчит процесс анализа данных на атрибутно-ориентированных графах, которые содержат большое количество вершин.*

**Ключевые слова:** графы, кластеризация, агрегация, визуализация, база данных.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время количество электронных данных растет все более быстрыми темпами – как по размеру, так и по возможности подключения, что повышает интерес к взаимосвязям данных, увеличивает спрос на технологии, которые могут обрабатывать такие данные.

Перспективность исследования данных на графах обусловлена ростом количества информации в Интернете, объем которой пополняется пользователями сети. Это приводит к ее постепенному превращению в большую базу знаний, данные которой легче всего представить в виде взаимосвязанных блоков информации.

Объектом исследования является распределенное агрегирование графовых данных, а предметом – алгоритмы на графах.

Цели исследования заключаются в изучении существующих алгоритмов анализа данных и в разработке алгоритма агрегации данных графа.

## ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Основная задача исследования заключается в визуальном представлении результатов анализа графовых данных, так как при отображении графа возникает несколько проблем: наложение сущностей и связей, фильтрация по атрибутивному составу сущности. Первая проблема

связана с анализом результатов, отображаемых на графе, так как появляются сложности идентификации сущности. Вторая проблема обуславливается скоростью выполнения вычислений на графах, которая существенно замедляется, если включать в запрос на получение данных атрибуты сущности.

Решение указанных задач состоит в достижении структурированного вида данных за счет выполнения распределенного агрегирования результатов анализа данных графа.

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Первая решенная в данной области задача – «Семь мостов Кенигсберга». Ее суть состояла в том, чтобы выяснить, можно ли посетить все четыре района города, соединенные семью мостами, проходя по каждому мосту только один раз.

Решил задачу Леонард Эйлер в 1736 году. Обдумывая алгоритм решения, он понял, что необходимо обратить внимание на связи между объектами. Представив их в виде узлов и связей между ними, Эйлер не только решил задачу, но и заложил основы теории графов и ее математики.

На рис. 1 изображена последовательность анализа данных из рассуждений Эйлера и один из его оригинальных набросков из статьи *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis* [1].



Рис. 1. Первая задача, решенная при помощи анализа данных на графовой модели

Современные решения предлагают множество различных подходов, они различаются способами импортирования, обработки и визуализации данных, а также количеством ребер и узлов, которое способен обработать тот или иной алгоритм за наименьшее время.

Один из самых популярных на сегодняшний день open-source проектов по визуализации и анализу данных – Gephi.

Основными преимуществами Gephi являются поддержка большинства форматов входных данных (GDF, GEXF, GML, GraphML), алгоритмы кластеризации, ранжирования и расположения графов по определенному шаблону, локализация.

К недостаткам Gephi можно отнести необходимость предварительной работы над входными данными, устаревший интерфейс, отсутствие возможности прямого подключения к собственной СУБД – пакетная загрузка данных приводит к тому, что при изменении данных в БД необходимо каждый раз проводить их предобработку.

Наряду с Gephi рассмотрим доступные инструменты Gigraph, Graph Online и сравним три решения в разрезе требований к разрабатываемому алгоритму (табл. 1).

Из таблицы видно, что решения сравнивались по трем параметрам:

- 1) тип решения: нативное или web-приложение;
- 2) источник данных, который может быть представлен в виде различных матриц, списков, таблиц и БД, последнее позволяет получать данные с помощью специального языка запросов;
- 3) способ визуализации, который может быть представлен в виде графов, вершины которого имеют атрибутивный состав Property Graph и не имеют RDF.

Отличие предлагаемого в данной статье решения от существующих заключается в получении графовых данных непосредственно из БД Neo4j, а также их отображении на диаграммах.

Отображение результатов работы алгоритмов в виде диаграмм обосновано наличием у ребер и вершин графа свойств, представление которых на обычном графе приведет к наложению, следовательно, анализировать данные будет неудобно.

Графовые алгоритмы применяются для углубленного понимания и анализа связанных данных. Они уникально подходят для изучения структур и выявления шаблонов в наборах данных, которые тесно взаимосвязаны.

Таблица 1

Общее сравнение решений по визуализации данных, основанных на графах

НАЗВАНИЕ	ТИП РЕШЕНИЯ	ИСТОЧНИК ДАННЫХ	СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТА
Gigraph	Нативное приложение	Excel – таблица	RDF
Gephi	Нативное приложение	Список вершин и ребер	Property Graph, RDF
Graph Online	WEB-приложение	Матрицы инцидентности, смежности и расстояния	RDF
Разрабатываемый алгоритм	WEB-приложение	Клиент будет приходить крайне редко	0,8–0,63

Сравнение существующих решений с использованием метода Саати [2] отражено в таблицах 2 и 3, где  $u_1$  – выполнение алгоритмов анализа данных на графах,  $u_2$  – выполнение алгоритмов анализа данных на каждом подграфе,  $u_3$  – группировка результатов анализа,  $u_4$  – визуализация графа.

В табл. 3 приведены нормализованные данные из табл. 2, элемент каждого столбца представлен как сумма его элементов.

Экспертные оценки в виде относительных весов критериев вычислены путем сложения значений каждой строки и деления полученной суммы на количество элементов в строке:

$$u_1 = \frac{0,4 + 0,3 + 0,42 + 0,42}{4} = 0,385;$$

$$u_2 = \frac{0,13 + 0,1 + 0,08 + 0,08}{4} = 0,098;$$

$$u_3 = \frac{0,08 + 0,1 + 0,08 + 0,08}{4} = 0,085;$$

$$u_4 = \frac{0,4 + 0,5 + 0,42 + 0,42}{4} = 0,445.$$

В табл. 4 представлены алгоритмы анализа, их общая оценка как сумма относительных критериев для каждого решения.

### ГРАФОВАЯ БАЗА ДАННЫХ

При разработке алгоритма агрегации данных на графах предлагается использовать СУБД Neo4j [3], которая по состоянию на 2022 год считается самой распространенной среди графовых СУБД и по рейтингу dbengines занимает 20-ю строчку (рис. 2).

Таблица 2

Матрица парных сравнений критериев оценки

	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$
$u_1$	1	3	5	1
$u_2$	1/3	1	1	1/5
$u_3$	1/5	1	1	1/5
$u_4$	1	5	5	1

Таблица 3

Нормализованная матрица парных сравнений критериев

	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$
$u_1$	0,4	0,3	0,42	0,42
$u_2$	0,13	0,1	0,08	0,08
$u_3$	0,08	0,1	0,08	0,08
$u_4$	0,4	0,5	0,42	0,42

Таблица 4

Сравнение существующих и разрабатываемого решений

НАЗВАНИЕ	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	СУММА
Gigraph	-/0,385	-/0,098	-/0,085	+/0,445	0,445
Gephi	+/0,385	-/0,098	+/0,043	+/0,445	0,873
Graph Online	+/0,385	-/0,098	-/0,085	+/0,445	0,83
Разрабатываемое решение	+/0,385	+/0,098	+/0,085	+/0,445	1,013

383 systems in ranking, January 2022

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Jan 2022	Dec 2021	Jan 2021			Jan 2022	Dec 2021	Jan 2021
1.	1.	1.	Oracle +	Relational, Multi-model	1266.89	-14.85	-56.05
2.	2.	2.	MySQL +	Relational, Multi-model	1206.05	+0.01	-46.01
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server +	Relational, Multi-model	944.81	-9.21	-86.42
4.	4.	4.	PostgreSQL +	Relational, Multi-model	606.56	-1.66	+54.33
5.	5.	5.	MongoDB +	Document, Multi-model	488.57	+3.89	+31.34
6.	6.	↑ 7.	Redis +	Key-value, Multi-model	177.98	+4.44	+22.97
7.	7.	↓ 6.	IBM Db2	Relational, Multi-model	164.20	-2.98	+7.03
8.	8.	8.	Elasticsearch	Search engine, Multi-model	160.75	+3.03	+9.50
9.	↑ 10.	↑ 11.	Microsoft Access	Relational	128.95	+2.96	+13.61
10.	↓ 9.	↓ 9.	SQLite +	Relational	127.43	-1.25	+5.54
11.	11.	↓ 10.	Cassandra +	Wide column	123.55	+4.35	+5.47
12.	12.	12.	MariaDB +	Relational, Multi-model	106.42	+2.06	+12.63
13.	13.	13.	Splunk	Search engine	90.45	-3.87	+2.79
14.	14.	↑ 15.	Microsoft Azure SQL Database	Relational, Multi-model	86.32	+3.07	+14.96
15.	15.	↑ 16.	Hive +	Relational	83.45	+1.52	+13.02
16.	16.	↑ 17.	Amazon DynamoDB +	Multi-model	79.85	+2.23	+10.72
17.	17.	↑ 37.	Snowflake +	Relational	76.82	+5.79	+61.30
18.	18.	↓ 14.	Teradata +	Relational, Multi-model	69.13	-1.17	-3.46
19.	↑ 20.	↑ 20.	Solr	Search engine, Multi-model	58.53	+0.80	+6.04
20.	↓ 19.	↓ 19.	Neo4j +	Graph	58.03	0.00	+4.25

Рис. 2. Рейтинг СУБД согласно dbengines

Рейтинг составлен на основе очков, которые рассчитываются по количеству упоминаний системы на веб-сайтах, общему интересу к системе в google trends, частоте технических обсуждений системы, количеству предложений о работе, числу профилей в профессиональных сетях, а также актуальности в социальных сетях.

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ

В рамках решаемой задачи используются алгоритмы ранжирования, поиска кратчайшего пути, кластеризации. В целом алгоритмы распознавания, базирующиеся на детерминированных признаках, основываются на геометрических мерах близости между сравниваемыми объектами испытаний [4].

Для реализации ссылочного ранжирования используется метод PageRank, разработанный компанией Google.

Алгоритм поиска кратчайшего пути (shortest path algorithm) вычисляет кратчайший взвешенный маршрут между двумя вершинами.

Алгоритм кластеризации сильно связанных компонентов (strongly connected components, SCC) находит такие наборы связанных между собой вершин в ориентированном графе, что каждая вершина доступна в обоих направлениях от любой другой вершины в том же наборе.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Так как объектом исследования является алгоритм анализа данных на графовых структурах, представим его на множестве  $M = \langle G, A, Z, D \rangle$ , где  $G = (g_1, \dots, g_n)$  – множество графов или подграфов в зависимости от входных данных;  $A = \{a_1, \dots, a_k\}$  – множество алгоритмов анализа данных, применяемых на множестве графов  $G$ ;  $Z = \{sum, count, median, avg\}$  – множество функций агрегации данных, которые группируют данные каждого графа из множества  $G$ , обработанных по алгоритму  $A$ , в качестве группировочного параметра  $GP$  используется наименование графа  $g_i$  или алгоритма  $a_k$ , то есть  $GP = \{g_i name | a_k name\}$ ;  $D = \{a_k, \langle N, V \rangle\}$  – множество примененных алгоритмов  $A$ , при этом  $F(a_i, Z) \rightarrow \langle N, V \rangle$ ,  $N$  – множество измерений, т. е. атрибутный состав вершин,  $V$  – меры, количественно характеризующие результат выполнения алгоритма  $a_i$ .

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ НА ГРАФАХ

Функциональное назначение разрабатываемого алгоритма заключается в предоставлении пользователю возможности анализировать данные на графах с учетом агрегирования и группировки результатов анализа на диаграммах.

Смоделируем основной процесс предлагаемого решения с помощью диаграммы действий (рис. 3). Выборка графов представляет собой получение графа базы данных [5]. Подразумевается, что в данном графе может содержаться некоторое множество однотипных графов, относящихся к одному классу.

Граф базы данных может быть пустым, поэтому необходима проверка на наличие вершин; если их нет, алгоритм завершает работу [6].

Выбор алгоритма анализа данных – один из важных этапов, поскольку по его результатам воспроизводится даль-

нейший процесс. Выбранный алгоритм должен обрабатывать на каждом графе выборки.

Если результат анализа на одном из графов содержит несколько значений, необходимо выполнить операцию агрегирования, которая включает в себя нахождение суммы, количества значений, среднего значения, а также поиск медианы. В ином случае сразу группируются (объединяются) результаты анализа по каждому графу в одно множество по названию графа или алгоритма.

Определение измерений и мер выполняется для представления значений множества в виде OLAP-куба, который является структурой диаграммы [7].

Модель реализации алгоритма отражена на диаграмме компонентов (рис. 4), содержащей два основных исполняемых компонента: `discovery-server.jar` и `discovery-frontend.jar`, которые представляют собой сборку серверной и фронтальной частей программы.

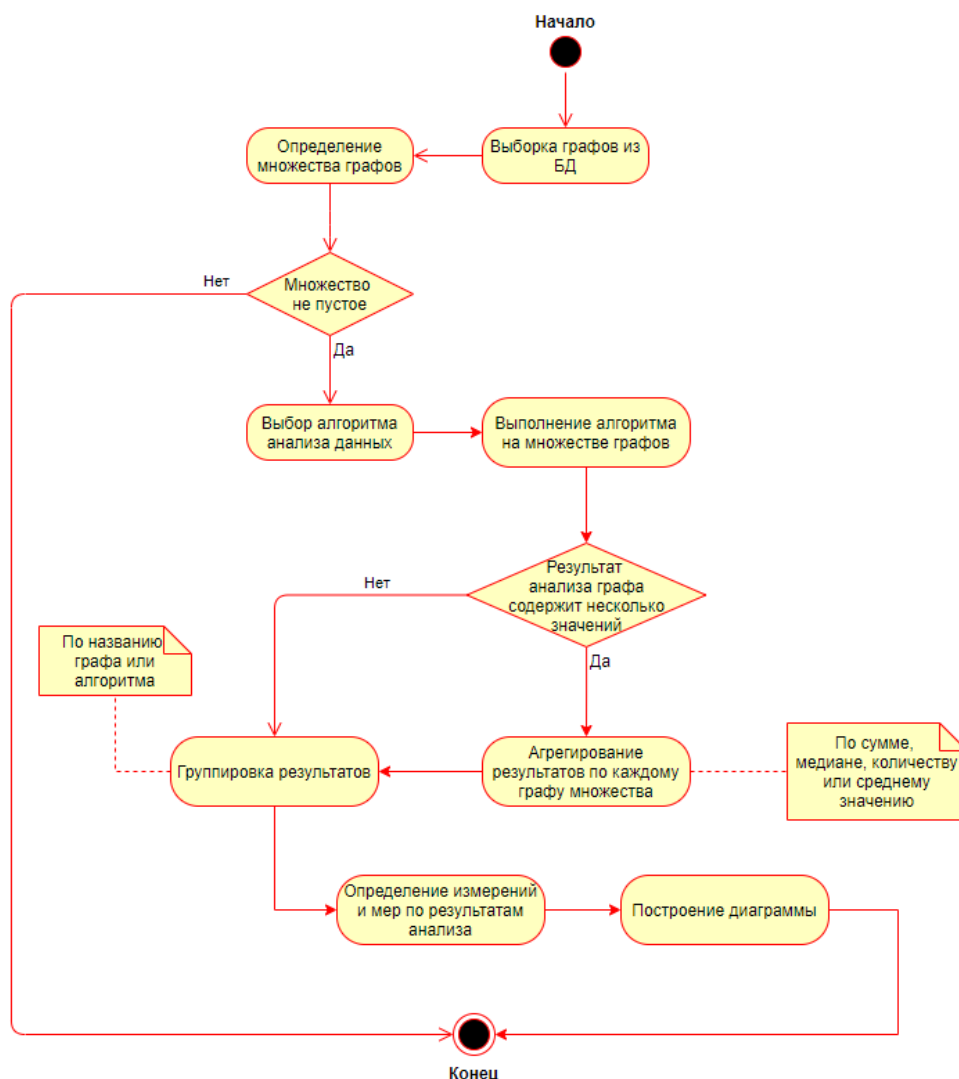


Рис. 3. Диаграмма действий



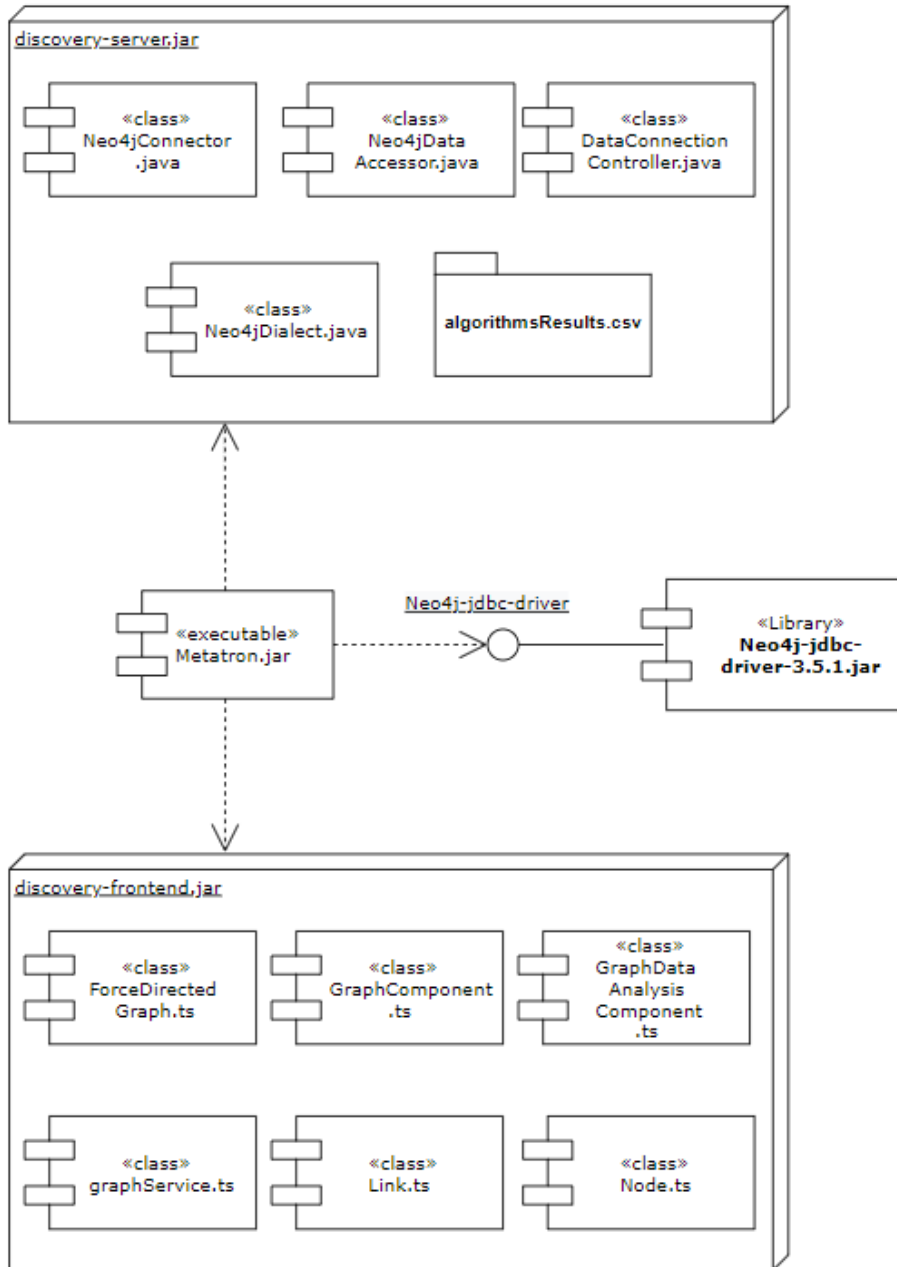


Рис. 4. Диаграмма компонентов системы

Оба компонента собираются в исполняемый файл metatron.jar, с помощью которого запускается программа, а также осуществляется подключение к графовой БД Neo4j при помощи jdbc-драйвера [8].

Разрабатываемый алгоритм внедряется в существующую систему анализа реляционных данных, для этого необходимо ознакомиться с ее архитектурой, представленной на рис. 5.

Данная схема содержит инструменты и методы анализа данных, которые будут интегрированы по результатам реализации алгоритма.

Для получения данных с платформы Neo4j в первую очередь необходимо создать подключение: данные о подключении следует ввести в форму, изображенную на рис. 6.

Из списка баз нужно выбрать Neo4j и ввести хост, порт, имя пользователя и пароль. Затем необходимо пройти проверку достоверности, после чего запустится процесс валидации базы, будет проверена корректность введенных данных. Если данные верны, подключение допустимо, в противном случае следует проверить корректность введенных данных.

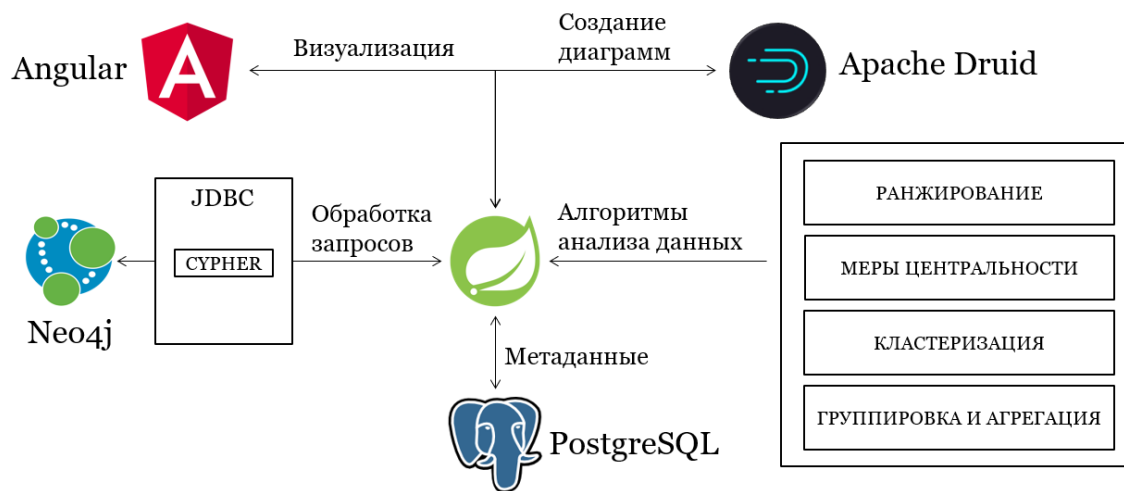


Рис. 5. Структура программы

## Соединение с БД



Хост	Порт
localhost	7687
<input type="checkbox"/> Только URL	
Имя пользователя	Пароль
neo4j	••••
Метод доступа	
<input checked="" type="radio"/> Всегда подключаться	
<input type="radio"/> Подключиться через учетную запись пользователя	
<input type="radio"/> Подключиться с ID и паролем	
Проверка достоверности <input checked="" type="checkbox"/> Допустимое соединение	
Дополнительные настройки ▾	

## Опубликовать

4 рабочие области. Имя:

Отменить

Рис. 6. Форма подключения к графовой БД

Валидация базы данных происходит при помощи проверочного запроса, выполняемого при помощи метода:

```
getTestQuery(JdbcConnectInformation jdbcConnectInformation)
{
    return "MATCH (N) RETURN N LIMIT 10";
}
```

где `jdbcConnectInformation` является объектом с введенными пользователем данными.

Созданное подключение сохраняется и добавляется в список подключенных баз данных (рис. 7), а метаданные о базе сохраняются в базу данных PostgreSQL [9].

Самое важное в анализе данных на графах – непосредственное отображение вершин и связей.

С помощью интегрированной среды в проекте библиотеки `d3js` были построены два графа с произвольными связями и вершинами (рис. 8).

Степени важности вершин определяются при помощи `pagerank` метода [10]. Запрос на получение рангов вершин изображен на рис. 9.

**Хранилище данных**

Источники данных | Подключения

Опубликовать: ВСЕ | Создатель: ВСЕ | Тип БД: ВСЕ | Безопасность: ВСЕ | Время создания: ВСЕ

Поиск имени подключения | Поиск

2 списков

Подключение к данным	Тип БД	Хост/Порт(URL)	Создано
Diplom Graphs	Neo4j	localhost / 7687	2021-06-01 20:23 автор Administrator
Neo4j-localhost-7687	Neo4j	localhost / 7687	2021-05-26 21:13 автор Administrator

Показать до 20

Рис. 7. Список подключенных баз данных

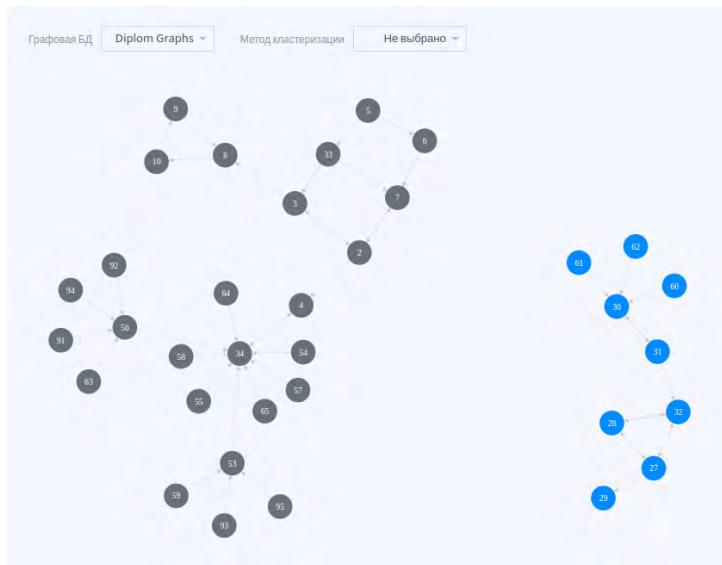


Рис. 8. Отображение вершин и связей графа

```
String queryPattern = "MATCH (a:User {graph: 1})\n" +
    "CALL gds.pageRank.stream('myGraph', {\n" +
    "    maxIterations: 20,\n" +
    "    dampingFactor: 0.85,\n" +
    "    sourceNodes: [siteA]\n" +
    "})\n" +
    "YIELD nodeId, score\n" +
    "RETURN gds.util.asNode(nodeId).name AS name, score\n" +
    "ORDER BY score DESC, name ASC";
```

Рис. 9. Ранжирование вершин графа

Результатом выполнения данного запроса является пара: идентификатор вершины и ее ранг, по которому присваи-

вается радиус определенной вершины [11]. Исходя из результатов формируется граф, изображенный на рис. 10.

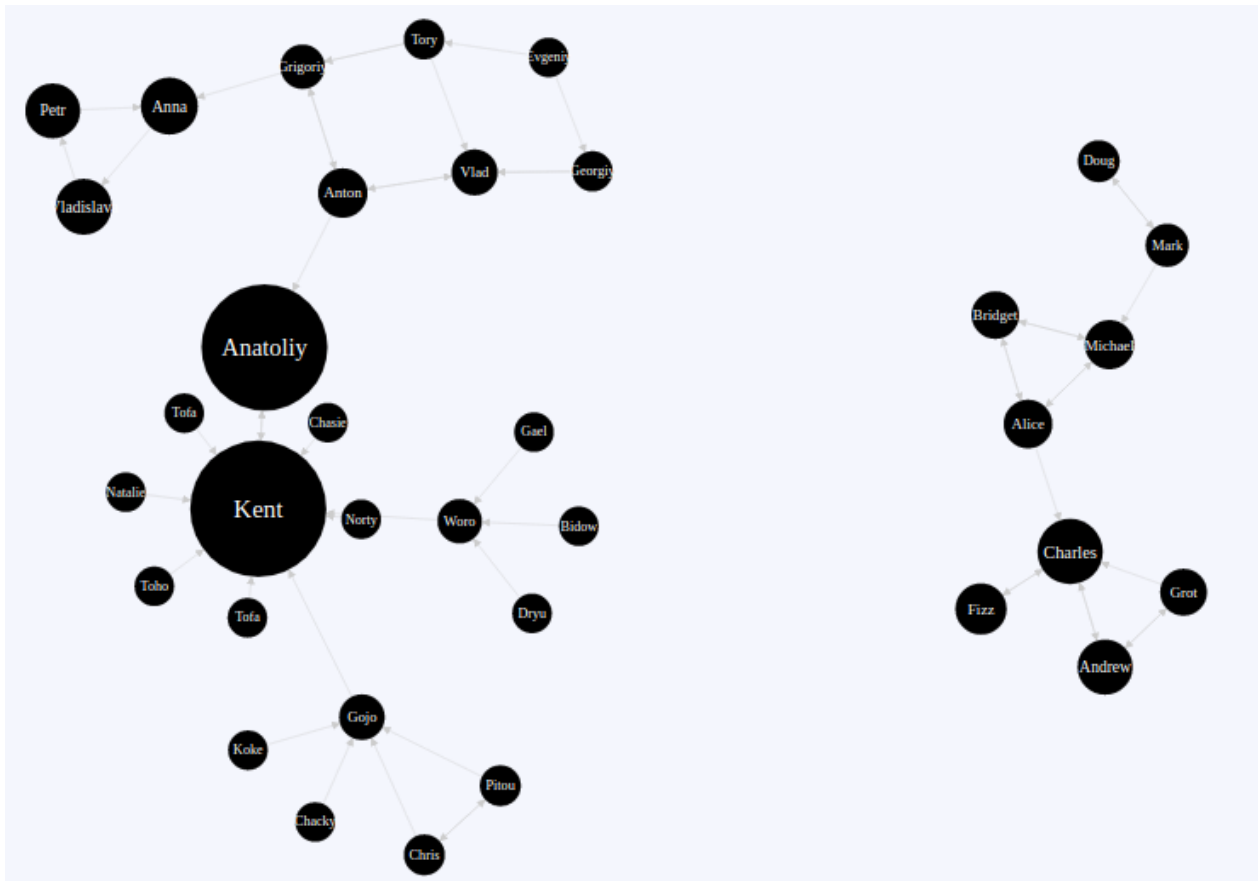


Рис. 10. Результат выполнения ранжирования

У каждой вершины графа свой радиус, в зависимости от степени. Для вычисления кратчайшего пути необходим взвешенный ориентированный

граф. Необходимые веса для связей вершин вычисляются при помощи запроса, изображенного на рис. 11.

```
String queryPattern = "MATCH (a:User {name: aN}),\n" +
    " (b:User {name: bN}),\n" +
    " p = shortestPath((a)-[*]-(b))\n" +
    "WHERE length(p) > 1\n" +
    "RETURN p";
```

Рис. 11 Поиск кратчайшего пути

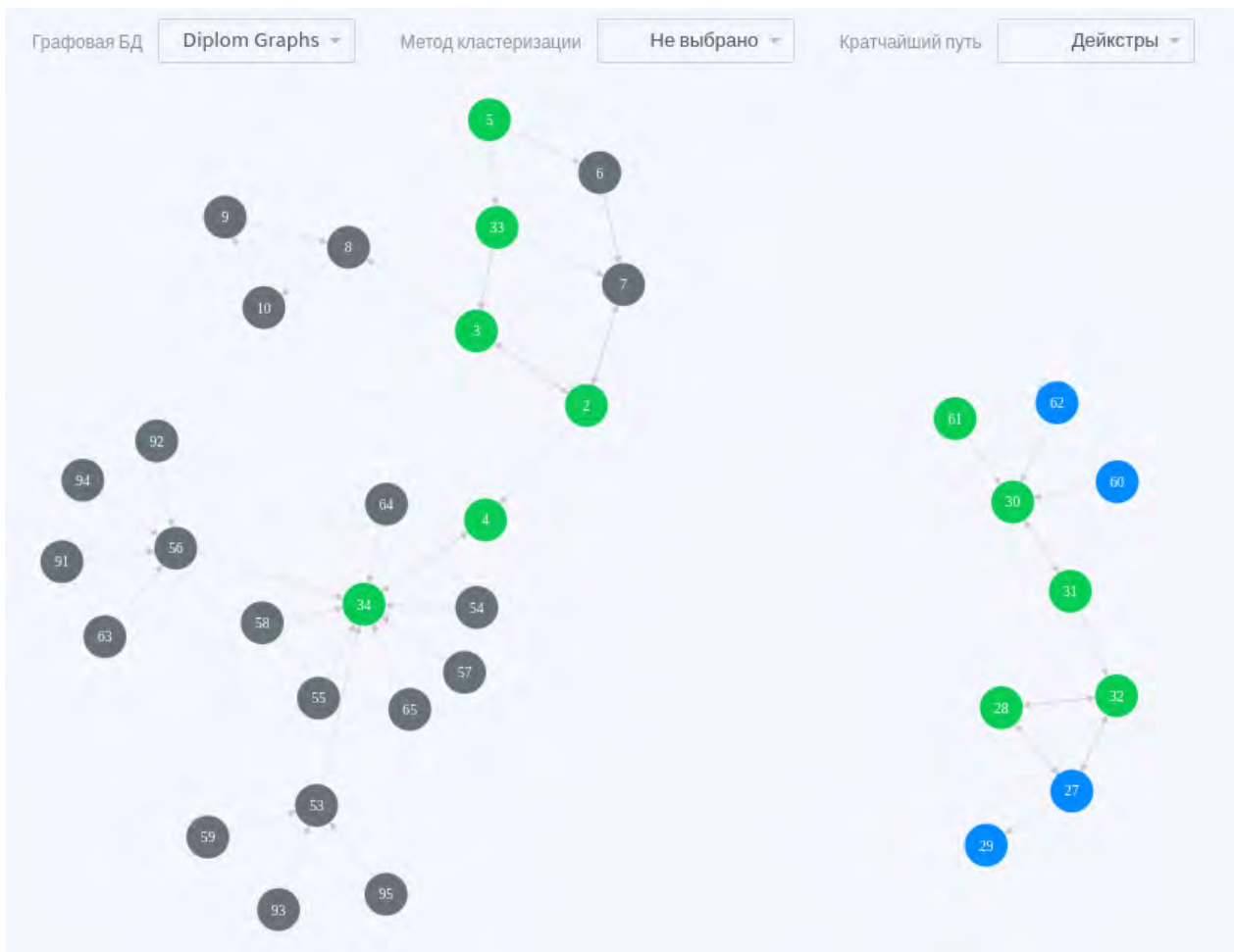


Рис. 12. Результат поиска кратчайшего пути

Поиск кластеров на графе реализован с помощью алгоритма «поиск сообществ SCC» и вы-

полняется посредством сурфег-запроса к базе neo4j (рис. 13).

```
String queryPattern = "CALL gds.alpha.scc.stream({\n" +
    "  nodeProjection: 'User',\n" +
    "  relationshipProjection: 'FOLLOW'\n" +
    "})\n" +
    "YIELD nodeId, componentId\n" +
    "RETURN nodeId, componentId AS cluster\n" +
    "ORDER BY cluster DESC";
```

Рис. 13. Кластеризация методов SCC



Результатом выполнения данного запроса является пара: идентификатор вершины и номер кластера, по которо-

му присваивается цвет определенной группе вершин. Кластеризованный граф изображен на рис. 14.

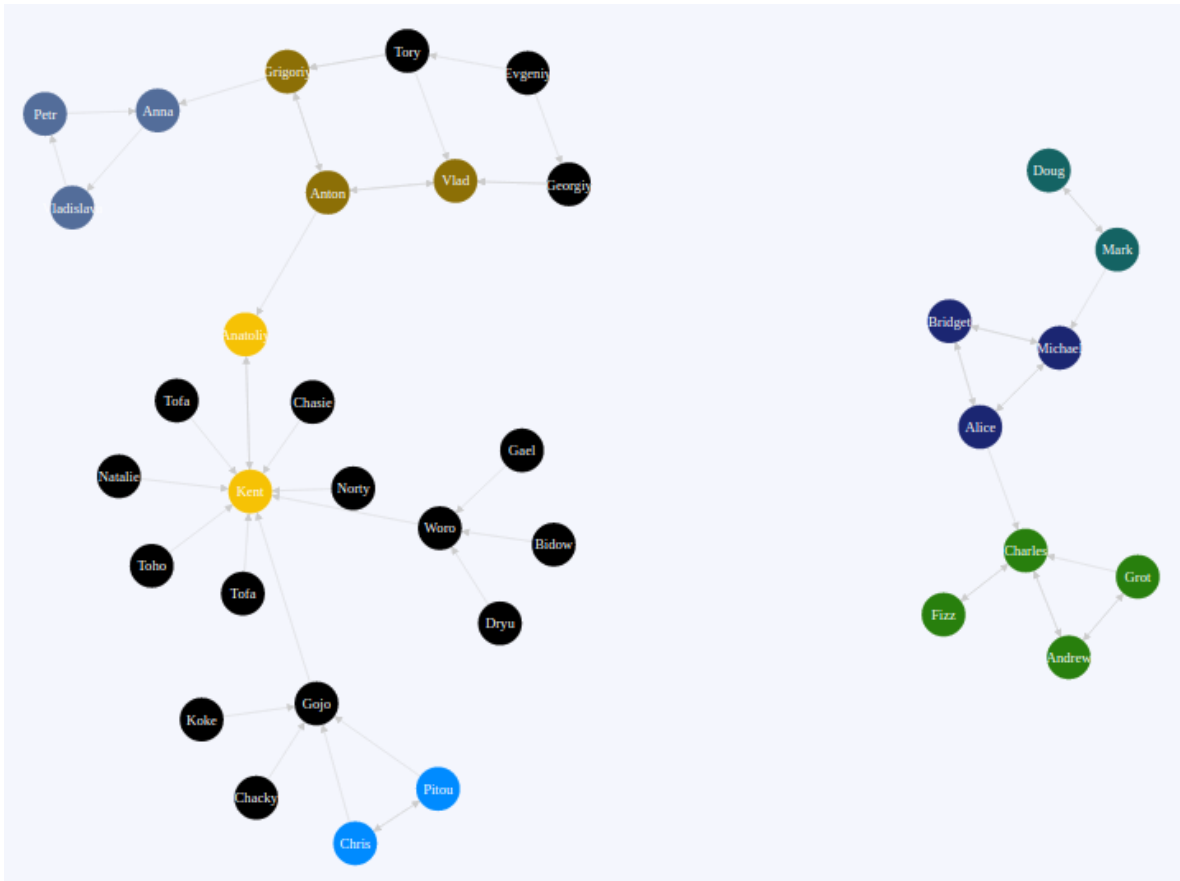


Рис. 14. Результат выполнения кластеризации

Результат представляет собой разбитые на кластеры графы, сообщества которых отмечаются персональным цветом, положение вершин корректируется в соответствии с номером кластера [12].

На примере кластеризованного графа выполнено агрегирование по идентификаторам вершин и их принадлежности к сообществу по номеру кластера (рис. 15).

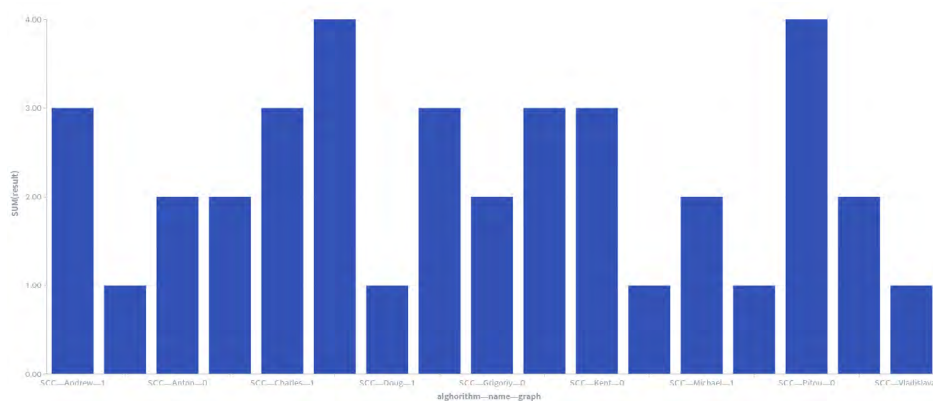


Рис. 15. Диаграмма результатов анализа данных

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования были выявлены основные проблемы в области графовых структур в атрибутно-ориентированных графах, рассмотрены находящиеся в открытом доступе решения анализа данных на графах, выбран источник данных (графовая СУБД), который способен работать с графами и имеет собственный sql-подобный язык запросов, выполнено моделирование разрабатываемого решения при помощи диаграмм потоков данных и диаграммы деятельности, реализова-

ны алгоритмы анализа (ранжирование, кластеризация и поиск кратчайшего пути), по результатам которых выполняется алгоритм агрегации. Кроме того, была выполнена визуализация графов, а также всех исполняемых операций.

Разработанный алгоритм позволяет по результатам анализа данных на графах (методами кластеризации, поиска кратчайшего пути, pagerank и т. д.) привести их к структурированному виду для последующего анализа на диаграммах и графиках.

## Список использованных источников и литературы

1. Euler L. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis / Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop., 8, 1736. – Pp. 128–140.
2. Алексеев В.Е. Графы. Модели вычислений. Структуры данных [Текст] – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2004. – 291 с.
3. Mark Needham. Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j [Текст] / Эми Ходлер. – М.: O'Reilly Media, 2020. – 300 p.
4. Бурый А.С., Морин Е.В. Концептуальная модель контроля качества программной продукции на множестве признаков // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 1 (65). С. 29–37.
5. Стружкин Н.П., Годин В.В. Базы данных: проектирование. – М: Юрайт, 2017 – 477 с.
6. Ильин В. Моделирование бизнес-процессов. Практический опыт разработчика. – Litres, 2019. – 252 с.
7. Queiroz-Sousa, P.O., Salgado, A.C. A review on OLAP technologies applied to information networks / ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD). – 2019. – Т. 14. – № 1. – С. 1–25.
8. Барышевский А.А. Графовые Базы Данных // Информационно-вычислительные технологии и их приложения. – eLibrary, 2018. – С. 15–19.
9. Ломов П.А. Применение графовых СУБД в задачах анализа данных [Текст] / КиберЛенинка, 2019. – С. 137–145.
10. Линник Е.В. Графовая аналитика для решения ключевых проблем в банковской сфере [Текст] / Молодой ученый. – 2018. – № 52 (238). – С. 128–134.
11. Sergey Brin, Lawrence Page. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine / Computer Science Department, Stanford. 2001. Pp. 3–6.
12. Рейтинг СУБД [Электронный ресурс]. DB-Engines Ranking. – Режим доступа: [https://db-engines.com/en/ranking\\_trend](https://db-engines.com/en/ranking_trend). (Дата обращения: 12.04.21).

# ALGORITHM FOR AGGREGATION OF GRAPH DATA

**Mikhaylova S.S.**, Doctor of economics, Associated Professor, Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

**Khalmakshinov E.A.**, master's student, East Siberia State University of Technology and Management

*This article describes a study on the development and implementation of an algorithm for data aggregation on graph structures. The main goal of the algorithm is structuring and bringing graph data to a relational format with the possibility of visualizing them on graphs (bar, line, etc.), thereby providing the greatest flexibility for data analysis, eliminating the problems of overlaying vertices and links, as well as displaying attribute composition of entities in attribute-oriented graphs.*

*Today, you can find a sufficient number of open-source projects that provide solutions for analyzing data on graphs, but the translation of data from the "entity-relationship-entity" representation is considered only in a few.*

*Thus, the developed algorithm will facilitate the process of data analysis on attribute-oriented graphs that contain a large number of vertices.*

**Keywords:** graphs, clustering, aggregation, visualization, database.

## References

1. Euler L. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis / Commentarii Acad. sci. Imp. Petrop., 8, 1736. – Pp. 128–140.
2. Alekseev V.E. Counts. Computation models. Data structures [Text] - Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod University Press, 2004. 291 p.
3. Mark Needham. Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j [Текст] / Эми Ходлер. – М.: O'Reilly Media, 2020. – 300 p.
4. Buryi A.S., Morin E.V. A conceptual model of software quality control based on a statistical approach to pattern recognition // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2022. № 1 (65). Pp. 29–37.
5. Struzhkin N. P., Godin V. V. Databases: design. - M: Yurayt, 2017. – 477 p.
6. Ilyin V. Modeling of business processes. Developer experience. – Liters, 2019. – 252 p.
7. Queiroz-Sousa, P.O., Salgado, A.C. A review on OLAP technologies applied to information networks / ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD). 2019. T. 14. №. 1. Pp. 1–25.
8. Baryshevsky, A.A. Graph Databases // Information and Computational Technologies and their Applications. – eLibrary, 2018. Pp. 15–19.
9. Lomov, P.A. Application of graph DBMS in data analysis problems [Text] / CyberLeninka, 2019. – Pp. 137–145.
10. Linnik, E.V. Graph analytics for solving key problems in the banking sector [Text] / Young scientist. 2018. No. 52 (238). Pp 128–134.
11. Sergey, Brin, Lawrence Page. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine // Computer Science Department, Stanford. 2001. Pp. 3–6.
12. DBMS rating [Electronic resource]. DB Engine Ranking. – Access mode: [https://db-engines.com/en/ranking\\_trend](https://db-engines.com/en/ranking_trend). (Accessed: 04/12/21).

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС В ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЯХ К ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВАЯ ПОЛИЦИЯ»

**Сухов А.В.**, д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник ФКУ НПО «СТиС» МВД России

**Величко П.С.**, старший научный сотрудник ФКУ НПО «СТиС» МВД России

**Конюшев В.В.**, старший научный сотрудник ФКУ НПО «СТиС» МВД России

**Лёвин А.И.**, канд. техн. наук, доц., старший научный сотрудник ФКУ НПО «СТиС» МВД России

*Рассматриваются задачи информационного обеспечения применения полицейского робототехнического комплекса (ПРТК). Анализируется информационная структура ПРТК. Определяются роль и перспективы применения искусственного интеллекта в эргатической системе ПРТК. Акцентируется внимание на необходимости применения искусственного интеллекта для решения задач управления ПРТК в процессе проведения оперативно-служебных мероприятий.*

*Предлагаются подходы к оценке информационного ресурса искусственного интеллекта в эргатической системе полицейского робототехнического комплекса на основе методов математического моделирования.*

*В информационном пространстве, основанном на обобщенной энтропии покрытия, представлена динамика информационного ресурса узлов информационной системы информационно-коммуникационной технологии «Цифровая полиция» и на основе этого определены информационные потоки, отражающие целевое функционирование информационной системы. Проведен анализ входящих и исходящих потоков в узлах системы и получены основные признаки, определяющие устойчивую работу системы или наоборот, приводящие к катастрофам.*

*Для систем с поддержкой принятия решений, основанных на искусственном интеллекте, показано, как информационный ресурс количественно определяет потенциальное качество принимаемых решений, характеризуя их обоснованность или уровень риска при принятии недостаточно обоснованных решений.*

**Ключевые слова:** информационный ресурс, искусственный интеллект, математическое моделирование, полицейский робототехнический комплекс, энтропия покрытия, эргатическая система.

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности задач, возложенных на органы внутренних дел Российской Федерации (ОВД РФ), в значительной степени определяет применение полицейских робототехнических комплексов и систем (ПРТК и ПРТС) различного назначения и сред применения: наземных, воздушных, внутренних вод.

Информационно-коммуникационная технология «Цифровая полиция» (ИКТ ЦП) направлена на решение задач цифровой трансформации, развития единого цифрового информационного пространства МВД России и может

быть определена как совокупность цифровых технологий, методов, сценариев деятельности, программно-технических средств, интегрируемых с целью сбора, обработки, хранения, распространения, отображения и использования информации, а также информационного обеспечения деятельности сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации и полицейской робототехники, электронного предоставления государственных услуг населению.

Для систем с поддержкой принятия решений, основанных на искусственном интеллекте (ИИ), информационный ресурс количественно определяет потенциальное качество

принимаемых решений, характеризуя их обоснованность или уровень риска при принятии недостаточно обоснованных решений.

Определению и описанию информационного ресурса посвящено достаточно много работ [1–7]. В данных работах исследуются различные приложения информационных технологий. Однако информационный ресурс для приложений с ИИ ранее не рассматривался, хотя во многих системах он играет значительную роль, особенно, в системах с нисходящим ИИ [8, 9].

В информационном пространстве, основанном на обобщенной энтропии покрытия (ОЭП), следует описать динамику информационного ресурса узлов информационной системы ИКТ ЦП и на основе этого определить информационные потоки, отражающие целевое функционирование информационной системы (ИС). Анализ входящих и исходящих потоков в узлах системы позволит выявить основные признаки, определяющие устойчивую работу системы или наоборот, приводящие к катастрофам.

Целью создания и применения ИКТ ЦП является повышение качества управления на новой научнотехнической и технологической основе, в том числе управления новыми техническими средствами; обеспечение информированности сотрудников полиции об обстановке в реальном масштабе времени в обширных (заданных) районах.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРТК В СОСТАВЕ ИКТ ЦП

Повышение эффективности задач, возложенных на органы внутренних дел Российской Федерации, в значительной степени обеспечивает применение полицейских робототехнических комплексов.

В состав ИКТ ЦП входят следующие основные компоненты:

- комплексы технологических и коммуникационных решений, примененных в ПРТК для выполнения возложенных на них задач и управления ими;
- полицейские робототехнические комплексы;
- комплекс цифровых информационно-коммуникационных средств сотрудников цифровой полиции;
- комплекс средств управления ПРТК.

Полицейские робототехническими комплексы включают следующие компоненты:

- наземные ПРТК (НПРТК);
- ПРТК внутренних вод (ПРТК ВВ);
- ПРТК воздушной среды применения (ВПРТК).

Для НПРТК, ПРТК ВВ и ВПРТК актуальным вариантом применения в МВД России является комплексная техническая поддержка решения целевых задач оперативно-служебной деятельности с помощью дистанционно управляемых ПРТК, принятых на снабжение МВД России, и использование ПРТК двойного назначения.

Для решения комплекса вопросов, относящихся к обеспечению эффективности и надежности функционирования ИКТ ЦП, необходимо решение задач синтеза и анализа соответствующих моделей.

Процессы информационного взаимодействия компонентов ИКТ ЦП определяются задачами и средой проведения специальных мероприятий.

Робототехнические комплексы, входящие в состав ПРТС, могут выполнять задачу под управлением операторов, по заранее запрограммированным правилам или полностью автономно. Они должны адаптироваться к постоянно меняющимся условиям работы, для этого они оснащаются датчиками и камерами и получают информацию от ИСОД МВД России и других информационных ресурсов.

На рис. 1 представлен пример обобщенной структуры унифицированной системы управления (СУ) робототехнических комплексов [11]. Данная система управления построена по модульному принципу и обладает свойством распределения вычислительной нагрузки.

Для эффективного обмена данными в информационно-вычислительных сетях разработаны протоколы обмена подсистем, оптимально использующие временные и скоростные ресурсы сетей и имеющие возможность поддержки наиболее распространенных стандартов (протоколов) обмена данными (например, для сети CAN – «J1939», «CANopen» и др.).

Различают два основных способа использования управляющих вычислительных комплексов в системах управления ПРТК.

В первом способе компьютер разгружает человека и выполняет большой объем простейших операций при обработке различных данных. Такие системы принято называть автоматизированными системами обработки данных (АСОД).

Во втором способе кроме выполнения функций в АСОД человек (оператор) или лицо, принимающее решение (ЛПР), участвует в процессах принятия управленческих решений, в основном на верхних уровнях организационной структуры систем управления.

Системы программного управления реализуют простейший способ управления, когда априорно достаточно точ-



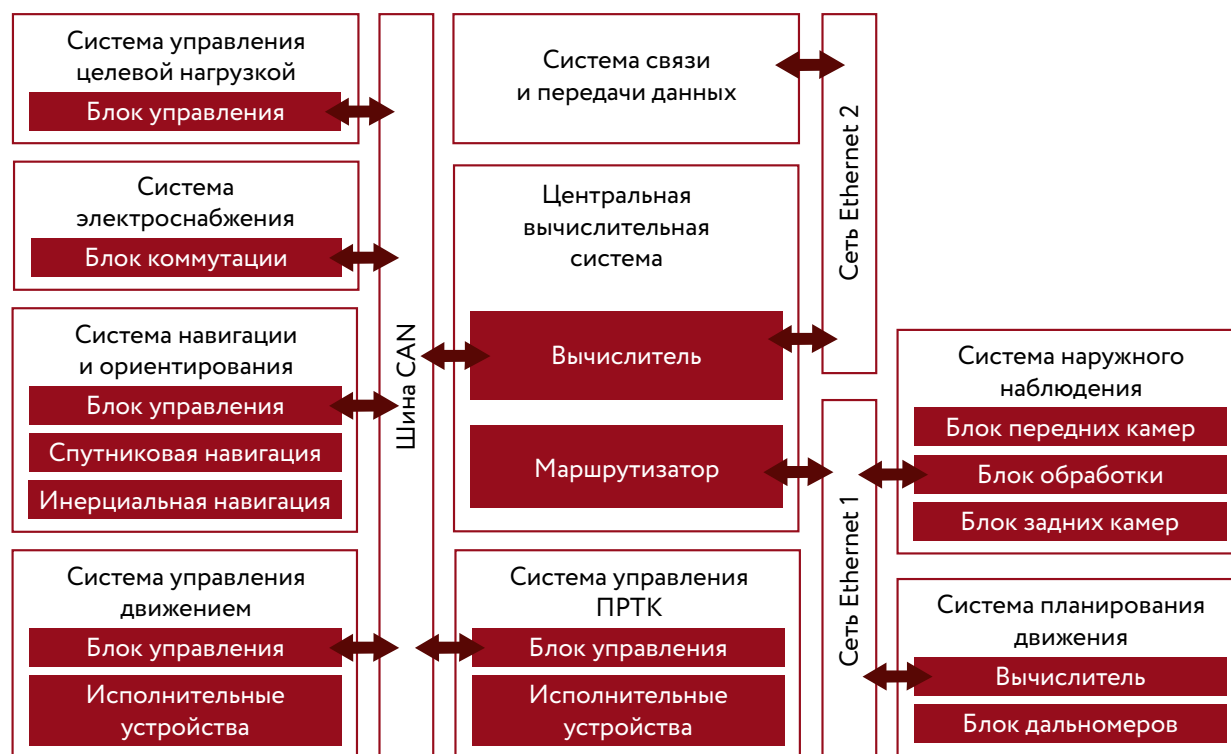


Рис. 1. Структура унифицированной системы управления ПРТК

но известно все о внешней среде и самом ПРТК, и это позволяет заранее спланировать и запрограммировать его работу.

В непредвиденных ситуациях необходимо оперативно получать информацию о внешней среде непосредственно в ходе выполнения операций для использования ее в реальном масштабе времени. Такое управление, зависящее от текущей информации о внешней среде, называется адаптивным. Необходимым условием его реализации является наличие сенсорных систем, поставляющих эту информацию.

Интеллектуальное управление – это высшая ступень управления после программного и адаптивного, отличающаяся применением искусственного интеллекта. В современных интеллектуальных технических системах, включая системы интеллектуального управления, используют теорию нечетких множеств и нечеткой логики, различные эвристические алгоритмы и технологии экспертных систем, ассоциативной памяти и технических нейронных сетей.

В ПРТС технологии ИИ могут использоваться для решения следующих задач:

- обработка сенсорной информации (фильтрация, сжатие информации, распознавание образов);

- создание моделей внешней среды;
- планирование поведения;
- управление движением;
- создание интеллектуального интерфейса между оператором и ПРТК.

На рис. 2 показана обобщенная схема системы интеллектуального управления ПРТК. В центре схемы находится блок базы знаний, связанный с другими системами, обрабатывающими информацию. В этот блок входит база знаний о внешней среде – модель внешней среды, база данных как о внешней среде, так и о самом ПРТК, и об операциях, которые он должен выполнять. Кроме того, специализированные оперативные базы знаний и данных, связанные с центральной базой данных и знаний, могут находиться и в отдельных системах ПРТК. Блок планирования поведения оперативно корректирует параметры управления.

Программное обеспечение (системное, прикладное и инструментальное) систем управления ПРТК является иерархическим, как структура самой системы управления, и модульным, как ее аппаратная реализация. Основой ее является иерархия языков, включающая в себя в общем случае интеллектуальную систему управления отдельными уровнями [10].



Рис. 2. Схема системы интеллектуального управления ПРТК

Такая структура отличается предельно высокой надежностью, сфера ее оптимального применения, когда она наиболее эффективна, – это условия случайного потока заявок (команд) на входе.

### РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРТК

Применительно к задачам управления ПРТК технологии ИИ рассматриваются как инструмент поддержки принятия решений, который усиливает интеллектуальные возможности, а не заменяет сотрудников, осуществляющих оперативно-служебную деятельность с использованием робототехнических средств. Поэтому выбор вариантов конкретных технологий ИИ неразрывно связан с исследованием и моделированием процессов оперативно-служебных мероприятий (ОСМ).

На первом этапе применения технологий ИИ представляется необходимой разработка алгоритмических моделей процессов с учетом возможностей информационных ресурсов эргатической системы ПРТК.

Эргатическую систему с применением ИИ в данном случае следует рассматривать как систему, включающую интеллек-

туальную автоматизацию, роль которой заключается в информационном обеспечении процессов принятия решений по управлению ПРТК в интересах достижения целей ОСМ.

Для каждого типа информации возможно применение отдельных технологий нисходящего (Top-Down) ИИ [8, 9]. Речь идет о прикладном моделировании отдельных компонентов информационно-аналитических и информационно-управляющих процессов ОСМ. Каждая такая технология вносит свой вклад в информационный ресурс эргатической системы в целом. В настоящее время именно этот подход возможен для реализации.

Восходящий подход к применению технологий ИИ (Bottom-Up) предполагает полноценную деятельность, связанную с анализом данных и поиском лучших решений на их основе (Data Science).

То есть, переход от слабого нисходящего ИИ к сильному восходящему ИИ предполагает комплексный анализ информационных ресурсов в условиях неполной, разрозненной информации с целью максимально рационального управления ПРТК. ИИ, согласно этому подходу, представляет собой комплексное целое, которое характеризуется системными атрибутами и ситуационной

универсальностью, то есть полноценными качествами информационно-управляющей системы, а не узкой функциональностью.

Промежуточные стадии создания сильного восходящего ИИ могут быть отнесены к гибридным интеллектуальным системам [8–10], в которых для решения задач ОСМ используется более одного метода имитации интеллектуальной деятельности человека. Для этого должна быть построена система аналитических моделей, работающая на основе информационного ресурса, включающего детерминированную и стохастическую составляющие.

Общая схема гибридной интеллектуальной системы представлена на рис. 3 [8, 11].

Применительно к эргатической системе ПРТК основными функциональными компонентами, форми-

рующими информационный ресурс ИИ, являются следующие:

- центральная вычислительная система;
- подсистема связи и передачи данных;
- подсистема определения технического состояния ПРТК;
- подсистема управления движением робототехнических средств;
- подсистема целевой нагрузки (техническое зрение, специальные датчики и др.);
- подсистема геоинформационного и пространственного обеспечения;
- внешние ведомственные и другие информационные системы;
- ЛПР по управлению ПРТК, получению дополнительной информации и корректировке сценариев применения робототехнических средств.



Рис. 3. Схема гибридной интеллектуальной системы

### ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИОННОМУ РЕСУРСУ ИКТ ЦП

В организации ФКУ НПО «СТиС» МВД России в ходе выполнения инициативной НИР «Информационно-коммуникационная технология «Цифровая полиция» в 2021 г. в качестве результата были разработаны и представлены Общие технические требования (ОТТ) к компонентам ИКТ «Цифровая полиция».

В состав ОТТ вошли следующие разделы:

1. Общие сведения об ИКТ ЦП.
2. Назначение и цель создания ИКТ ЦП.
3. Структура ИКТ «Цифровая полиция».
4. Требования к ИКТ ЦП в целом.
5. Требования к видам обеспечения.
6. Требования к компонентам ИКТ ЦП.
7. Требования к экипировке цифрового полицейского.

При обосновании ОТТ к рассматриваемой эргатической системе основная роль отведена разработке общей схемы информационного взаимодействия и математической модели функционирования ИКТ ЦП.

Объект может быть представлен вектором состояния  $X_S$ , компонентами которого в зависимости от решаемой прикладной задачи могут являться пространственные координаты, идентификационные показатели принадлежности к определенному классу объектов, энергетические (электромагнитные) характеристики и прочие показатели. Эти характеристики и показатели, как правило, имеют динамический характер поведения.

Динамика вектора состояния (ВС) объекта описывается дифференциальными уравнениями [12, 13]:

$$\frac{dX(t)}{dt} = f(X(t), t) + n(t), \quad (1)$$

где  $f(\cdot)$  – некоторая векторная функция;  $n(t)$  – векторная функция шума, характеризующая влияние совокупности случайных факторов окружающей среды.

На рис. 4 представлена схема информационного взаимодействия ИКТ ЦП. На нижнем уровне осуществляется взаимодействия ПРТК цифровой полиции с объектом наблюдения и проводится первичный сбор информации об объекте наблюдения. При этом необходимо получить оценку ВС объекта с требуемой точностью, что можно охарактеризовать как требование добиться рассогласования истинного значения ВС и его оценки  $X^*$  в пределах некоторого допустимого множества  $\Delta X_{\text{доп}}$ :

$$X - X^* \subseteq \Delta X_{\text{доп}} \quad (2)$$

Оценить степень рассогласования и осуществить поиск оптимальной оценки возможно с применением аппарата оптимальной нелинейной фильтрации в предметной области значений компонентов ВС и аппарата оптимального управления (принцип максимума Понтрягина) с использованием энтропии покрытия [12] позволяющей математически строго сформулировать задачу оптимального управления. При этом энтропия покрытия (ЭП) определяется следующим образом:

$$H_0 = \log\{ \|(X_0 \setminus X_0^*) \cup \Delta X_{\text{доп } 0} \| \setminus X_{\text{доп}} \}, \quad (3)$$

где символ «\» означает разность множеств; двойные прямые скобки «\|\cdot\|» соответствуют операции взятия нормы.

Изменение энтропии покрытия в процессе проведения наблюдения образует информацию об объ-

екте. Потоки передаваемой информации представляют собой *осведомительную информацию*, потоки управляющих воздействий представляют собой *управляющую информацию*. Совокупность последовательных действий, направленных на изменение состояния информации об объекте, которая на выходе функциональной подсистемы управления приводится к управляющей информации, и представляет собой технологический процесс переработки информации.

В [14] представлены выражения по оптимизации информационных потоков в форме Понтрягина. В общем виде целевой функционал можно записать следующим образом:

$$F = H_0(X_0, t_H) - H_0(X_0, t_K) + \int_{T_H}^{T_K} u^t(X_0(t), t) V h_j(X_0(t), t) dt \rightarrow \min_u, \quad (4)$$

где  $h_j$  – вектор производной по времени от условной энтропии покрытия по  $j$  элементам, взаимодействующим с объектом управления;  $u^t(X_0, t)$  – вектор управляющих воздействий на информационные потоки (в терминах энтропии покрытия) от  $m$  взаимодействующих элементов; верхний индекс  $t$  – символ транспонирования;  $V$  – матрица связей объекта и управляющих элементов, которая настраивается по конкретным связям оцениваемых компонентов ВС с элементами системы;  $H(X_0, t_H)$  и  $H(X_0, t_K)$  – терминант функционала, образуемый энтропией покрытия объекта в начальный и конечный моменты времени наблюдения.

Элементы информационной системы ИКТ ЦП (узлы информационной системы) в информационном пространстве также отображаются своим значением ЭП, которая рассчитывается по соответствию ресурсов этих элементов их нормативным значениям. Тогда уравнения ограничений для узлов ИС будут иметь вид неравенств с левой частью, подобной выражению (4):

$$F = H_{\text{нi}}^o(X_i(t_H), t_H) - H_{\text{нi}}^o(X_i(t_K), t_K) + \int_{T_H}^{T_K} u_i^t(X(t), t) V_i h_{i/j}^o(X(t), t) dt \leq H_{\text{max } i}^o, \quad (5)$$

где  $u_i^t$  – вектор управляющих воздействий для  $i$ -го элемента;  $V_i$  – матрица коэффициентов для  $i$ -го элемента;  $h_{i/j}^o$  – производная условной обобщенной энтропии покрытия в отношении элементов  $i$  и  $j$  по времени [11–13].

Решение задачи оптимального управления в информационном пространстве по принципу максимума Л. Е. Понтрягина [15, 16] позволяет получить значения вектора управляющих воздействий в дискретном времени на  $k$ -м шаге итерации [11–13]:

$$\begin{cases} u_0^t(t_k) = H_0(X_0, t_k) (\Delta H_{0/jk})^t [V (\Delta H_{0/jk}) (\Delta H_{0/jk})^t]^{-1} \\ u_j^t(t_k) = [H_j(X_j, t_k) + H_{\text{max } j}] (\Delta H_{j/ik})^t [V (\Delta H_{j/ik}) (\Delta H_{j/ik})^t]^{-1} \end{cases} \quad (6)$$

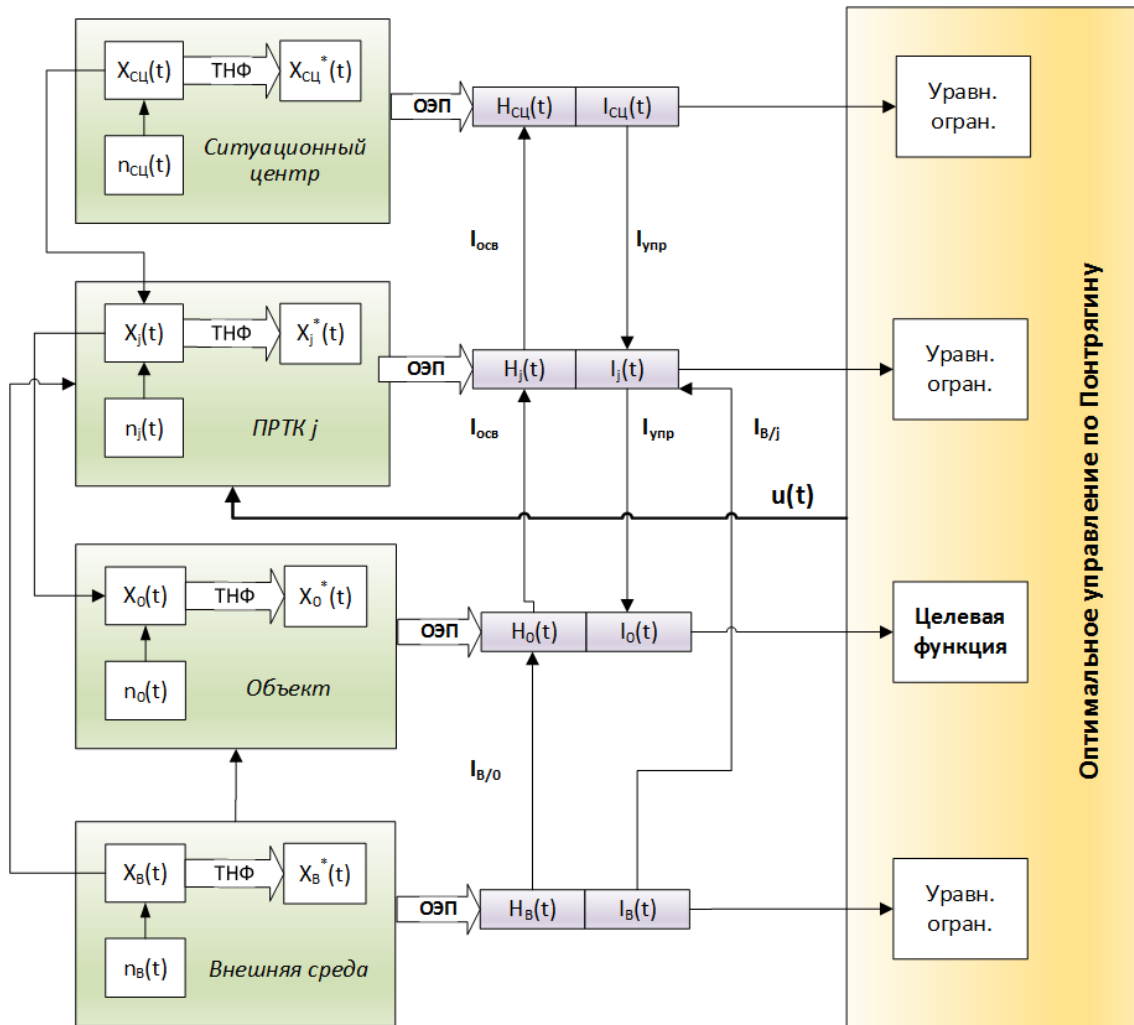


Рис. 4. Схема информационного взаимодействия ИКТ ЦП

ТНФ – процесс получения оценок  $X^*$  с применением теории нелинейной фильтрации; ОЭП – формирование обобщенной энтропии покрытия;  $I_{осв}, I_{упр}$  – потоки осведомляющей и управляющей информации соответственно;  $H$  – энтропия покрытия элемента;  $X$  – вектор состояния элемента;  $u(t)$  – вектор управляющих воздействий.

Методика решения задачи оптимального управления рекуррентным способом заключается в выполнении следующих этапов:

1. В области ресурсного обмена строится матрица коэффициентов ресурсного обмена для всех существенных связей  $j$ -го элемента системы с остальными и строится система дифференциальных уравнений ресурсного обмена (1).
2. Корректируются связи  $j$ -го элемента с объектом. При отсутствии прямых связей создаются эквивалентные с выделением параметров объекта, на которые воздействует  $j$ -й элемент ПРТК непосредственно или опосредованно. Этими связями дополняется система дифференциальных уравнений ресурсного обмена.
3. Система дифференциальных уравнений ресурсного

обмена из представления в непрерывном времени преобразуется к представлению в дискретном времени [12, 14].

4. Задается начальное состояние для ресурсов  $j$ -го элемента ПРТК и рассчитывается начальная ОЭП и начальная ЭП объекта.
5. Проводится пошаговое моделирование работы в соответствии с приближенными значениями (BC):
  - по входным данным корректируются терминальные значения энтропии покрытия для следующего шага работы;
  - проводится расчет управляющих коэффициентов (6);
  - осуществляется ресурсный обмен между элементами системы и объектом в соответствии с реальными связями.



Таким образом, если представить информационную систему ИКТ ЦП отображением ее элементов и объекта наблюдения в целевое информационное пространство, то появляется возможность оптимальным образом решать функциональные задачи информационной системе ИКТ ЦП, регулируя циркулирующие информационные потоки между взаимодействующими элементами системы, обеспечивая при этом минимизацию расхода ресурсов системы.

### ДИНАМИКА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ИКТ ЦП

Для отображения предметной области отношений в информационное пространство, основанное на обобщенной энтропии покрытия [11], зададим текущее состояние элементов ИКТ ЦП в терминах энтропии покрытия, вычисленной по вектору состояния элемента.

Определение: текущие значения ОЭП в узлах системы ИКТ ЦП являются информационным ресурсом данной системы, характеризующим степень обоснованности принимаемых решений.

Для систем с поддержкой принятия решений, основанной на ИИ, информационный ресурс количественно определяет потенциальное качество действий ЛПР, показывает, насколько принятые решения будут обоснованы (действительная часть ОЭП) или наоборот, насколько велик риск принятия недостаточно обоснованных решений (мнимая часть ОЭП).

До настоящего времени количественной оценки обоснованности принятия решений системами, основанными на ИИ, не предлагалось.

Информационное пространство, основанное на ОЭП, является метрическим, что доказано в работах [12, 13]. При этом изменение состояния ИС описывается динамикой информационного ресурса в узлах системы. Анализ динамики информационного ресурса в узлах ИС достаточно подробно описан в работах [3, 5]. Приведем основные положения применительно к информационной системе ИКТ ЦП.

В действующей информационной системе, находящейся в состоянии гомеостазиса, наблюдается непрерывная циркуляция информационных потоков. И этот процесс сопровождается динамикой информационного ресурса в узлах ИС. Эффективность ИС можно оценить по количеству информации в узлах за определенный промежуток времени. Как и в классическом представлении информация определяется как разность априорной и апостериорной ОЭП [13]. Динамика информации между узлами  $i$  и  $j$  на интервале времени  $(k, k + 1)$  определяется исходящими и входящими информационными потоками [8, 14]:

$$I_{ij}(\Delta t) = H_{ij}(t_k) - H_{ij}(t_{k+1}) = -I_{ji}(\Delta t), \quad (7)$$

где  $\Delta t = t_1 - t_0$  – интервал информационного обмена.

Информационное участие узла ИС на данном временном интервале определяется его информационным взаимодействием со всеми связанными с ним элементами ИКТ ЦП и объектом управления:

$$I_i(\Delta t) = \sum_{j=0}^m I_{ij}(\Delta t) = \sum_{j=0}^m [H_{ij}(t_k) - H_{ij}(t_{k+1})], \quad (8)$$

где  $m$  – количество узлов, участвующих в информационном обмене с  $i$ -м узлом.

В выражении (8) присутствует слагаемое  $I_{ii}$ , которое характеризует затраты  $i$ -го элемента на обеспечение необходимым ресурсом.

Динамика информационных потоков в элементе. Для представления информационного потока от узла  $i$  к узлу  $j$  в непрерывном времени используем выражение (7) и получим производную ОЭП по времени:

$$I_{ij}(t) = \frac{dH_{ij}(t)}{dt} = -I_{ji}(t). \quad (9)$$

Расхождение информационного поля в узле  $i$  информационной системы представляет собой дивергенцию информационного потока:

$$\text{div } I_i = \frac{dH_{ire}}{dt} - \frac{dH_{im}}{dt}, \quad (10)$$

где  $H_{ire}$  – действительная часть обобщенной энтропии покрытия;  $H_{im}$  – мнимая часть обобщенной энтропии покрытия.

Расхождение информационного поля характеризует генераторные или потребительские свойства узла  $i$ . Если  $\text{div } I_i > 0$ , то этот узел является источником в информационном обмене, то есть генератором. Если  $\text{div } I_i < 0$ , то этот узел является стоком, потребителем в информационном обмене. В случае, когда  $\text{div } I_i = 0$ , узел принимает нейтральное участие в информационном обмене.

Информационная система должна стремиться к обеспечению нулевого потенциала ( $\text{div } I_i = 0$ ) для каждого узла, так как в этом случае обеспечивается соответствие узла требованиям системы по участию в решении целевых задач и возможностям собственного нормального функционирования, т.е. это состояние узла характеризует его как выполнившим текущие задачи в информационной системе ИКТ ЦП.

С учетом свойства аддитивности для энтропии покрытия и обобщенной энтропии покрытия информация может быть определена через условные энтропии покрытия. Учтем, что линейные свойства энтропии покрытия при линейных преобразованиях сохраняются:

$$H_{ij}(t + \Delta t) = H_{ij}(t) + A \cdot H_{ij}(t) \cdot \Delta t. \quad (11)$$

В результате предельного перехода  $\Delta t \rightarrow 0$  и решения получившегося дифференциального уравнения получим общее решение:

$$L_i(a) = a_0 + \exp[a_1 \sum_{j=1}^m H_{ij}], \quad (12)$$

где  $a_0, a_1$  – некоторые константы.

Для ОЭП имеем совокупность гармонических решений с гармоническими функциями степени  $m$

$$L_i(a) = a_0 + \prod_{j=1}^m \{\exp[a_1 |H_{ij}|]\} [\cos \arg H_{ij} + i \sin \arg H_{ij}], \quad (13)$$

где  $\arg H_{n/ij}$  – аргумент комплексной величины.

Таким образом, решением является сложная гармоническая функция с квазипериодическими решениями. Такие решения образуют системы с неравновесным порядком.

Физическим смыслом решения (13) является текущая информация покрытия для узла информационной системы ИКТ ЦП, которая, в соответствии с решаемыми ресурсными задачами, может принимать и отрицательные значения.

Иначе решения (12), (13) можно представить в виде:

$$L(a, t) = a_0 + \exp[a_1 |H(t)|] \exp[i a_1 \arg H(t)]. \quad (14)$$

Тогда при  $a_1 < 0, \arg(H(t)) > 0$  и при  $a_1 < 0, \arg(H(t)) < 0$  решение имеет устойчивый фокус [14]. Необходимо отметить, что точка устойчивого фокуса, равная нулю, характеризует стабильное функционирование узла ИС.

Для случая  $a_1 > 0, \arg(H(t)) > 0$  и при  $a_1 > 0, \arg(H(t)) < 0$  решение для узла ИС является неустойчивым. Реально это приводит или к необоснованному потреблению ресурсов, или уничтожению имеющегося необходимого запаса, что определяется соотношением действительной и мнимой частей значения обобщенной энтропии покрытия.

Информационная система ИКТ ЦП вырабатывает управляющие воздействия для текущей коррекции информационных потоков. Решение задачи оптимального управления проводится в соответствии с поставленным целевым функционалом и уравнениями ограничений для объекта управления [15].

В выражении (14) вещественная часть определяет характер изменений информационного потока с учетом совокупности информационных отношений узлов ИС с другими узлами. На участках устойчивого функционирования узла ЭП имеет колебательный характер с ограниченной амплитудой. Из (13) следует, что вещественная часть, характеризующая избыток ресурса, равна:

$$\operatorname{Re} \bar{L}_i(a) = a_0 + \prod_{j=1}^m \{\exp[a_1 |H_{ij}|]\} [\cos \arg H_{ij}]. \quad (15)$$

В соответствии с этим выражением ЭП узла представляет собой квазигармонический процесс, образованный совокупностью из  $m$  гармоник. Стремление этой величины к нулю определяет оптимальное распределение ресурсов в системе. И наоборот, возрастание этой величины говорит о неоптимальном распределении ресурсов.

Мнимая часть характеризует степень недостаточности ресурсов по отношению к нормативному значению. Резкое увеличение мнимой части может привести к выключению узла из ИС, что, в свою очередь, может привести к общей катастрофе функционирования информационной системы ИКТ ЦП и к невыполнению поставленной целевой задачи.

На основании выражения (13) мнимая часть имеет значение

$$\operatorname{Im} L_i(a) = \prod_{j=1}^m \{\exp[a_1 |H_{ij}|]\} [\sin \arg H_{ij}]. \quad (16)$$

Характер динамики мнимой части энтропии покрытия аналогичен виду графиков для действительной части.

Имитационная модель информационной системы. Ожидается существенная экономия расхода имеющихся в системе ресурсов, в том числе и временных, обусловленная применением принципов оптимального управления, поскольку известно [16], что любая траектория движения системы, не удовлетворяющая минимуму целевого функционала, приводит к увеличению его значения и, соответственно, к увеличению текущих значений ЭП, а значит, к нерациональному расходованию ресурсов.

На рис. 5 представлены результаты моделирования функционирования ИС, состоящей из трех узлов – объекта управления (с номером 0), ситуационного центра (с номером 1) и ПРТК (с номером 2). На верхнем рисунке приведено изменение действительной составляющей энтропии покрытия, а на нижнем – мнимой.

В качестве векторов ресурсов системы использован обобщенный технический ресурс. Степень взаимовлияния ресурсов узлов ИС друг на друга определяется заданием соответствующих коэффициентов в уравнениях состояния, а оптимальное поведение определяется решением целевого функционала.

На рис. 5 видно, что ЭП объекта управления  $H_0$  достигает нулевого значения около 40-го шага итерации и далее не достигает больших значений. Это характеризует достаточно качественное выполнение задачи управления.

На рис. 6 проиллюстрирована динамика информации покрытия объекта управления, которая вначале работы превышала 5 нат, а в дальнейшем не выходила за пределы 3 нат.

Этот экспериментальный результат соответствует выводам, приведенным выше при анализе выражения (14)

и подтверждает устойчивость функционирования информационной системы ИКТ ЦП.

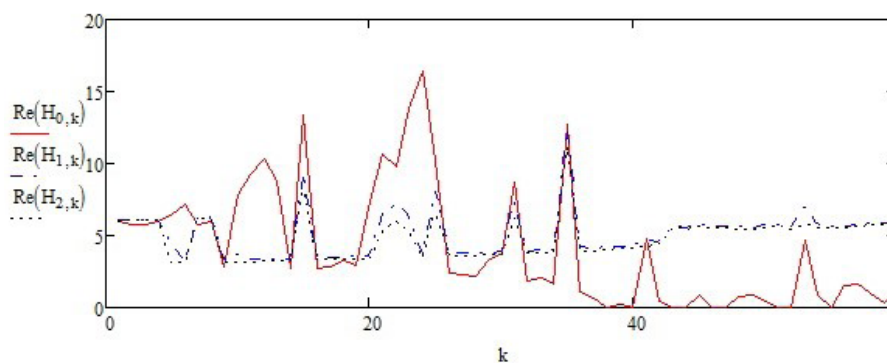


Рис. 5. Динамика энтропии покрытия узлов информационной системы

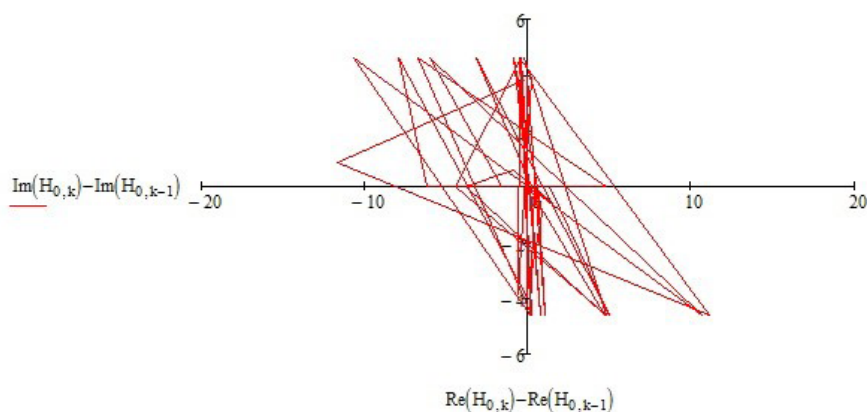


Рис. 6. Динамика обобщенной энтропии покрытия объекта управления

Результаты моделирования получены с использованием программного продукта Mathcad-15.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в информационном пространстве, основанном на обобщенной энтропии покрытия, представлена динамика информационного ресурса узлов информационной системы ИКТ ЦП и на основе этого определены информационные потоки, отражающие целевое функционирование информационной системы. Проведен анализ входящих и исходящих потоков в узлах системы и получены основные признаки, определяющие устойчивую работу системы или наоборот, приводящие к катастрофам.

Для систем с поддержкой принятия решений, основанных на искусственном интеллекте, показано, как информационный ресурс количественно определяет потенциальное качество принимаемых решений, и характеризует, насколько эти решения будут обоснованы (действительная часть ОЭП) или наоборот, насколько велик риск принятия недостаточно обоснованных решений (мнимая часть ОЭП).

Информационное пространство позволило отразить информационный ресурс узлов системы с учетом ее целевого функционирования в целом и отдельного функционирования каждого узла. Была проведена оптимизация информационного ресурса для информационной системы ИКТ ЦП в среде программирования Mathcad-15.

**Список использованных источников и литературы**

1. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
2. Lovtsov D.A. Models of the information resource measurement of an automated control system // *Avtomatika i telemehanika*. 1996. No 8, pp. 3–17.
3. Сухов А.В., Прокопенко В.С. Оптимизация информационного ресурса в системе управления сложным техническим комплексом в информационном пространстве, основанном на энтропии покрытия // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2011. № 1 (1). С. 7.
4. Сухов А.В. Оценка информационного ресурса радионавигационных станций в условиях помех от средств мобильной связи // *Правовая информатика*. 2019. № 1. С. 36–45.
5. Сухов А.В., Прокопенко В.С. Измерение информации в эргасистемах // *Транспортное дело России*. 2011. № 1. С. 39–41.
6. Сухов А.В., Осипов В.В., Прокопенко В.С., Еременко В.В. Оптимизация состояния информационного ресурса информационной системы // *Научные труды (Вестник МАТИ)*. 2011. № 18 (90). С. 166.
7. Buryi, A.S., Lomakin, M.I., Sukhov, A.V. Quality assessment of "Stress-Strength" models in the conditions of Big Data // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2020. No. 9 (3), pp. 3276–3281. DOI: 10.35940/ijitee.C8982.019320
8. Душкин Р.В., Андронов М.Г. Гибридная схема искусственных интеллектуальных систем // *Кибернетика и программирование*. 2019. № 4. С. 51–58. DOI: 10.25136/2644-5522.2019.4.29809
9. Гришин Е.А. Самообучение как аргумент функции выживания автономного виртуального персонажа // *Искусственные общества*. 2019. Т. 14. № 1. С. 4. DOI:10.18254/S207751800004813-3.
10. Родионов В.В., Филиппов С.И., Варабин Д.А. Унифицированная система управления робототехническими комплексами // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2018. № 1 (195). С. 128–140. DOI: 10.23683/2311-3103-2018-1-128-140
11. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами: учеб. пособ. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 167 с.
12. Sukhov, A.V. Dynamics of information flows in a control system of a complex technological system // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2000. Vol. 39. No 4, pp. 592–600.
13. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложным техническим комплексом в информационном пространстве // *Автоматика и телемеханика*. 2003. № 8. С. 145–162.
14. Сухов А.В., Зайцев М.А. Модельно-алгоритмическое обеспечение информационных систем управления: монография. – М.: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2016. – 128 с.
15. Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Краткий курс теории экстремальных задач. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 204 с.

# INFORMATION RESOURCE IN THE GENERAL TECHNICAL REQUIREMENTS FOR INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY "DIGITAL POLICE"

**Sukhov A.V.**, doctor of technical sciences, professor, leading scientific researcher, FGI SPA SET of the MIA RF

**Velichko P.S.**, Senior Researcher, FGI SPA SET of the MIA RF

**Konyushev V.V.**, Senior Researcher, FGI SPA SET of the MIA RF

**Levin A.I.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior researcher, FGI SPA SET of the MIA RF

*The problems of information support for the use of a police robotic complex (PRTK) are considered. The information structure of the PTK is analyzed. The role and prospects of the use of artificial intelligence (AI) in the ergatic PTK system are determined. Attention is focused on the need to use hybrid AI to solve the tasks of PTK management in the process of conducting operational and service activities.*

*Approaches to the evaluation of the information resource of artificial intelligence in the ergatic system of the police robotic complex based on mathematical modeling methods are proposed.*

*In the information space based on the generalized covering entropy, the dynamics of the information resource of the information system of the information and communication technology "Digital Police" is presented and, based on this, information flows reflecting the targeted functioning of the information system are determined. The analysis of incoming and outgoing flows in the nodes of the system was carried out and the main signs were obtained that determine the stable operation of the system or vice versa, leading to disasters.*

*For decisionmaking systems based on artificial intelligence, it is shown how an information resource quantifies the potential quality of decisions made, characterizing their validity or the level of risk when making insufficiently informed decisions.*

**Keywords:** information resource, artificial intelligence, mathematical modeling, police robotic complex, entropy of coverage, ergatic system.

## References

1. Lovtsov, D.A. Informacionnaya teoriya ergasistem: Tezaurus. Moscow, Nauka Publ, 248 p.
2. Lovtsov, D.A. Models of the information resource measurement of an automated control system. Avtomatika i Telemekhanika, 1996, no 8, pp. 3–17.
3. Sukhov, A.V., Prokopenko, V.S. Optimizaciya informacionnogo resursa v sisteme upravleniya slozhnym tekhnicheskim kompleksom v informacionnom prostranstve, osnovannom na entropii pokrytiya. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2011, no 1 (1), p. 7.
4. Sukhov, A.V. Ocenka informacionnogo resursa radionavigacionnyh stancij v usloviyah pomekh ot sredstv mobil'noj svyazi. Legal information, 2019, no 1, pp. 36–45.
5. Sukhov, A.V., Prokopenko, V.S. Izmerenie informacii v ergasistemah. Transportnoe delo Rossii, 2011, no 1, pp. 39–41.
6. Sukhov, A.V., Osipov, V.V., Prokopenko, V.S., Eremenko, V.V. Optimizaciya sostoyaniya informacionnogo resursa informacionnoj sistemy. Nauchnye trudy (Vestnik MATI), 2011, no 18 (90). – P. 166.

7. Buryi A.S., Lomakin M.I., Sukhov A.V. Quality assessment of "Stress-Strength" models in the conditions of Big Data. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 2020, no 9 (3), pp. 3276–3281. DOI: 10.35940/ijitee.C8982.019320
8. Dushkin, R.V., Andronov, M.G. Gibridnaya skhema iskusstvennyh intellektual'nyh sistem. *Kibernetika i programmirovaniye*, 2019, no 4, pp. 51–58. DOI: 10.25136/2644-5522.2019.4.29809
9. Grishin E.A. Samoobuchenie kak argument funktsii vyzhivaniya avtonomnogo virtual'nogo personazha. *Iskusstvennyye obshchestva*, 2019, vol. 14, no 1, p. 4. DOI:10.18254/S207751800004813-3
10. Rodionov, V.V., Filippov, S.I., Varabin, D.A. Unificirovannaya sistema upravleniya roboto-tekhnicheskimi kompleksami. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki*, 2018, no 1(195), pp. 128–140. DOI: 10.23683/2311-3103-2018-1-128-140
11. Yurevich, E.I. *Upravlenie robotami i robototekhnicheskimi sistemami: Ucheb. posobie*. Sankt-Peterburg, SPbGTU Publ., 2001, 167 p.
12. Sukhov, A.V. Dynamics of information flows in a control system of a complex technological system. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2000, vol. 39, no 4, pp. 592–600.
13. Buryi, A.S., Sukhov, A.V. Optimal control of complicated complexes in an automatic information space. *Automation and Remote Control*, 2003, vol. 64, no 8, pp. 1329–1345.
14. Sukhov, A.V., Zaitsev, M.A. *Model'noalgoritmicheskoe obespechenie informatsionnyh sistem upravleniya: monografiya*. Moscow, Moskovskiy universitet im. S.Yu. Witte Publ., 2016, 128 p.
15. Galeev, E.M., Tikhomirov, V.M. *Kratkij kurs teorii ekstremal'nyh zadach*. Moscow, Moskovskiy universitet Publ., 1989, 204 p.
16. Bakhvalov, N.S., Zhidkov, N.P., Kobelkov, G.M. *CHislennyye metody*. Moscow, Nauka Publ., 1987, 600 p.