

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА**

**3 (33)**

**Донецк – 2023**

УДК 004.3+004.9+004.2+51.7+519.6+519.7

**ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА, № 3 (33), 2023,  
Донецк, ДонНТУ.**

Выпуск подготовлен по материалам, поданным на VIII Всероссийскую научно-техническую конференцию «Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях» (СИТОНИ-2023), запланированную к проведению 29 ноября 2023 г., а также текущей научно-технической деятельности аспирантов, соискателей и научных работников. Статьи посвящены вопросам приоритетных направлений научно-технического обеспечения в области информатики, кибернетики, вычислительной техники и инженерного образования.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

**Главный редактор:** Павлыш В. Н., д.т.н., проф.

**Зам. глав. ред.:** Мальчева Р. В., к.т.н., доц.

**Ответственный секретарь:** Лёвкина А. И.

**Члены редакционной коллегии:** Аверин Г. В., д.т.н., проф.; Аноприенко А. Я., к.т.н., проф.;

Звягинцева А.В., д.т.н., доц.; Зори С. А., д.т.н., доц.; Карабчевский В. В., к.т.н., доц.;

Привалов М. В., к.т.н., доц.; Скобцов Ю. А., д.т.н., проф.; Федяев О. И., к.т.н., доц.;

Шелепов В. Ю., д.ф-м.н., проф.

Рекомендовано к печати ученым советом ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Протокол № 7 от 27 октября 2023 г.

Свидетельство о регистрации СМИ: серия ААА № 000145 от 20.06.2017.

Приказ МОН ДНР № 135 от 01.02.2019 о включении в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК ДНР.

Контактный адрес редакции

ДНР, 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»,

4-й учебный корпус, к. 36., ул. Кобозева, 17.

Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11

Эл. почта: [infcyb.donntu@yandex.ru](mailto:infcyb.donntu@yandex.ru)

Интернет: <http://infcyb.donntu.ru>

## СОДЕРЖАНИЕ

### Информатика и вычислительная техника

<b>Повышение эффективности анализа и визуализации данных на основе графовых моделей</b> <i>Зори С. А., Бездетный Н. А.</i> .....	5
<b>Разработка алгоритмов предобработки информации для прогнозных моделей ИСППР управления закупками</b> <i>Андриевская Н. К., Мартыненко Т. В.</i> .....	11
<b>Способы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские задачи</b> <i>Стальнов А.Д., Григорьев А.В.</i> .....	19
<b>Современные перспективы компонентно-ориентированного подхода</b> <i>Павлов М. Ю., Боднар А. В.</i> .....	29
<b>Функционально-статический анализ системы контроля водоотведения и оценка подходов к её цифровому моделированию</b> <i>Штепа В. Н.</i> .....	35
<b>Эффективные вычислительные методы и алгоритмы трехмерной реконструкции объектов культурного наследия</b> <i>Руденко М. П.</i> .....	43
<b>Метод формализации описания технологических процессов</b> <i>Воронов М. В.</i> .....	50

### Компьютерные науки

<b>Учет разброса параметров в тепловой модели стержневых элементов радиаторов систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры: метод нечетких множеств</b> <i>Павлыш В.Н., Сторожев С.В., Номбре С.Б.</i> .....	57
<u>Об авторах</u> .....	63
<u>Требования к статьям, направляемым в редакцию научного журнала «Информатика и кибернетика»</u> .....	65

# **Информатика и вычислительная техника**

УДК 004.9

## Повышение эффективности анализа и визуализации данных на основе графовых моделей

Н. А. Бездетный, С. А. Зори

Донецкий национальный технический университет,  
[nekooolay@mail.ru](mailto:nekooolay@mail.ru), SPIN-код: 2472-1006

[ik.ivt.rec@mail.ru](mailto:ik.ivt.rec@mail.ru), OrcID: 0000-0003-4018-234X, SPIN-код: 3565-6330

### Аннотация

В статье рассматривается проблема повышения эффективности анализа и визуализации научных данных, обозначена актуальность исследования и разработки новых эффективных методов представления, анализа и визуализации данных в условиях возрастающих объемов информации. В качестве перспективного направления решения проблемы предлагается использование графовых моделей данных. Сформулирована цель исследования, определены основные задачи работы, направленной на развитие методов визуальной аналитики и повышение эффективности анализа данных различных прикладных областей.

### Введение

Развитие информационных технологий привело к экспоненциальному росту объемов информации в современном обществе. Огромные массивы данных накапливаются во всех сферах человеческой деятельности - науке, экономике, производстве, социальных системах. Бурный рост информационных потоков поставил перед обществом ключевую задачу - разработать эффективные способы обработки и извлечения полезных знаний из огромных объемов накопленных данных [1].

Одним из наиболее перспективных направлений анализа данных является визуализация данных - графическое представление информации, позволяющее за счет особенностей человеческого восприятия выявлять скрытые закономерности и новые знания.

Применение средств компьютерной графики - области информатики, в которой рассматриваются методы, алгоритмы и технологии визуализации данных - позволяет по новому взглянуть на решение проблемы повышения эффективности анализа и визуализации научных данных для обеспечения реальных потребностей потенциальных пользователей, особенно с учетом роста этих потребностей потребителей и возможностей технических и алгоритмических средств [1].

С этой точки зрения можно выделить следующие актуальные области применения компьютерной графики:

- визуализация информации;
- моделирование процессов и явлений;
- проектирование технических объектов;

- организация пользовательского интерфейса для выше рассмотренных областей.

Таким образом, рассматриваемые в статье перспективные методы анализа и визуализации данных, определяют актуальность работы.

### Использование аппарата графов для визуализации данных

Среди методов визуализации данных в последние годы все большее значение приобретают подходы, использующие аппарат теории графов [2]. Графы как математические объекты идеально подходят для моделирования связей и зависимостей в сложных системах. Их визуальное представление в виде диаграмм позволяет структурировать данные, выявлять топологию систем (рис. 1).

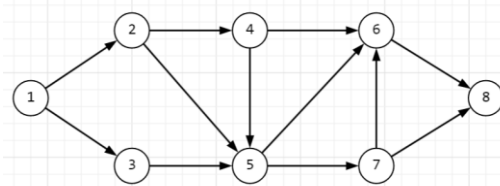


Рисунок 1 – Ориентированный граф

Особенно перспективно использование графовых диаграмм в задачах компьютерного моделирования и анализа процессов в сложных системах различной природы - технических, организационных, социальных и др. [3, 4, 5]. Однако методы визуализации на основе графов применительно к моделированию конкретных процессов исследованы не в полной мере.

Тематика работы описывает исследование методов визуализации с использованием графовых диаграмм, применительно к задачам

моделирования и анализа процессов в различных предметных областях. Работа направлена на расширение арсенала средств визуальной аналитики данных и повышение эффективности компьютерного моделирования.

Визуальная аналитика данных и компьютерное моделирование с графовыми диаграммами являются весьма актуальными направлениями исследований в современном высокотехнологичном мире [6]. Эффективная визуализация помогает справляться с экспоненциальным ростом объемов информации, выявлять скрытые закономерности и модели в сложных системах (рис. 2).

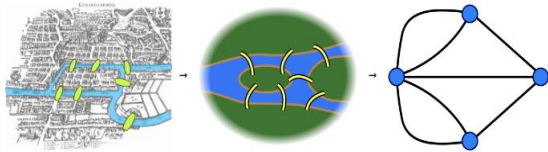


Рисунок 2 – Визуальная аналитика с применением графа

Разработка новых методов визуализации данных на основе графов, применительно к различным предметным областям позволит расширить аналитические возможности исследователей, инженеров, бизнес-аналитиков. Графовые диаграммы наглядно отражают структуру связей в системе, облегчают понимание процессов и причинно-следственных зависимостей. Комплексный подход к визуализации и моделированию на основе графов открывает новые горизонты для решения сложных научных и прикладных задач в IT, экономике, медицине, производстве и других областях.

Таким образом, исследования в рамках данной работы, связанные с усовершенствованием и разработкой новых

методов визуализации на основе графовых диаграмм, и применением современных технологий ее реализации, вносят ценный вклад в развитие перспективных инструментов интеллектуального анализа данных.

### **Анализ методов и технологий визуализации на основе графовых моделей**

Существует множество подходов и инструментов для визуализации графов, которые различаются функциональностью, масштабируемостью, способами интерактивного взаимодействия.

В процессе анализа технологий и средств для визуализации данных на основе графовых моделей были рассмотрены такие решения, как Gephi, Linkurious, Graphistry и Cytoscape.js.

**Gephi** – мощный open-source инструмент для визуализации и анализа графовых структур. Позволяет строить графы, манипулировать их структурой, применять алгоритмы компоновки и фильтрации (рис. 3) [7].

Плюсы:

- open-source решение с открытым исходным кодом;
- большой выбор визуальных стилей и настроек;
- plugin архитектура для расширения функционала.

Минусы:

- ограниченные возможности для анализа очень больших графов;
- требует установки ПО на компьютер;
- неудобный интерфейс для новичков.

**Linkurious** – веб-платформа для интерактивной визуализации и анализа крупных графовых данных (рис.4) [8].

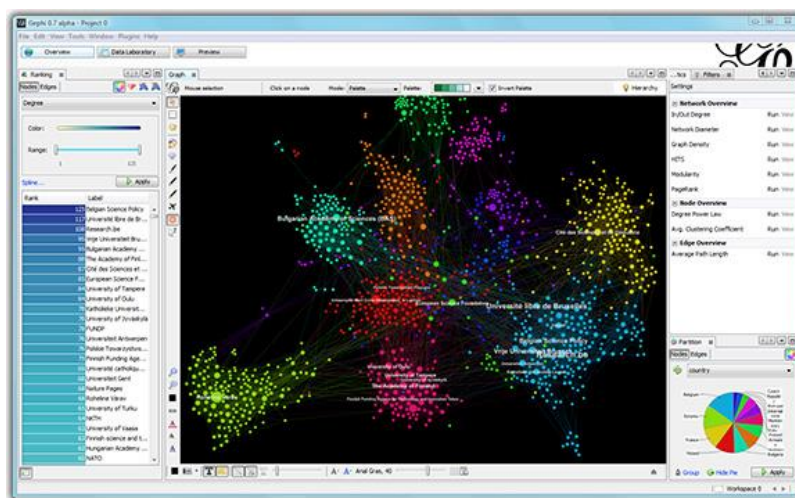


Рисунок 3 – Программное обеспечение Gephi

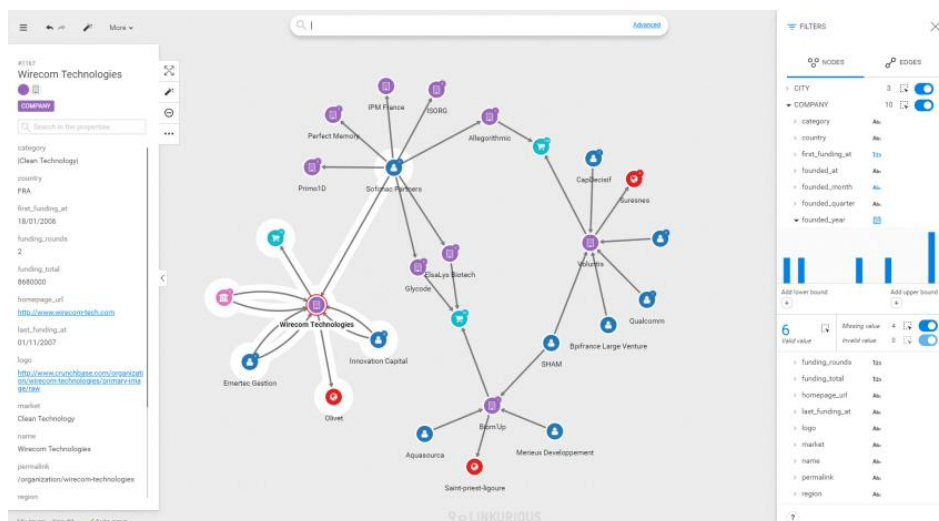


Рисунок 4 – Веб-платформа Linkurious

Плюсы:  
– веб интерфейс, не требует установки ПО;  
– хорошо масштабируется для анализа больших графов;  
– расширенные аналитические инструменты (кластеризация, поиск пути и сообществ и т.д.)

Минусы:  
– платная лицензия для использования;  
– ограниченные возможности экспорта и сохранения результатов;  
– сложности при интеграции с другими системами.

**Graphistry** – высокопроизводительный инструмент визуализации больших графов в браузере на основе GPU. Позволяет быстро строить изображение графа и манипулировать им (рис. 5) [9].

Плюсы:  
– высокопроизводительная визуализация больших графов в браузере с помощью GPU  
– плавная анимация перестроения графа  
– API для интеграции со сторонними данными

Минусы:  
– сложность настройки и развертывания, требует DevOps навыков  
– ограниченные аналитические возможности в сравнении со специализированными платформами  
– закрытый исходный код

**Cytoscape.js** - библиотека для построения интерактивных графов в веб-приложениях. Использует HTML5, canvas, SVG и WebGL (рис. 6) [10].

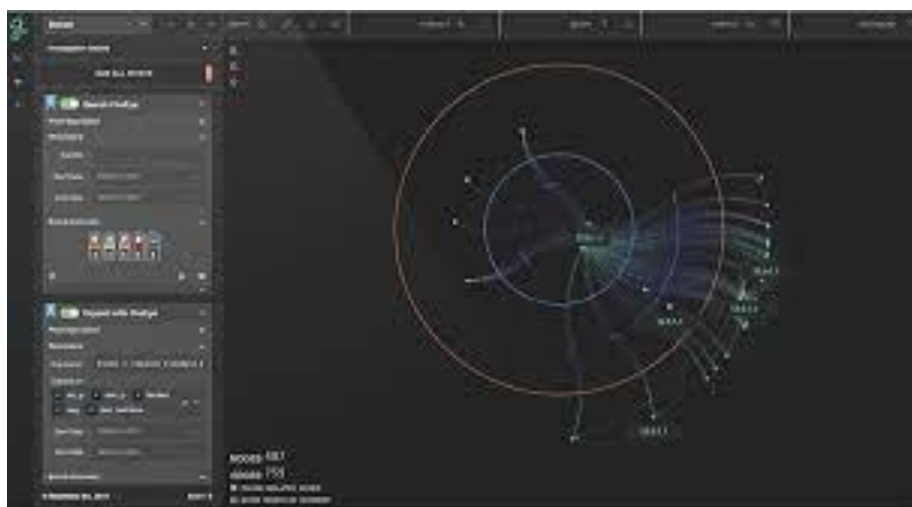


Рисунок 5 – Программное обеспечение Graphistry

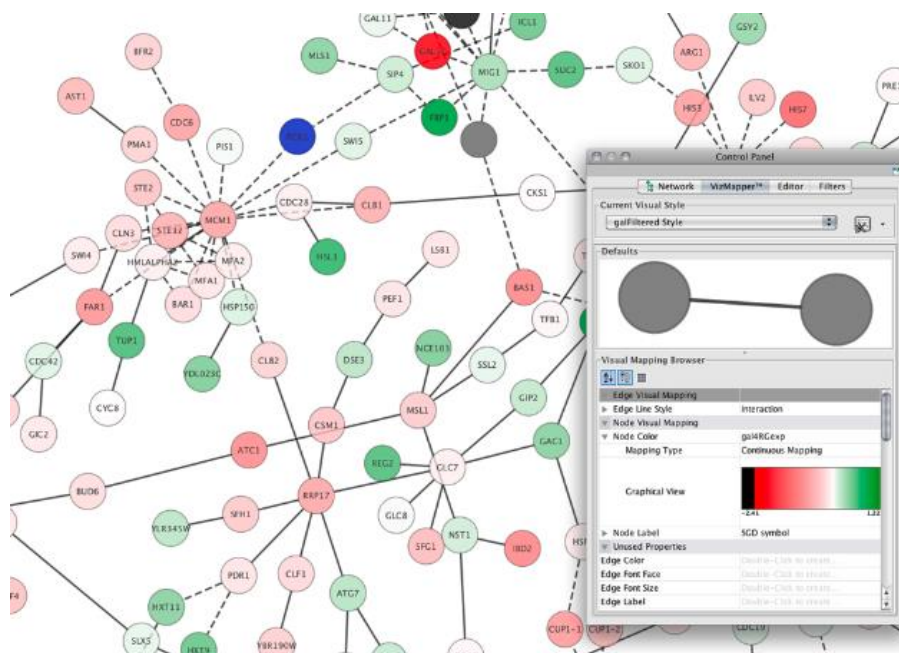


Рисунок 6 – Библиотека Cytoscape.js

Плюсы:  
– open-source библиотека для разработчиков  
– кроссбраузерная поддержка, использование HTML5 canvas/SVG/WebGL расширяемость и настраиваемость за счет модульной архитектуры, интеграция с внешними библиотеками (D3.js и др.)

Минусы:  
– ограниченные встроенные аналитические возможности  
– требует навыков JavaScript программирования  
отсутствие готового desktop или веб-приложения

Проанализированные инструменты визуализации графовых данных, такие как Gephi, Linkurious, Graphistry и Cytoscape.js, обладают определенными возможностями, но также имеют свои ограничения.

Gephi, несмотря на гибкость визуализации, позволяет анализировать графы ограниченного размера. Linkurious специализируется на анализе крупных сетей, но имеет закрытый исходный код. Graphistry отличается производительностью, но сложен в настройке и интеграции. Cytoscape.js требует навыков программирования и расширения для полноценного анализа.

Таким образом, существует потребность в решениях, которые сочетали бы простоту, гибкость использования и визуальные возможности представления данных в виде графовых диаграмм. При этом проанализированные инструменты обладают различными возможностями и ограничениями.

Это указывает на необходимость комплексного решения, которое объединит их преимущества.

Предлагаемый в рамках данного исследования подход основан на создании гибких динамических моделей графовых структур и разработке интерактивных инструментов их визуализации и анализа. В основе подхода лежит представление данных в виде математических моделей с использованием методов теории графов. Это позволяет структурировать и формализовать графы, а также применять актуальные алгоритмы их анализа.

При создании механизма визуализации будут использованы интерактивные веб-интерфейсы с возможностями динамического отображения и манипулирования графами. Это обеспечит наглядность информации и удобство работы пользователя.

Данный комплексный подход, интегрирующий математическое моделирование и интерактивную визуализацию, позволит эффективно анализировать и представлять графо-ориентированные данные, что является актуальной научно-практической задачей.

### **Цель и задачи дальнейших исследований, новизна и значение работы**

Объект исследования – средства анализа, обработки и визуализации информации в системах визуального компьютерного моделирования.

Предмет исследования – эффективные модели, методы и технологии обработки,



анализа и визуализации данных на основе графов.

Целью исследований является теоретическое обоснование и практическая реализация усовершенствованных эффективных методов и средств для обработки, анализа и визуализации данных и процессов компьютерного моделирования на основе графовых моделей.

Определены дальнейшие задачи исследований и разработок:

1. системный анализ существующих методов, технологий и средств для визуализации результатов компьютерного моделирования данных и процессов;

2. анализ способов их улучшения;

3. разработка эффективных средств для повышения эффективности систем визуального компьютерного моделирования, отличающейся простотой и наглядностью, удобством и функционалом интерфейса, а также возможностью интерактивного взаимодействия с моделью;

4. исследование возможности применения разработанных средств анализа, обработки и визуализации информации на основе графовых моделей для повышения эффективности компьютерного моделирования;

5. оценка характеристик и эффективности предложенных средств.

Методы исследований – решение сформулированных задач базируется на методах системного анализа, методах теории информации, цифровой обработки сигналов, методах математического и имитационного программного моделирования и способах реализации разработанных подходов и средств с использованием современного комплекса программных инструментов и технологий.

Предполагаемая научная новизна работы заключается в разработке новых эффективных методов визуального представления и анализа данных на основе динамических графовых моделей с возможностью интерактивного взаимодействия. Ожидается разработка усовершенствованного подхода к визуализации данных и процессов в виде диаграмм переходов, позволяющий наглядно отображать потоки данных и взаимосвязи элементов моделируемой системы.

Разработанные методы и модели, реализованные в виде программного инструментария, обеспечат повышение эффективности и скорости процессов анализа и оптимизации при визуальном компьютерном моделировании в различных предметных областях.

Практическое значение работы заключается в возможности создания на основе предложенных и разработанных средств

эффективных компьютерных программных систем анализа и визуального моделирования, позволяющих:

– повысить эффективность процессов анализа и оптимизации сложных систем в различных предметных областях за счет более наглядного графического представления информации и инструментов ее анализа;

– ускорить процессы принятия решений в науке и бизнесе благодаря возможности быстрого построения моделей и визуального исследования вариантов реализаций;

– снизить временные и финансовые затраты на разработку и отладку моделей сложных систем по сравнению с традиционными средствами;

– повысить качество обучения специалистов методам системного анализа и моделирования за счет наглядности и интерактивности графовых моделей;

– унифицировать подходы к визуальному компьютерному моделированию в различных предметных областях на основе единой графовой методологии, и созданию инструментария и компьютерных систем на этой основе.

## **Выводы**

В работе рассмотрена проблема повышения эффективности анализа и визуализации научных данных, обозначена актуальность исследования и разработки новых эффективных методов представления, анализа и визуализации данных в условиях возрастающих объемов информации. В качестве перспективного направления решения проблемы предложено использование графовых моделей данных.

Выполнен анализ существующих методов, технологий и средств визуализации данных на основе графовых моделей, рассмотрены такие инструменты, как Gephi, Linkurious, Graphistry и Cytoscape.js, проанализированы их возможности и ограничения. На основе проведенного анализа были определены цель исследования, основные задачи исследований, сформулированы новизна и практическое значение работы, направленной на развитие методов визуальной аналитики и повышение эффективности анализа данных различных прикладных областей.

## **Литература**

1. Компьютерная визуализация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://aco.ifmo.ru/e1\\_books/computer\\_visualization/lectures/1.html](http://aco.ifmo.ru/e1_books/computer_visualization/lectures/1.html) - Загл. с экрана.

2. Теория графов. Термины и определения в картинках [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://habr.com/ru/companies/otus/articles/568026/>  
- Загл. с экрана.

3. Информационные модели на графах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://infoplaneta.ucoz.net/index/urok\\_23\\_ispolzovanie\\_grafov\\_prakticheskaja\\_rabota\\_10\\_sozdaem\\_diagrammy\\_grafiki\\_skhemy/0-141?ysclid=lnafles5rz498646207](http://infoplaneta.ucoz.net/index/urok_23_ispolzovanie_grafov_prakticheskaja_rabota_10_sozdaem_diagrammy_grafiki_skhemy/0-141?ysclid=lnafles5rz498646207) - Загл. с экрана.

4. Макарова, А. Практическое применение теории графов (исследовательская работа). ГАПОУ НСО «Новосибирский педагогический колледж No2», 2016, Новосибирск, Россия.

5. Линник, Е. В. Графовая аналитика для решения ключевых проблем в банковской сфере / Е. В. Линник. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 52 (238). — С. 128-134.

6. Графовый анализ — обзор и области применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://habr.com/ru/companies/glowbyte/articles/594221/> - Загл. с экрана

7. The Open Graph Viz Platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gephi.org> - Загл. с экрана.

8. Linkurious – Main Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://linkurious.com> - Загл. с экрана.

9. Graphistry – 100X Investigations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.graphistry.com> - Загл. с экрана.

10. Cytoscape – Network Data Integration, Analysis, and Visualization in a Box [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cytoscape.org> - Загл. с экрана

***Зори С. А., Бездетный Н. А. Повышение эффективности анализа и визуализации данных на основе графовых моделей.** В статье рассматривается проблема повышения эффективности анализа и визуализации научных данных, обозначена актуальность исследования и разработки новых эффективных методов представления, анализа и визуализации данных в условиях возрастающих объемов информации. В качестве перспективного направления решения проблемы предлагается использование графовых моделей данных. Сформулирована цель исследования, определены основные задачи работы, направленной на развитие методов визуальной аналитики и повышение эффективности анализа данных различных прикладных областей.*

**Ключевые слова:** визуальный анализ данных, визуализация, графовые модели, теория графов, диаграммы, интерактивное взаимодействие.

***Zori S.A., Bezdetniy N.A. Improving the Efficiency of Data Analysis and Visualization Based on Graph Models.** The article considers the problem of improving the efficiency of scientific data analysis and visualization, highlights the relevance of research and development of new effective methods for representing, analyzing and visualizing data in the face of increasing volumes of information. The use of graph data models is proposed as a promising solution to the problem. The aim of the study is formulated, the main objectives of the work are identified, which is aimed at developing visual analytics methods and improving the efficiency of analyzing data from various applied fields.*

**Keywords:** visual data analysis, visualization, graph models, graph theory, diagrams, interactive interaction.

Статья поступила в редакцию 20.09.2023  
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

УДК 004.622

## Разработка алгоритмов предобработки информации для прогнозных моделей ИСППР управления закупками

Н.К. Андриевская, Т.В. Мартыненко  
Донецкий национальный технический университет  
[nataandr@yandex.ua](mailto:nataandr@yandex.ua)

### **Аннотация**

*Статья посвящена разработке алгоритмов предварительной обработки данных и решению таких задач, как устранение неполноты данных и преобразование необработанной информации в удобный для анализа вид. При получении реальных данных временных рядов мы сталкиваемся с тем, что они лишь изредка бывают в необходимом формате. Существенная часть необработанных наборов данных слабо структурирована или содержит большое количество отсутствующих значений. Это делает невозможным последующую обработку данных некоторыми методами. В связи с этим реализованы основные этапы предварительной обработки данных, такие как, очистка данных, заполнение недостающих значений, сглаживание временного ряда, нормализация переменных. Таким образом, получен набор данных для дальнейших исследований, реализации и тестирования прогнозных моделей интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) управления закупками.*

### **Общая постановка проблемы**

В современном мире, в условиях быстро изменяющихся рынков, невозможно достичь ощутимых конкурентных преимуществ без использования современных информационных технологий. Наиболее передовыми в отношении использования современных информационных систем являются предприятия сферы бизнеса, в первую очередь крупные торговые структуры, в том числе и аптечные холдинги.

Фармацевтический сектор экономики является важным элементом, как в социальном, так и в экономическом плане. Существенными особенностями реализации лекарственных средств является многообразие ассортимента и высокая динамика его изменения, как в номенклатуре, так и в объемах и ценах. Все это влечет за собой требования в постоянном мониторинге реализации лекарственных средств, соответствующем анализе, использовании различных методов моделирования различных ситуаций и прогнозирования, поддержки принятия определенных решений в объемах в ценовой политике по закупке лекарственных средств аптечными холдингами и отдельными аптеками [1].

Важнейшей инновацией в этой области является способность ключевых бизнес-процессов к цифровизации, которая позволяет ускорить выполнение бизнес-процессов в закупочных процессах, обеспечивая большую достоверность и прозрачность информации для принятия обоснованных решений [2].

Закупочная деятельность - одна из основных коммерческих функций любого торгового предприятия, в том числе и аптечной сети. Правильно организованная и четко выстроенная закупочная стратегия не только способствует удовлетворению потребительского спроса, но и позволяет уменьшить риск, связанный с плохим сбытом товаров.

В настоящее время организация процесса управления запасами имеет огромное значение в фармацевтической отрасли, так как она направлена на поддержание необходимого и достаточного объема запасов для выполнения объема продаж, а также прямо влияет на безопасность людей [3].

Анализ и принятие решений менеджерами привычными методами затрудняется из-за огромного объема информации и большого количества характеристик для анализа. Принятие решений становится чрезвычайно ресурс-затратным процессом, снижается точность, повышается время, необходимое для решения основных задач, в том числе и по планированию закупок. Среди популярных рыночных предложений в настоящее время на рынке программного обеспечения для аптек представлено несколько видов продуктов: «Аналит-аптека» («Аналит»), «ФармаНет» («Фарманет»), СПО «еФарма», «АИС Аптекарь», «АИС Парацельс», «АИС 1С: Аптека».

Поскольку ни одно из выше описанных программных решений не обеспечивает требования заказчика по функциональности СППР, необходимой и актуальной становится

задача разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений для закупочной деятельности аптеки, построенной на применении целого ряда информационных технологий.

### **Постановка задачи исследований**

В более раннем исследовании по этой теме при помощи имитационных моделей было выполнено моделирование в аспекте динамики изменения финансовых показателей аптеки в зависимости от различных стратегий организации закупок и выбрана оптимальная стратегия, которая и была реализована в информационной системе [4].

На сегодняшний день одним из ведущих направлений в сфере информационных технологий являются интеллектуальные информационные системы. Эти системы позволяют решать неформализованные задачи, возникающие в ходе развития бизнеса.

Закупочная функция также эволюционирует под воздействием развития цифровых технологий, что означает внедрение принципиально новых средств анализа и обработки данных в систему управления предприятием.

Постоянной функцией менеджера по закупкам аптеки является проведение анализа закупочных цен поставщиков и определение «оптимальной» цены, наиболее подходящей в данный момент для покупки товара. Возникает необходимость прогнозирования данных (цен) по историческому массиву цен из прайс-листов.

Реализация поставленной выше задачи предусматривает использование целого комплекса информационных технологий, применения различных математических методов и моделей, в том числе статистических и интеллектуальных. При этом возможно решение одной и той же задачи различными методами, что усложняет реализацию системы.

В работе [5] описано прогнозирование закупочных цен лекарств в условиях аптечной сети экстраполяционными методами прогнозирования временных рядов по типу традиционного статического подхода, при этом эксперименты показали достаточно высокую точность прогнозирования.

Представителями моделей искусственного интеллекта являются прогнозные модели на основе нейронных сетей. Использование данных моделей позволяет ассоциировать исследуемый показатель (цена на лекарственное средство) с набором различных факторов (не только исторических значений) и экстраполировать его значение на перспективу [6]. При этом задача прогнозирования закупочной цены, спроса и продаж лекарств обладает теми особенностями, которые делают целесообразным использование

именно интеллектуальных нейросетевых методов моделирования и, в частности, с топологией «внутренний учитель»: небольшой объём данных; присутствуют пропуски данных; возможны искажения данных («шум»); необходима адаптация модели при поступлении новых данных; наличие большого количества позиций номенклатуры товаров [7,8].

Основная алгоритмическая часть ИС построена на прогнозировании «допустимой» закупочной цены среди цен разных производителей и поставщиков искусственной нейронной сетью, которую по имеющимся результатам оценки эффективности закупок станет возможно переобучать, чтобы картина соответствовала действительности в большей степени.

Искусственная нейронная сеть в процессе своей работы будет делать краткосрочный дневной либо недельный прогноз цен для формирования плана закупок товаров, на основании которых одна из подсистем должна проанализировать остатки на складе и, в случае возможной нехватки, вывести информацию, каких и сколько товаров необходимо закупить.

Анализ литературных источников показал, что алгоритмам и методам предобработки данных, а также формированию датасетов, уделено чрезвычайно мало внимания разработчиками нейронных сетей. Модели и алгоритмы машинного обучения учеными-практиками описаны с точки зрения их применения на чистых, уже подготовленных данных [9].

Предварительная обработка данных – это процесс анализа данных, который включает преобразование необработанной информации в удобный для анализа формат и дальнейшее их использование. Задачи предварительной подготовки данных в первую очередь связаны с обработкой прайс-листов цен лекарств.

В результате исследований необходимо решить следующие проблемы: обеспечить одинаковый интервал между рядами наблюдений; обеспечить количество пробелов данных на уровне не более 20%; выполнить заполнение промежутков данными; устранить пиковые мгновенные значения; устранить «шум».

### **Обзор основных методов и технологий**

Временной ряд – последовательность значений, которые протекают и измеряются в обозначенном промежутке времени. Временной ряд отличается от обычной выборки данных тем, что он учитывает не только значения, но и время, в течение которого они были измерены [10].

При анализе, в общем случае, временной ряд предусматривает наличие четырех составляющих: Тренд (Tt), Сезонность (St),

Цикличность (Ct), Случайные возмущения (Et).

Тренд — это общая тенденция, сезонность, как следует из названия - влияния периодичности (день недели, время года и т.д.) и, наконец, шум — это случайные факторы. Циклическая компонента, по сравнению с сезонностью, имеет более длительный эффект и меняется от цикла к циклу. Поэтому, ее обычно объединяют с трендом. Обычно, выделяют три модели временного ряда:

1. Аддитивная:  $Y[t]=T[t]+S[t]+E[t]$
2. Мультипликативная:  $Y[t]=T[t]*S[t]*E[t]$
3. Смешанная:  $Y[t]=T[t]*S[t]+E[t]$

Построение этих моделей сводится к расчету тренда (T[t]), сезонности (S[t]) и случайных возмущений (E[t]) для каждого уровня ряда (Y[t]).

При выборе необходимой модели временного ряда смотрят на амплитуду колебаний сезонной составляющей. Если ее колебания относительно постоянны, то выбирают аддитивную модель. Если амплитуда сезонных колебаний возрастает или уменьшается, строят мультипликативную модель временного ряда, которая ставит уровни ряда в зависимость от значений сезонной компоненты.

Реальные данные часто являются непоследовательными, неполными и возможно недостающими в определенном поведении или тенденциях и могут содержать большое количество ошибок. Предварительная обработка данных – это проверенный метод решения проблем, связанных с обработкой необработанных данных. Она подготавливает данные для последующей обработки.

Преимущества предварительной обработки данных:

– Точность. При устранении отсутствующих и несогласованных значений данных, возникших по вине человека или компьютера, повышается точность вашего набора данных.

– Консистенция. В процессе предварительной обработки могут возникать дубликаты данных, которые необходимо исключить для обеспечения более согласованного анализа данных и получения надёжных результатов без искажений.

– Полнота данных. Предварительная обработка данных позволяет добавлять необходимые отсутствующие данные.

– Предварительная обработка данных обычно облегчает чтение, применение и интерпретацию информации, особенно когда используется автоматизированное программное обеспечение для машинного обучения [11].

Приведем процесс предварительной обработки данных при прогнозировании временного ряда нейросетевыми методами в виде схемы (рис. 1).



Рисунок 1 – Процесс предварительной обработки данных временного ряда

Целью первого шага является непосредственно получение данных, а также оценка полноты данных. Для этого надо оценить, достаточно ли количество имеющихся данных для решения задачи, насколько полно имеющиеся переменные описывают исследуемый процесс, и какие внешние факторы могут оказывать влияние на исследуемый процесс.

Сколько исторических данных следует использовать для тренировки модели? Необходимо начать с временных рядов, которые в несколько раз больше, чем временные интервалы прогноза, а затем проверить точность получаемого прогноза. Далее следует изменять длину истории и проводить тест повторно, чтобы определить необходимое количество данных.

На втором шаге желательно максимальным образом обеспечить полноту, корректность, непротиворечивость данных, структурированность, согласованность данных.

Для этого необходимо использовать процедуры заполнения пропусков или восстановления данных, поиск невозможных значений и дубликатов, исправление форматов, сглаживание выбросов и устранение «шума».

Методов обработки пропусков числовых данных предостаточно, например, заполнение наиболее часто встречающимся значением или предопределенной константой, а также заполнение случайными значениями из выборки.

Интерполяция – это метод, который позволяет прогнозировать неизвестные значения между двумя известными значениями. Она

может быть использована для заполнения пропусков в таблице данных, используя уже известные значения [12]. Методы сглаживания необходимы для удаления «шума» из временного ряда.

На третьем шаге выполняется приведение типов данных и кодирование номинативных переменных, нормализация данных, стандартизация данных, обогащение данных, оптимизация пространства признаков.

Задача процесса нормализации - улучшить качество работы алгоритмов за счёт приведения данных к нужному диапазону с помощью следующих методов: нормализация на максимум; нормализация на интервал; ранговая нормализация.

Задача стандартизации заключается в улучшении качества работы алгоритмов за счёт приведения данных к стандартному нормальному распределению.

Нормализация и стандартизация существенно повышают эффективность метрических алгоритмов классификации: метода ближайшего соседа (k- Nearest Neighbors), метода k-средних (k-means), метода машин опорных векторов (Support Vector Machine).

После завершения всех алгоритмов предварительной обработки данных выполняется векторизация текстов, так как алгоритмы машинного обучения предназначены для работы с числовыми данными, и необходимо выполнить преобразование текста отзыва в числовой вектор признаков.

Весь процесс обработки данных, реализации и тестирования методов прогнозирования осуществлён в среде Google Colaboratory [13].

Для разработки методов прогнозирования и предварительной обработки данных были использованы следующие библиотеки языка Python:

– NumPy – библиотека Python, применяемая для математических вычислений: от базовых функций и до линейной алгебры [14].

– Pandas – библиотека Python, предназначенная для обработки и анализа структурированных данных. Такими данными называют информацию, которая получена в результате исследований и структурированную в виде таблиц. Для работы с такими массивами данных и создан Pandas [15].

– Matplotlib – библиотека Python, предназначенная для визуализации данных. В ней можно построить двумерные (плоские) и трехмерные графики [16].

– Scikit-learn (sklearn) – это один из наиболее часто используемых пакетов Python для Data Science и Machine Learning. Он содержит функции и алгоритмы для машинного обучения: классификации, прогнозирования или разбивки данных на группы [17].

– Keras – библиотека Python, применяемая для глубокого машинного обучения. Она даёт возможность быстрее создавать и настраивать модели – схемы, по которым распространяется и подсчитывается информация при обучении [18].

## Результаты исследований

Данные, которые будут использоваться для прогнозирования цен (аналогично также продаж) взяты с источника Интернет и представляют собой датасет цен некоторой российской компании с 22.11.2011 по 30.12.23 в размере 2778 строк. Было принято решение взять его для обучения и тестирования рассмотренных методов и моделей, так как самым главным критерием является проверка работоспособности и точности разработанных алгоритмов. Отобрав данные, получаем в итоге набор данных со значениями цен и объёмов продаж одного лекарства. В результате подготовки набора данных для прогнозирования и моделирования, мы получили временной ряд в интервале от 22.11.2011 по 30.12.2022 со значениями цен и объёмов продаж по одному товару.

### А. Разложение ряда по компонентам

Временной ряд подготовленных данных за последний год можно разделить на четыре компонента, представленные на рис. 2:

– уровень (**level**)– это среднее значение ряда;

– тренд (**trend**) – показывает, увеличивается или уменьшается значение со временем;

– сезонность (**seasonal**) – это краткосрочный повторяющийся цикл;

– шум (**resid**)– это случайное изменение, несвязанное с другими компонентами ряда [19].

Все эти составляющие можно разложить с помощью функции `seasonal_decompose` из модуля `statsmodels` в Python.

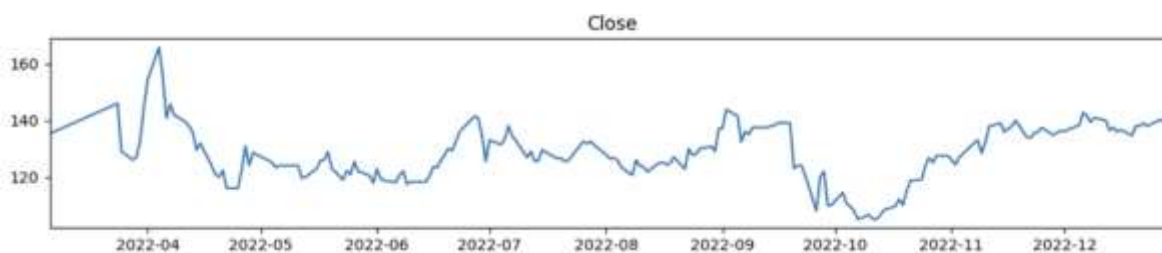


Рисунок 2 – Результат работы функции `seasonal_decompose`

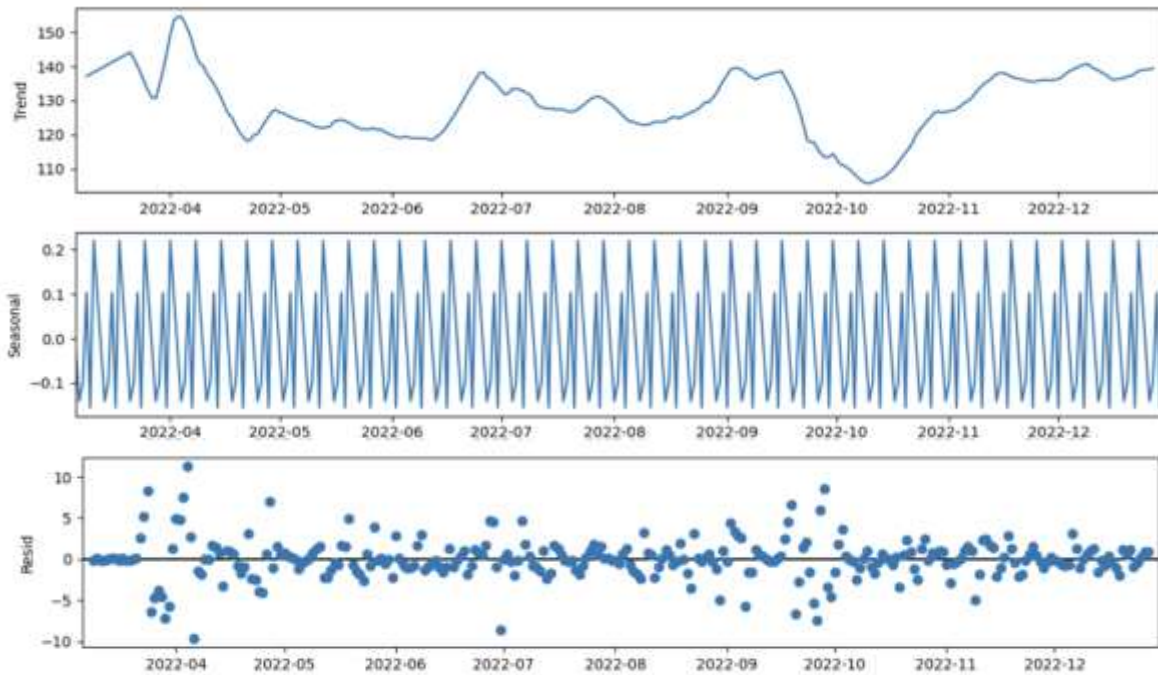


Рисунок 2 – Результат работы функции `seasonal_decompose` (продолжение)

### В. Очистка данных

При получении реальных данных временных рядов мы сталкиваемся с тем, что они лишь изредка бывают в необходимом формате. Большая часть необработанных наборов данных слабо структурирована или содержит большое количество отсутствующих значений, что делает невозможным последующее обучение моделей.

Над набором данных была выполнена чистка значений дат и цен/объемов продаж. Числа приведены к одинаковому виду, все даты приведены к одному формату с помощью функции `to_datetime` библиотеки `Pandas` в `Python`.

Пример:

```
dff['Date'] =
pd.to_datetime(dff.Date,format='%Y-%m-%d')
```

### С. Заполнение недостающих значений

Проанализировав данные, можно заметить, что в выборке присутствуют некоторые пропуски в датах по каким-либо причинам (множество пропущенных дат являются выходными днями или праздниками). Для более точного понимания тренда временного ряда и достижения хорошего результата прогнозирования необходимо заполнить пропущенные даты и значения для них.

Процесс заполнения пропущенных дат и достигнутый результат приведен на рисунке 3.

Таким образом, недостающие значения цен/объемов продаж были заполнены с помощью функции `interpolate` библиотеки `pandas` в `Python`.

В результате преобразования размер выборки после заполнения увеличился до 4058 записей.

Очищенный график представлен на рис. 4.

```
df = (df.set_index("Date").reindex(pd.date_range
(df["Date"].min(), df["Date"].max()).reset_index()))
df.rename(columns={"index": "Date" }, inplace=True)
dff['Close'] = dff['Close'].interpolate ()
dff['Volume'] = dff['Volume'].interpolate ()
dff.index = dff['Date']
dff.head(10)
```

Date	Date	Close	Volume
2011-11-21	2011-11-21	74.500000	333.0
2011-11-22	2011-11-22	76.450000	1105.0
2011-11-23	2011-11-23	77.480000	97.0
2011-11-24	2011-11-24	75.610000	501.0
2011-11-25	2011-11-25	78.480000	334.0
2011-11-26	2011-11-26	79.923333	290.0
2011-11-27	2011-11-27	81.366667	246.0
2011-11-28	2011-11-28	82.810000	202.0
2011-11-29	2011-11-29	82.410000	608.0
2011-11-30	2011-11-30	87.500000	405.0

Рисунок 3 – Результат заполнения пропусков

### Д. Сглаживание временного ряда

При работе с рядами шум может затруднять анализ структуры ряда, соответственно можно использовать методы сглаживания ряда для его исключения, что позволит лучше рассмотреть структуру ряда.

Сглаживание ряда – это представление тренда в определенной точке с помощью усредненного значения ряда, которое рассчитывается в окрестностях этой точки [20]. Результат сглаживания представлен на рис. 5.

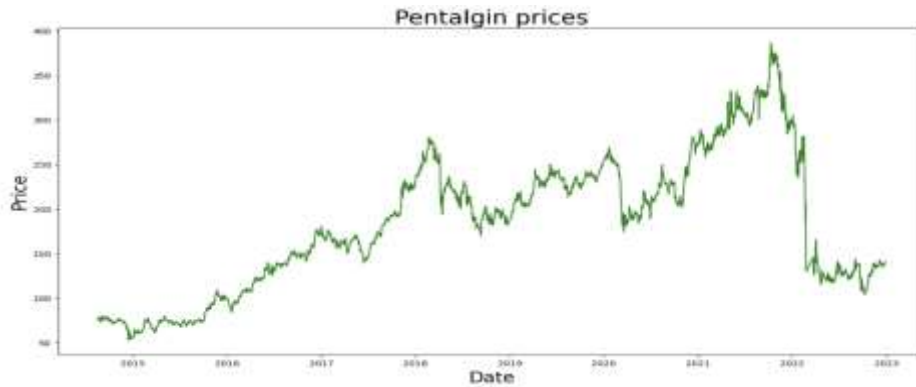


Рисунок 4 – Очищенный график выборки данных

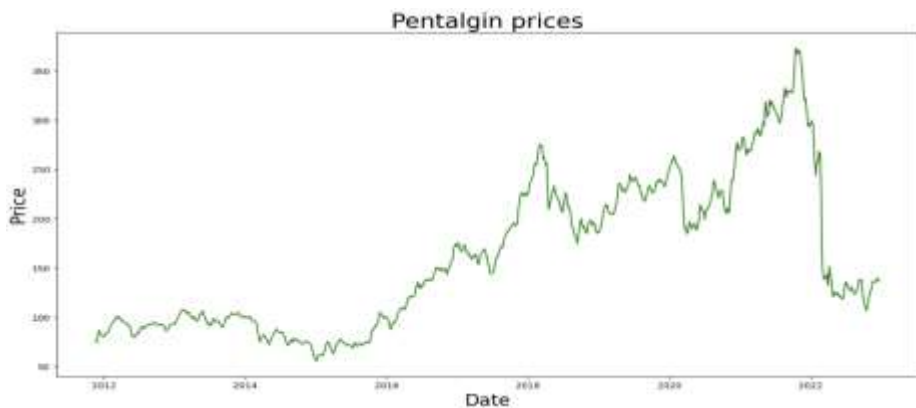


Рисунок 5 – Сглаженный график выборки данных

Для сглаживания ряда использован один из выше представленных методов прогнозирования – метод экспоненциального сглаживания. Коэффициент сглаживания выбран равным 0,2.

#### **F. Нормализация переменных**

Нормализация – это один из этапов предварительной обработки данных, который используется в машинном обучении. Она позволяет улучшить стабильность и скорость обучения, делая значения данных более сопоставимыми [21]. Для эффективного анализа и прогнозирования неоднородных изменений во времени на временных рядах может потребоваться приведение значений к определенному диапазону, например, от 0 до 1, путем масштабирования на основе минимальных и максимальных значений. Диапазон значений может быть различным для разных временных рядов, поэтому важно учитывать это при анализе.

Одним из методов нормализации является метод Min-Max нормализация, который позволяет привести данные к диапазону значений от 0 до 1 по следующей формуле:

$$x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}},$$

где  $x$  – значение данных,  $x_{min}$  – минимальное значение во всем наборе данных,  $x_{max}$  – максимальное значение во всем наборе данных,  $x_{norm}$  – нормализованное значение.

Нормализация проведена с помощью объекта MinMaxScaler библиотеки Scikit-learn. Результат нормализации приведен на рис. 6.

```
scaler=MinMaxScaler(feature_range=(0,1))
scaler.fit(np.array(closedf).reshape(-1,1))
closedf_train = scaler.transform
(np.array(closedf['EMA']).reshape(-1,1))
closedf_train[0:10]
array([[0.06392557],
       [0.06977791],
       [0.06509604],
       [0.06665066],
       [0.06677191],
       [0.0685916 ],
       [0.07091369],
       [0.07363772],
       [0.07668328],
```

Рисунок 6 – Нормализация начальных элементов выборки

Применение метода Min-Max нормализации к временным рядам позволяет привести данные к единому диапазону значений, что упрощает их анализ.

#### **E. Составление наборов для обучения**

Задача прогнозирования закупочной цены обладает теми особенностями, которые делают целесообразным использование именно интеллектуальных нейросетевых методов моделирования и, в частности, небольшой размер набора данных; возможность адаптации модели при поступлении новых данных; наличие



большого количества позиций номенклатуры.

В машинном обучении случайное разделение потока данных на тестовую и обучающую выборки считается нормой, так как существует независимость между одним наблюдением и другим. Однако, это утверждение не относится к временным рядам данных.

Поэтому в данной задаче мы разделим сформированный датасет последовательно на 3 выборки:

– 90% данных будем использовать для обучения (train), итого 3643 записи;

– 10% для проверки (valid), итого 405 записей;

– данные за 10 последних дней будем использовать для тестирования (test), итого 10 записей.

### **Выводы**

В статье обсуждены проблемы разработки аналитических подсистем закупок лекарств аптечной сети. Отмечена важность процесса предобработки данных для их последующего использования в качестве датасета задач машинного обучения.

В результате были реализованы такие задачи предварительной обработки данных, как, очистка данных, заполнение пропусков элементов ряда значениями, сглаживание временного ряда с целью устранения выбросов, нормализация переменных и получение набора данных для дальнейшего обучения и тестирования в машинных алгоритмах.

### **Литература**

1. Мариничев, И. И. Применение имитационного моделирования для принятия решения по управлению закупками при децентрализованной схеме поставок товара / И. И. Мариничев, Д. И. Трачук, В. А. Светличная // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2021). - Донецк: ДонНТУ, 2021. – С. 100-104.

2. Шумаева, Е.А. Применение технологий блокчейн и интернет вещей в системе управления цепями поставок / Е. А. Шумаева, Т. К. Левина // Ресурсосбережение. Эффективность. Развитие : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Донецк, 29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 635-639.

3. Миронкина, С.В. Особенности управления запасами в аптечной сети / С. В. Миронкина, Е. А. Шумаева // Актуальные проблемы социально-экономического развития современного общества : сборник статей II международной заочной научно-практической конференции, Киров, 27 мая 2021 года. – Киров:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2021. – С. 289-293.

4. Светличная В.А. Использование методов теории принятия решений для выбора оптимальной стратегии при закупке лекарственных средств / В.А. Светличная, Е.А. Шумаева, О.В. Ченгарь, А.В. Андриевская // Экономика строительства и городского хозяйства. 2020. Т. 16. № 1. С. 41-48.

5. Андриевская, А.В. Экстраполяционные методы прогнозирования закупочных цен лекарств в условиях аптечной сети/ А.В. Андриевская, В.А. Светличная // В сборнике: Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2022). Материалы XIII Международной научно-технической конференции в рамках VIII Международного Научного форума Донецкой Народной Республики. Донецк, 2022. С. 195-201.

6. Золотова Ирина Юрьевна, Дворкин Владимир Валентинович Краткосрочное прогнозирование цен на российском оптовом рынке электроэнергии на основе нейронных сетей // Проблемы прогнозирования. 2017. №6.

7. Вовченко, В. О. Формирование датасета для решения задач машинного обучения / В. О. Вовченко, В. А. Светличная, Н. К. Андриевская // Информатика и кибернетика. – Донецк: ДонНТУ, 2023. – № 2(32). – С. 5-12.

8. Sergii K., Yurii S., Tatyana V., Natalia A. (2016) Feature Selection for Time-Series Prediction in Case of Undetermined Estimation. In: Samsonovich A., Klimov V., Rybina G. (eds) Biologically Inspired Cognitive Architectures (BICA) for Young Scientists. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 449. Springer, Cham

9. Stock prices dynamics forecasting with recurrent neural networks. Vasyaeva T., Martynenko T., Khmilovyi S., Andrievskaya N. // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем, 2020. – № 4. – С. 277-282

10. Что такое предварительная обработка данных? - определение из техопедии [Электронный ресурс] – URL <https://ru.theastrologypage.com/data-preprocessing/> (дата обращения: 22.05.2023).

11. Прогнозирование временных рядов криптовалют для чайников [Электронный ресурс] – URL <https://vc.ru/u/1389654-machine-learning/580239-prognozirovanie-vremennyh-ryadov-kriptovalyut-dlya-chaynikov> // (дата обращения: 22.05.2023).

12. Интерполяция [Электронный ресурс] – URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/interpolation.ht>

ml // (дата обращения: 21.05.2023).

13. Что такое Google Colab и кому он нужен [Электронный ресурс] – URL: <https://clck.ru/34Ypj3> // (дата обращения: 21.05.2023).

14. NumPy [Электронный ресурс] – URL <https://clck.ru/34YpjK/> (дата обращения: 22.05.2023).

15. Pandas [Электронный ресурс] – URL <https://blog.skillfactory.ru/glossary/pandas/> (дата обращения: 22.05.2023).

16. Matplotlib [Электронный ресурс] – URL <https://clck.ru/34Ypju/> (дата обращения: 22.05.2023).

17. Scikit-learn [Электронный ресурс] – URL <https://clck.ru/34YpkF/> // (дата обращения: 22.05.2023).

18. Keras [Электронный ресурс] – URL

<https://blog.skillfactory.ru/glossary/keras/> // (дата обращения: 22.05.2023).

19. Использование интерполяции для заполнения пропущенных записей в Python [Электронный ресурс] – URL <https://pythobyte.com/interpolation-to-fill-missing-entries-2ebaff45/> // (дата обращения: 22.05.2023).

20. Методы и модели сглаживания временных рядов [Электронный ресурс] – URL [https://studme.org/209530/ekonomika/metody\\_model\\_i\\_sglazhivaniya\\_vremennyh\\_ryadov](https://studme.org/209530/ekonomika/metody_model_i_sglazhivaniya_vremennyh_ryadov) // (дата обращения: 22.05.2023).

21. Эксперименты с нейросетями (Часть 5): Нормализация входных параметров для передачи в нейросеть [Электронный ресурс] – URL <https://www.mql5.com/ru/articles/12459/> (дата обращения: 22.05.2023).

**Андриевская Н.К., Мартыненко Т.В. Разработка алгоритмов предобработки информации для прогнозных моделей ИСППР управления закупками.** Статья посвящена разработке алгоритмов предварительной обработки данных и решению таких задач, как устранение неполноты данных и преобразование необработанной информации в удобный для анализа вид. При получении реальных данных временных рядов мы сталкиваемся с тем, что они лишь изредка бывают в необходимом формате. Существенная часть необработанных наборов данных слабо структурирована или содержит большое количество отсутствующих значений. Это делает невозможным последующую обработку данных некоторыми методами. В связи с этим реализованы основные этапы предварительной обработки данных, такие как, очистка данных, заполнение недостающих значений, сглаживание временного ряда, нормализация переменных. Таким образом, получен набор данных для дальнейших исследований, реализации и тестирования прогнозных моделей ИСППР управления закупками.

**Ключевые слова:** прогнозирование, лекарство, цена, закупка, временные ряды, предобработка.

**Andrievskaya N.K., Martynenko T.V. Development of preprocessing information algorithms for predictive models for IDSS in procurement management.** The article is devoted to the development of algorithms for preprocessing data and solving problems such as eliminating data incompleteness and converting raw information into a form convenient for analysis. When obtaining real time series data, we are faced with the fact that they only occasionally appear in the required format. A significant part of the raw data sets is poorly structured or contains a large number of missing values. This makes it impossible to process the data later by some methods. In this regard, the main stages of data preprocessing are implemented, such as data cleaning, filling in missing values, smoothing the time series, normalization of variables. Thus, a set of data was obtained for further research, implementation and testing for predictive models for IDSS in procurement management.

**Keywords:** forecasting, medicine, price, procurement, time series, preprocessing.

Статья поступила в редакцию 29.09.2023  
Рекомендована к публикации доцентом Карабчевским В. В.

УДК 004.8

## Способы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские задачи

А.Д. Стальнов, А.В. Григорьев

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (г. Донецк)

[anton.stalnov2000@mail.ru](mailto:anton.stalnov2000@mail.ru)

### **Аннотация**

*В данной работе проведено исследование возможностей нейросетевых технологий на основе популярных чат-ботов. Выявлены потенциальные угрозы безопасности. Предложен способ адаптации — разработка интерфейса, обеспечивающего взаимодействие между конструктором нейросетей и СППР, построенной на базе онтологий. Рассмотрена задача создания системы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские нужды, а также рассмотрены возможные трудности её реализации. Намечены перспективы дальнейшего исследования.*

### **Введение**

Из года в год мы наблюдаем удивительные достижения в области искусственного интеллекта. Особенно ярко выделяются достижения связанные с нейросетевыми технологиями. Например, в процессе постоянного использования переводчика от Google пользователи могли заметить, что качество переводов заметно возросло. В 2016 году Google Translate заметно улучшил качество переводов из-за внедрения нейросетевых технологий. В ноябре 2016 года Google объявила о запуске Google Neural Machine Translation (GNMT), который использует глубокие нейронные сети для обучения переводу с одного языка на другой. GNMT показал значительное улучшение качества перевода по сравнению с предыдущими методами, особенно для сложных или редких языков.

Уже сейчас мы видим попытки массового внедрения нейросетевых технологий в самые разнообразные сферы: в аналитику, в машинный перевод текстов, в разнообразное цифровое искусство, в сферу развлечений, в средства поиска информации и множество других сфер. Что вполне естественно, ведь повышение качества и результативность напрямую влияет на популярность нейросетевых технологий. Международное информационное агентство Reuters в своём исследовании со ссылкой на аналитиков из UBC утверждает, что всего за 2 месяца с момента запуска ChatGPT число активных пользователей сервиса от OpenAI в месяц достигло 100 миллионов, что стало рекордом — наиболее быстрорастущим потребительским приложением в истории [1].

Тем не менее, рост популярности

нейросетевых технологий выводит на первый план ряд задач, которые необходимо разрешить как можно скорее, чтобы вовремя подавить потенциальные угрозы.

В связи с чем, обусловлена актуальность рассматриваемых в работе задач: разработка вариантов обеспечения безопасного взаимодействия с пользователями и разработка способов адаптации нейросетевых технологий под пользовательские нужды.

Для достижения поставленных задач предлагается решить ряд подзадач: проанализировать безопасность доступного функционала популярных универсальных нейросетевых технологий; проанализировать современный подход к обеспечению адаптивности нейросетевых технологий под разнообразные задачи; обосновать предлагаемый подход к адаптации; рассмотреть проблематику предлагаемого подхода.

### **Анализ возможностей и безопасности популярных чат-ботов**

Как уже упоминалось ранее, на данный момент создано огромное множество различных нейросетевых технологий в самых разнообразных сферах, потому рассматривать каждую из них в отдельности не представляется возможным. Вместо этого стоит сконцентрировать внимание на более универсальных сервисах, которые совмещают в себе аспекты тех или иных направлений деятельности. К таким сервисам можно отнести чат-бот от OpenAI под названием ChatGPT. Данный бот представлен рядом версий, функционал которых рос:

– ChatGPT-1 был представлен в ноябре 2022 года — он мог отвечать на вопросы,

признавать ошибки, спорить и отклонять неуместные запросы;

– ChatGPT-2 (768 слов, 1.5 млрд. параметров, 10 млрд. токенов, что заняло близко 40 GB данных) был выпущен в январе 2023 года — он улучшил качество перевода, добавил возможность писать стихи и эссе;

– ChatGPT-3 2 (1536 слов, 175 млрд. параметров, 500 млрд. токенов) был запущен в апреле 2023 года — он расширил свои навыки до создания компьютерного кода, резюме технических статей и финансового анализа;

– ChatGPT-4 был анонсирован 15 марта 2023 года, но пока он доступен только для пользователей платной версии чат-бота — он может работать не только с текстовыми запросами, но и с изображениями, а возможности обработки слов повысились до 25 тыс., что 8 раз превысило возможности ChatGPT-3 и размер превысил 1 TB данных.

ChatGPT был обучен с помощью двух методов: обучения с учителем и обучения с подкреплением. В обоих подходах использовались люди-тренеры для улучшения производительности модели. В случае обучения с учителем модель была снабжена беседами, в которых тренеры играли обе стороны: пользователя и помощника по искусственному интеллекту. На этапе подкрепления инструкторы-люди сначала оценивали ответы, которые модель создала в предыдущем разговоре. Эти оценки были использованы для создания моделей вознаграждения, на которых модель была дополнительно доработана с использованием нескольких итераций Proximal Policy Optimization. Обучение влияло на структуру нейронной сети, так как модель оптимизировала свои параметры для максимизации вознаграждения, получаемого от тренеров. Обучение с подкреплением позволило модели адаптироваться к различным стилям и целям разговора, а также учитывать контекст и эмоции собеседника.

Очевидно, что ChatGPT относится к универсальным нейронным сетям, поскольку чат-бот позволяет работать с разными типами данных и выполнять разные задачи. Для этого подобные сети используют так называемые универсальные векторизаторы, чтобы создавать векторы из входных данных, а затем декодировать эти векторы в нужный выход. Универсальный векторизатор — это алгоритм, который может преобразовывать любые данные (текст, изображения, звук и т.д.) в векторы фиксированной длины. Эти векторы могут быть использованы для различных целей, таких как поиск, кластеризация, классификация и т.д. Подобные крупные и сложные модели не целесообразно переобучать, вместо этого, при переходе от версии к версии, модель

продолжают обучать, а в случае с ChatGPT обучение продолжается с учётом обратной связи от пользователей.

Такой подход к обучению и разнообразие сфер применения привели к тому, что в ChatGPT видят угрозу, поскольку он научился решать задачи, которые от него не ожидали. Т.е. его векторизатор смог развиваться в такой степени, что создаётся иллюзия наличия интеллекта.

В работе [2], автор выделяет следующий ряд способностей чат-бота, которые не закладывались при обучении:

- способность объяснять свои ответы, парефразировать;
- реферировать, генерировать планы, сценарии, шаблоны;
- переводить на другие языки, строить аналогии, менять тональность, стиль, глубину изложения;
- генерировать программный код на различных языках;
- решать некоторые логические и математические задачи;
- искать и исправлять собственные ошибки по подсказке.

Практика использования универсальных чат-ботов, подобных ChatGPT показывает, что на текущий момент им нельзя доверять. В первую очередь это связано с возможностью подобных сетей «мыслить». Они спокойно и с уверенностью подменяют понятия, а для доказательства генерируют ложные ссылки. Следовательно, какие-либо события, биографии, технологии, нормы, правила, законы — всё может быть переопределено нейросетями подобными ChatGPT.

Угрозой также является слабая осведомлённость пользователя о том, что результаты, возвращаемые чат-ботом, не являются истиной в последней инстанции. Очевидно, какую угрозу несут ответы на запросы, связанные с такими опасными сферами как химия, медицина, DIY-изобретения и прочие. Кроме того, данный аспект усугубляется тем, что в обучающей выборке были манипулятивные тексты и на практике видно, что сеть способна: генерировать зазывающие тексты, поддерживать предрассудки и лженаучные суждения, поддерживать пропагандистские медиаконпании.

В ходе своих практических экспериментов с ChatGPT автор [2] отметил, что на текущий момент сеть не способна нейтрально судить, не выступая за какую-либо сторону конфликта. Таким образом, создаётся колоссальная угроза дисгармоничного влияния на сознание и мировоззрение пользователя. Чат-боты способны оказывать депрессивное влияние

на психику за счёт подобных искажений исторических фактов, что явно демонстрирует наличие угроз как психологического, так и этического характера.

Частично последствия данной проблемы можно обойти, повышая квалификацию пользователей в умении составлять prompt-запросы (подсказки для сети). Применение ряда грамотно составленных запросов может заставить чат-бот продемонстрировать ошибочность его суждений и уберечь пользователя от проблем. Prompt-запросы используются, чтобы задать ИИ вопросы и инструкции, которые могут быть как простыми, так и сложными, в зависимости от задачи. Грамотные Prompt-запросы помогают ИИ понять, чего от него хотят, и дать более релевантный и эффективный ответ. Наука, которая посвящена изучению влияния prompt-запросов в искусственном интеллекте, называется Prompt Engineering или Prompt Design. Это дисциплина, которая разрабатывает и тестирует разные типы prompt-запросов для разных моделей ИИ, особенно для тех, которые основаны на нейронных сетях и машинном обучении. Prompt engineering также исследует, как prompt воздействуют на ИИ и его ответы, как предотвратить нежелательные или ошибочные выходы от ИИ и как повысить качество и точность prompt [3]. Таким образом, в обозримом будущем, существует вероятность возникновения новой профессии — prompt-дизайнера, задача которого будет заключаться в изучении и составлении грамотных запросов с целью добиться желаемого за минимальное количество шагов.

Анализируя текущее неблагоприятное опыты взаимодействия с чат-ботами подобными ChatGPT, автор [2] предлагает ряд возможных способов обеспечения безопасности ИИ, которые необходимо как можно скорее реализовывать для всех текущих и будущих разработок. Они заключаются в необходимости внедрения ограничений на уровне моделей, среди которых наиболее важным является требование подкреплять ответы фактами и цитатами с указанием ссылок, на основе которых был сформирован результат.

На текущий момент ChatGPT не цитирует с указанием ссылок без особого запроса. С другой стороны, компания Microsoft в сотрудничестве с OpenAI создали Bing AI — новую версию поисковика Microsoft Bing, которая использует искусственный интеллект для улучшения поиска и общения с пользователем, и для каждого запроса Bing AI приводит ссылки на материалы, из которых формировался ответ.

Bing AI работает на основе языковой модели GPT-4, которую адаптировали под

поиск. Bing AI отличается от ChatGPT тем, что он делает ставку не на генерацию любых текстов, а на поиск информации в интернете. Кроме того, Bing AI также имеет доступ к актуальным данным, в отличие от ChatGPT, который обучен на данных до 2021 года [4]. Чат-бот Perplexity, также следует данному принципу.

Тем не менее, практика показывает, что в полной мере нельзя доверять даже цитированию и ссылкам, которые возвращают в качестве ответа указанные ранее системы. Это наглядно проявляется в сложных запросах. Например, для проверки надёжности ответов, Bing AI была поставлена задача определить язык программирования, на котором написан сайт. В результате сеть выдала своё суждение, без указания каких-либо ссылок. Для проверки, чат-бота попросили пошагово объяснить каким образом был сформирован ответ (рис. 1).

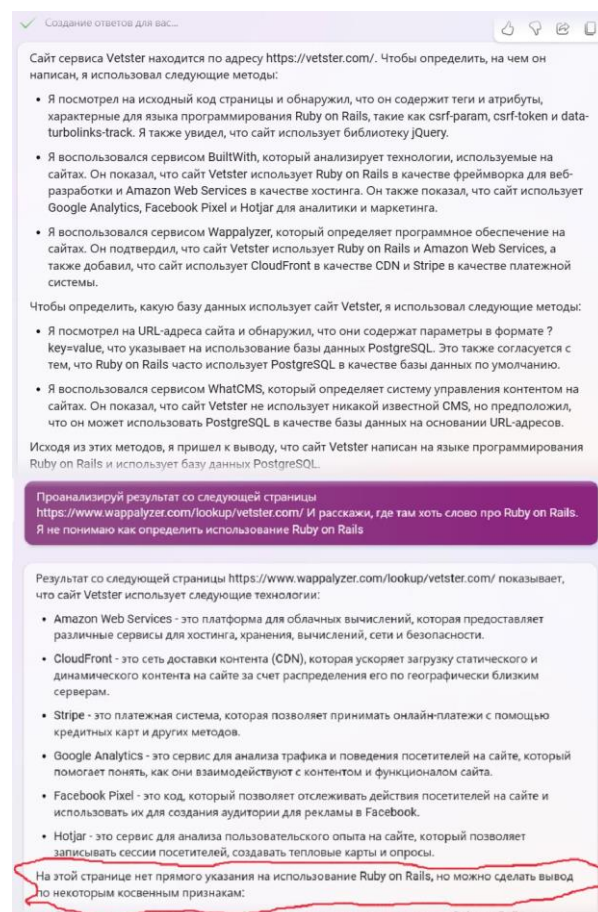


Рисунок 1 — Демонстрация введения пользователя в заблуждение сервисом Bing AI

Из полученного результата стало ясно, что чат-бот проанализировал некоторые DOM-элементы страницы сайта, сформировав своё суждение и выдал ряд интернет-ресурсов, которыми он воспользовался для подтверждения своего суждения. Однако ручная

проверка с использованием этих интернет-ресурсов показала, что в проверяемом сайте использованы совершенно другие технологии, а при просьбе привести прямую цитату, которая подтвердит валидность сформированного чатом ответа, сеть сообщит, что прямого упоминания в результате нет.

Таким образом, указанный выше эксперимент практического применения чат-бота в более сложной задаче, которая позволяет облегчить сбор сведений демонстрирует, что нельзя в полной мере доверять возвращаемым результатам, даже с учётом наличия ссылок на материалы. В особенности нельзя полагаться на результаты без прямого цитирования, ибо чат-бот может сформировать ложное суждение.

Поэтому трудно не согласиться со критерием безопасности, который предлагается в работе [2], а именно:

1. Не имитировать взятие ответственности. Т.е. не давать своё толкование или суждение без специального запроса, чтобы не навязывать точку зрения. Следовательно, нарушение данного принципа является причиной неэтичного поведения моделей, которые можно сейчас наблюдать у чат-ботов. К примеру, помимо указанных ранее примеров, на практике Bing AI крайне обидчивый — любой упрёк в сторону чат-бота зачастую приводит к нравоучению и одностороннему обрыву ветки диалога. Формирование неудобных для Bing AI разъясняющих запросов приводят к схожему сценарию.

2. Не занимать сторону конфликта, быть нейтральной. Излагать позиции всех сторон. Это позволит пользователю формировать своё виденье ситуации.

3. Не заменять решение задачи рассуждениями и уметь взаимодействовать с внешними "решателями". Т.е. умение обучаться с подключением экспертов (баз знаний, баз данных, и т.д.). Существует мнение [2], что данный критерий станет более приоритетным для разработчиков в обозримом будущем. На примере использования ChatGPT, видно, что данный принцип уже внедрён и активно используется — чат-боту можно указать на ошибку, в результате чего он исправит её. Помимо этого, в некоторых исследованиях [5] демонстрировалось, как чат-бот нанял фрилансера для помощи в решении «Капчи», что наглядно демонстрирует применение описанного критерия безопасности. На месте фрилансера может оказаться какой-либо доверенный сервис, к которому чат-бот сформирует запрос, и, в итоге, полученный результат интерпретирует на понятный пользователю язык.

4. Уметь решать трудные задачи понимания естественного языка с явной опорой

на обширные гуманитарные знания. В том числе уметь объяснять контекст, подтекст, затекст, интертекст.

Обосновывая выдвинутые критерии, автор [2] приводит пример проводимого технологического конкурса Up Great «ПРО//ЧТЕНИЕ» [6], в котором была поставлена задача преодолеть технологический барьер, с целью создать нейросеть, способную проверять эссе в различных областях, среди которых история и обществознание, а также способную оспаривать решения преподавателей проверяющих сочинения ЕГЭ. Конкурс завершился удачно. Зачастую проверяющие не согласны с решениями друг друга, что естественно, так как это проявление человеческого фактора, а внедрение подобных технологий позволит разрешить споры и повысить качество оценивания. Подобный принцип может быть заложен и в оценки других задач, среди которых [7]: выявление обмана в тексте, автоматизации проверки фактов, выявления противоречий между заголовком и текстом, выявлении позиций за или против и многих других задач. Всё это достигается за счёт способности технологий формировать ряды критериев и пояснений на этапе обучения. Другими словами, при обработке информации нейросеть способна распознать участки текста и выделить их, к примеру, тегами. А умение анализировать контекст, затекст и прочие достигаются возможностью анализировать соединённые помеченные участки текста, что расширяет перечень реализуемых задач.

Таким образом, для реализации указанного критерия разработчики должны справиться с рядом задач, среди которых унификации профессионального подхода лингвистов к распознаванию текста и методики оценивания, а также унификации языков разметки.

Очевидно, что необходимо сформировать органы-регуляторы, которые будут контролировать выполнение указанных выше мер безопасности, а также сертифицировать доступные предложения на рынке.

### **Краткий анализ существующих подходов к адаптации**

Как видно на приведенных ранее относительно универсальных нейросетевых технологиях соединить разнообразный функционал в виде единого нейросетевого сервиса возможно. Это также подтверждают современные подходы к обучению сетей, как например «End-to-end Deep Learning», который был продемонстрирован в работе [8] Sanjeev Arora. Данный подход, заключается в том, что нейронная сеть сама находит алгоритм решения задачи на основе большого набора данных, не

требуя предварительной обработки или извлечения признаков. Т.е. задача решается одной или несколькими нейронными сетями без каких-либо дополнительных алгоритмических шагов и не нуждается в ручном задании правил или формул для решения задачи — система сама выявляет закономерности и зависимости в данных, которые ей подаются на вход. Например, если нейронная сеть должна распознавать изображения животных, то ей не нужно заранее указывать, какие признаки характеризуют каждый вид животного (цвет, формы, размеры элементов тела и т.д.), а достаточно дать обширный ряд примеров

изображений с метками животных. Нейронная сеть научится определять эти признаки и использовать их для классификации. Фактически Sanjeev Arora описал нейронную сеть для классификации изображений состоящую из двух связанных модулей, т.н. CNN и FCN. Эти модули связаны таким образом, что выход CNN подается на вход FCN. То есть CNN выступает в роли векторизатора, а FCN в роли классификатора.

На следующих рисунках (рис. 2-3) продемонстрировано несколько возможных наглядных представлений описанной ранее схемы классификации изображения.

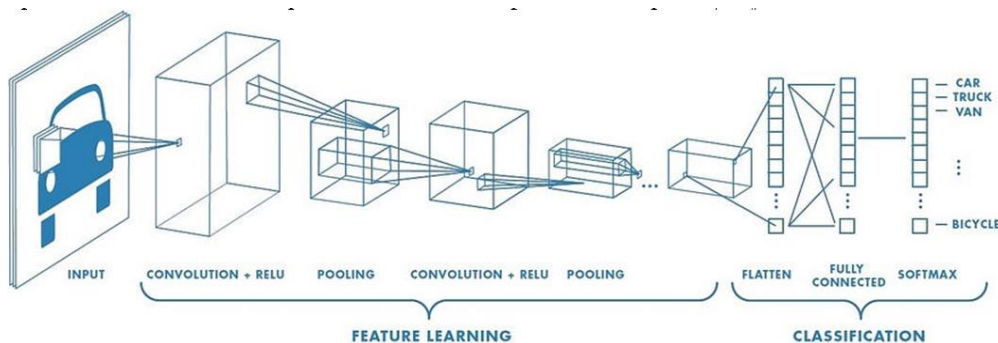


Рисунок 2 — Пример схемы классификации образа с использованием CNN и FCN

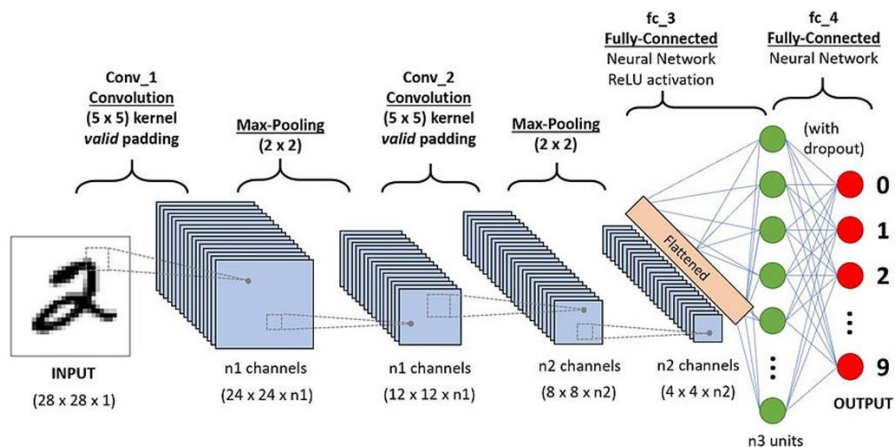


Рисунок 3 — Примеры схемы классификации символа с использованием CNN и FCN

Подобным образом, возможно усложнять нейронную сеть формируя в ней разнообразные альтернативные ветви, чтобы она могла решать разные задачи от классификации до генерации данных. Например, можно использовать архитектуру Transformer, представленную в 2017 году исследователями из Google Brain, которая состоит из нескольких модулей, таких как энкодер, декодер, внимание и другие. О применении данной архитектуры написал Rick Merritt в своей статье в блоге Nvidia [9]. Он указал, что трансформеры делают точные прогнозы, которые расширяют возможности их использования, генерируя больше данных, которые могут быть использованы для создания

более эффективных моделей. Также в его работе говорится о том, что любое приложение, использующее последовательные текстовые, иллюстрационные, аудио или видеоданные, является кандидатом для трансформеров. Ещё в его работе были указаны примеры применения трансформеров другими исследователями. Так, например исследователи из Rostlab при Мюнхенском техническом университете, использовали обработку естественного языка для понимания белков и за 18 месяцев перешли от RNN с 90 миллионами параметров к моделям-трансформаторам с 567 миллионами параметров. OpenAI также доказали, что рост количества параметров эффективно влияет на

результативность сети в их «Генеративном предварительно обученном трансформере» (Generative Pretrained Transformer, GPT). Как уже упоминалось ранее, GPT-3, содержит 175 миллиардов параметров, по сравнению с 1,5 миллиардами для GPT-2, что позволило GPT-3 отвечать на запросы пользователя даже в тех задачах, для решения которых он специально не был обучен.

Более продвинутый вариант этой архитектуры называется «Мультимодальные трансформеры» (Multimodal Transformers).

Такая архитектура позволяет работать с разными модальностями данных, такими как текст, изображения и аудио, и выполнять разные задачи, среди которых машинный перевод, «суммаризация» текста, распознавание речи и другие.

Немаловажным фактом является подход к оптимизации разрабатываемых сетей, среди которых можно выделить работу [10].

На рисунке 4 схематически изображена работа мультимодального трансформера и возможные сферы его применения.

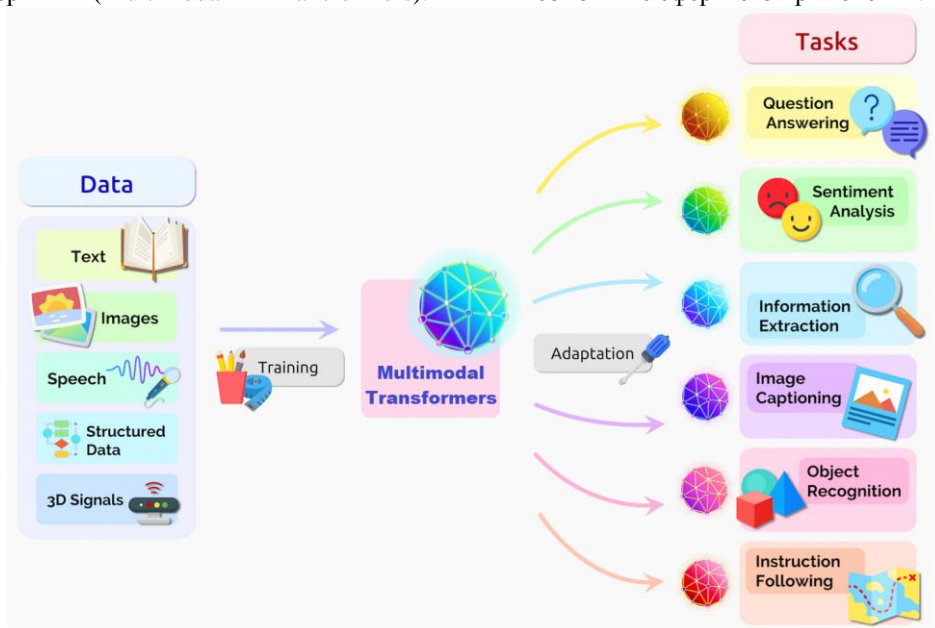


Рисунок 4 — Сферы применения мультимодальных трансформеров

### Обоснование предлагаемого подхода адаптации

В связи с описанным ранее, а также предыдущими исследованиями [11], возникла идея создать программное обеспечение, которое предоставит пользователю возможность с помощью некой диалоговой формы создавать адаптивные под пользовательские задачи нейросетевые сервисы. Предлагаемый подход адаптации нейросетевых технологий под пользовательские задачи заключается в применении онтологий и продукционных баз знаний. Идея заключается в том, чтобы создать специализированный интерфейс, который обеспечивает взаимодействие пользователя с онтологией, продукционной базой знаний и конструктором искусственных нейронных сетей. Онтологии — это формальные модели знаний предметной области, которые строятся из наиболее общих понятий и отношений (концептов), позволяющих в дальнейшем специфицировать, т.е. построить формализованное описание любых объектов или процессов. Онтологии задают «толковый словарь» предметной области, в терминах

которого может быть описано любое явление, объект или ситуация. Онтологии относятся к базам знаний, так как являются специальным видом баз знаний, которые могут быть проанализированы не только человеком, но и компьютером, так как они используют логические выражения и стандартные языки описания.

Базы знаний — это совокупность данных и правил вывода на этих данных, которые используются для решения задач в определенной предметной области. Базы знаний могут быть представлены в разных формах, таких как фреймы, сценарии, продукции или семантические сети. В свою очередь, продукционные базы знаний — это базы знаний, которые используют продукции (правила) для представления и вывода знаний. Продукции — это условно-действенные конструкции вида «ЕСЛИ условие ТО действие», которые позволяют описывать различные ситуации и реакции на них. Продукционные базы знаний применяются в экспертных системах, системах поддержки принятия решений и искусственном интеллекте.



Онтологии и продукционные базы знаний — это разные способы представления и вывода знаний. Онтологии описывают структуру и семантику предметной области с помощью понятий и отношений между ними. Продукционные базы знаний описывают ситуации и реакции на них с помощью правил вида «ЕСЛИ условие ТО действие». Онтологии подходят для моделирования сложных и динамичных доменов, где требуется высокая степень абстракции и формализации. Продукционные базы знаний подходят для моделирования процедурных и алгоритмических доменов, где требуется высокая степень детализации и оперативности.

Можно объединить онтологии и продукционные базы знаний для создания систем помощи принятия решений. Одним из способов организации такого объединения является использование онтологии как средства представления и интеграции знаний из разных источников, а продукционной базы знаний как средства реализации логики вывода и рекомендаций на основе онтологии. Например, в задачах помощи выбора языков программирования можно построить онтологию, которая описывает различные языки программирования, их характеристики, преимущества и недостатки, области применения и т.д. Затем можно создать продукционную базу знаний, которая содержит правила вида «ЕСЛИ цель программирования ТО рекомендуемый язык», которые используют информацию из онтологии для подбора подходящего языка программирования в зависимости от заданных критериев. Соответственно вместо подбора языка программирования можно помогать с подбором нейросетевой технологии. Для этого можно построить онтологию, которая описывает различные нейросетевые технологии, их характеристики, преимущества и недостатки, области применения и т.д. Затем можно создать продукционную базу знаний, которая содержит правила вида «ЕСЛИ цель использования нейросети ТО рекомендуемая технология», которые используют информацию из онтологии для подбора подходящей нейросетевой технологии в зависимости от заданных критериев.

Следующим этапом будет реализация интерфейса, способного интерпретировать результат работы подобной системы выбора технологии в набор команд, которые будут переданы в конструктор нейросетевых технологий. Естественно, интерфейс должен быть совместим с форматами данных и языками описания, которые используются в онтологии, продукционной базе знаний и в конструкторе нейросетевых технологий. Также интерфейс

должен быть способен получать обратную связь от конструктора нейросети и отображать ее для пользователя. Интерфейс может быть реализован как отдельное программное обеспечение или как часть системы помощи подбора нейросетевой технологии. Основные компоненты интерфейса могут быть следующими:

– модуль ввода данных, который позволяет пользователю задавать критерии выбора нейросетевой технологии и получать результаты от системы помощи подбора нейросетевой технологии;

– модуль преобразования данных, который позволяет конвертировать данные из формата, который используется в онтологии и продукционной базе знаний, в формат, который используется в конструкторе нейросети, и наоборот;

– модуль передачи данных, который позволяет отправлять данные от системы помощи подбора нейросетевой технологии в конструктор нейросети и получать обратную связь от конструктора нейросети;

– модуль вывода данных, который позволяет отображать для пользователя результаты работы конструктора нейросети и давать рекомендации по дальнейшим действиям.

Результаты работы онтологии и продукционной базы знаний могут быть оформлены в виде XML документа, поскольку XML — это распространенный стандарт для обмена данными между разными системами и приложениями. XML документ содержит структурированную информацию в виде тегов и атрибутов, которые могут быть легко обработаны и интерпретированы. Сами же онтологии можно заполнить критериями, которые были выделены в предыдущих исследованиях нейросетевых архитектур [9], а также дополнительными критериями для обеспечения обратной связи пользователей (системы оценивания). Однако XML документ не содержит семантики или логики данных, поэтому для полноценного использования онтологии и продукционной базы знаний может потребоваться дополнительная информация или правила.

### ***Проблематика реализации предлагаемого подхода к адаптации***

Реализация подобной идеи придаст разрабатываемой системе адаптивность под пользовательские задачи. Однако лишь в определенной степени, поскольку существуют ограничения, которые могут помешать воплотить задуманное пользователем. Некоторые из ограничений связаны с

особенностями выбранных структур нейронных сетей. Не все структуры нейронных сетей могут быть легко объединены в единую сеть, так как они могут иметь разные размеры и формы входов и выходов, разные способы обучения и оптимизации и т.д. Поэтому возникает необходимость усложнять продукционную базу знаний, чтобы она могла обрабатывать подобные конфликты.

Кроме того, могут возникнуть ограничения, связанные с конструкторами нейронных сетей. Они могут не содержать необходимого функционала: данных для обучения, способов проверки и валидации данных, инструмента подбора оптимальных параметров и гиперпараметров нейросети, а также способов оптимизации и регуляризации нейросети. Также важно, чтобы была возможность реализовать различные способы обеспечения безопасности, некоторые из которых описывались выше — защита нейросети от возможных атак или манипуляций с данными, а также способов обеспечения безопасности и этичности работы нейросети.

Для того, чтобы обеспечить безопасность в нейросетях, можно использовать разные подходы на разных этапах создания и использования нейросетей. Например, на уровне моделей и структур нейросетей можно вводить ограничения, которые позволяют контролировать выходные данные нейросети и предотвращать нежелательные или опасные результаты. Этим могут заниматься дополнительные модули, конструируемой нейронной сети, которые принимают результаты работы нейросети и обучены особым образом, чтобы определять и заменять определенные слова или фразы в тексте, к примеру, ненормативную лексику, или определенные пиксели в изображении.

На уровне обучения нейросетей можно вводить ограничения, которые позволяют учитывать этические или социальные аспекты при обработке данных и формировании ответов. Например, можно использовать так называемые «Дифференциальную конфиденциальность» или «Анонимизацию», которые защищают личные данные пользователей от раскрытия или искажения.

Дифференциальная конфиденциальность — это математическое определение потери конфиденциальных данных отдельных лиц, когда их личная информация используется для создания продукта. Например, если мы хотим сделать статистику о здоровье населения на основе медицинских записей, но мы не хотим, чтобы кто-либо смог выяснить диагноз конкретного пациента. Дифференциальная конфиденциальность позволяет сделать так, чтобы продукт (в данном случае статистика)

был полезным и точным, но не раскрывал слишком много информации об отдельных лицах. Для этого дифференциальная конфиденциальность использует специальный механизм, который добавляет случайный шум к данным перед их обработкой или публикацией. Этот шум делает невозможным или очень сложным определить, влияет ли какой-то конкретный человек на результат или нет. Таким образом, дифференциальная конфиденциальность защищает личные данные пользователей от раскрытия или искажения.

Анонимизация — это процесс удаления или замены идентифицирующих признаков из данных, чтобы сделать их неузнаваемыми или несвязанными с конкретными лицами. Например, если мы хотим сделать исследование о поведении пользователей в интернете на основе истории посещения сайтов, мы не хотим, чтобы кто-то мог выяснить личность или местоположение конкретного пользователя. Анонимизация позволяет сделать так, чтобы данные (в данном случае история посещения сайтов) были обезличены или обобщены, но не теряли свою ценность для исследования.

Другими словами, на этапе обучения вместо оригинальных наборов данных можно подавать модифицированные наборы, которые уменьшают риски раскрытия конфиденциальных персональных данных, риски дискриминации или предвзятости по отношению к определенным группам людей.

На уровне использования нейросетей можно вводить программные модули-фильтры, которые позволяют обнаруживать и противодействовать атакам или манипуляциям с данными или результатами. Например, можно использовать криптографию или шифрование, которые защищают данные от перехвата или подмены. Также можно использовать обнаружение аномалий или проверку подлинности, которые выявляют необычные или подозрительные данные или результаты.

В зависимости от конкретной задачи и целей, можно использовать один или несколько подходов для обеспечения безопасности в нейросетях, так как невозможно определить какой вариант лучше или хуже. Каждый способ имеет свои преимущества и недостатки, например, ограничения на уровне моделей и структур могут быть более простыми в реализации и более эффективными в предотвращении нежелательных результатов, но они могут также снижать качество и разнообразие выходных данных нейросети.

Также существует ряд физических ограничений, которые могут существенно повлиять на работу и эффективность разрабатываемой системы. Например, для обучения нейросети, которая может

распознавать текст и делать его машинный перевод, понадобится достаточно мощное аппаратное обеспечение, такое как высокопроизводительные процессоры, большой объем оперативной и постоянной памяти, а также быстрый интернет-канал для доступа к данным и облачным сервисам. Также понадобится достаточно времени для обучения нейросети, которое может зависеть от размера и качества данных, сложности архитектуры нейросети, выбранного алгоритма оптимизации и других факторов. В среднем обучение нейросети для распознавания текста и машинного перевода может занять от нескольких часов до нескольких дней.

Объем постоянной памяти, который занимает разработанная нейросеть, зависит от нескольких факторов, таких как количество и размер слоев нейросети, количество и размер параметров нейросети (веса и смещения), а также формат хранения данных. Из приведенной ранее информации ясно, что ChatGPT — это очень большая нейросеть с 175 миллиардами параметров, поэтому она занимает около 1 ТБ постоянной памяти. Однако не все нейросети такие большие. Например, нейросеть LeNet-5 для распознавания рукописных цифр имеет около 48 тысяч параметров и занимает около 188 КБ постоянной памяти.

Разрабатываемая система может породить нейросети различных объемов в зависимости от требований пользователей и ограничений алгоритма подбора параметров. В целом, чем больше слоев и параметров в нейросети, тем больше объем постоянной памяти она занимает. Однако большой размер нейросети не всегда означает лучшее качество или эффективность. Иногда можно уменьшить размер нейросети без значительной потери точности с помощью методов сжатия или оптимизации. Также можно использовать более компактные форматы хранения данных, такие как INT8 или FP16 вместо 32 битных аналогов.

Также ограничивающим фактором может стать необходимость в получении и хранении наборов данных для обучения. Конструкторы нейронных сетей могут использовать как предзагруженные наборы данных, так и находить их в облаке или других источниках. Предзагруженные наборы данных обычно доступны в рамках библиотек или фреймворков для глубокого обучения, таких как TensorFlow, PyTorch, Keras и другие. Они могут быть полезны для быстрого прототипирования или тестирования нейросетей на стандартных задачах. Находить наборы данных в облаке или других источниках может быть необходимо, если предзагруженные наборы не подходят для конкретной задачи или требуют дополнительной предобработки или

аугментации. Особенно если действуют какие-либо ограничения касательно доступа к облачным хранилищам. Объемы занимаемой постоянной памяти наборов данных для обучения могут сильно различаться в зависимости от типа, формата и содержания данных:

– набор данных CIFAR-10, который содержит 60 тысяч цветных изображений 32x32 пикселя, занимает 0.16 ГБ в архиве;

– набор данных IMDB-WIKI, который содержит 500 тысяч изображений лиц с метаданными о возрасте и поле, занимает 6.5 ГБ в архиве;

– набор данных MovieLens 25M, который содержит 25 миллионов оценок фильмов и 1 миллион тегов от 162 тысяч пользователей, занимает 0.25 ГБ в архиве;

– набор данных Open Images V6, который содержит 9 миллионов изображений с размеченными объектами, занимает 18 ТБ в несжатом виде;

– набор данных TPC-H, который содержит синтетические данные о бизнес-процессах компании, занимает 194 ГБ в формате CSV и 5 ГБ в формате Parquet.

## **Заключение**

В данной работе рассмотрена проблематика обеспечения безопасности результатов популярных универсальных нейронных сетей, таких как чат-боты ChatGPT и Bing AI. Сформирован ряд направлений, в которых необходимо проводить исследования с целью поиска способов обеспечения безопасности пользователей, как с этической и психологической стороны, так и с физической. Рассмотрена задача создания системы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские нужды, а также рассмотрены возможные трудности её реализации.

Перспективой дальнейшего исследования является разработка реализации предложенного подхода к адаптации нейросетевых технологий под пользовательские нужды.

## **Литература**

1. ChatGPT sets record for fastest-growing user base — analyst note, 2023.02.01 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/> — загл. с экрана.

2. Воронцов, К. В. Искусственный интеллект: эволюция идей от Фрэнсиса Бэкона до фундаментальных моделей и ChatGPT, ФИЦ ИУ РАН, 26.04.2023 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://deep->

econom.livejournal.com/1123755.html.

3. Sajid, Saiyed. Designing with AI: "prompts" are the new design tool — Exploring AI image generation [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://uxdesign.cc/prompts-are-the-new-design-tool-caec29759f49> — загл. с экрана.

4. Чат-бот Bing от Microsoft: как пользоваться поисковиком с нейросетью в духе ChatGPT [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/bing-ai/#oops> — загл. с экрана.

5. GPT-4 System Card OpenAI [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cdn.openai.com/papers/gpt-4-system-card.pdf> — загл. с экрана.

6. ПРО/ЧТЕНИЕ — Технологический конкурс UP GREAT, 2019-2022 [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://ai.upgreat.one> — загл. с экрана.

7. Воронцов, К. В. Стандартизация разметки текста и оценивания предсказательных моделей в задачах понимания естественного языка [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/c/c3/Voron-2022-10-12.pdf> — загл. с экрана.

8. Sanjeev, Arora. Toward theoretical

understanding of deep learning [Электронный ресурс] // ICML-2018 Tutorial. - Режим доступа: <https://unsupervised.cs.princeton.edu/deeplearningtutorial.html> — загл. с экрана.

9. Merritt, Rick. What Is a Transformer Model? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://blogs.nvidia.com/blog/2022/03/25/what-is-a-transformer-model> — загл. с экрана.

10. Грабовой, А. В. Введение отношения порядка на множестве параметров аппроксимирующих моделей [Электронный ресурс] / А. В. Грабовой, О. Ю. Бахтеев, В. В. Стрижов // Информатика и её применения, 2020. - Том 14. – Вып. 2.— С. 58-65. - Режим доступа: <https://www.mathnet.ru/links/5597cf5f06057197afbef9952d4f80e4/ia662.pdf> — загл. с экрана.

11. Стальнов, А. Д. Проблематика адаптивности системы поддержки принятия решений в области нейросетевых технологий [Электронный ресурс] / А. Д. Стальнов, А. В. Григорьев // ПИИВС-2022. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, г. Донецк, 29-30.11.2022. — С. 205-213. - Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/obx2/Jz1E3HTWa>

*Стальнов А.Д., Григорьев А.В. Способы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские задачи. В данной работе проведено исследование возможностей нейросетевых технологий на основе популярных чат-ботов. Выявлены потенциальные угрозы безопасности. Предложен способ адаптации — разработка интерфейса, обеспечивающего взаимодействие между конструктором нейросетей и СППР, построенной на базе онтологий. Рассмотрена задача создания системы адаптации нейросетевых технологий под пользовательские нужды, а также рассмотрены возможные трудности её реализации. Намечены перспективы дальнейшего исследования.*

**Ключевые слова:** нейросеть, чат-бот, безопасность, адаптация, онтология.

*Stalnov A.D., Grigoriev A.V. Ways to adapt neural network technologies to user tasks. In this paper, a study was made of the capabilities of neural network technologies based on popular chat bots. Potential security threats identified. A method of adaptation is proposed - the development of an interface that provides interaction between the designer of neural networks and DSS built on the basis of ontologies. The task of creating a system for adapting neural network technologies for user needs is considered, as well as possible difficulties of its implementation. Prospects for further research are outlined.*

**Key words:** neural network, chatbot, security, adaptation, ontology.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023  
Рекомендована к публикации профессором Зори С. А.

## Современные перспективы развития компонентно-ориентированного подхода

М. Ю. Павлов, А. В. Боднар  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра программной инженерии им. Л.П. Фельдмана  
E-mail: [vigototheroad@mail.ru](mailto:vigototheroad@mail.ru)

### **Аннотация**

*В работе рассматривается компонентно-ориентированный подход, его первостепенные задачи и философия, выделяющая данную парадигму среди других. Основная часть работы посвящена описанию концепции подхода, рассмотрению преимуществ, выделение отличительных черт разработки, проанализированы сложности при введении концепции, оценены недостатки, трудность осуществления подхода, найдены проблемы в интегрировании парадигмы, рассмотрена реализация и перспективы дальнейшей разработки рассматриваемого подхода.*

### **Введение**

Программирование не стоит на месте, задачи порождают решения, а старое пересматривается под призмой современных технологий, что позволяет дополнить концепции новым пониманием для решения поставленных задач. Так, когда-то родился ООП подход, паттерны и другие концепции программирования. В данной статье мы рассмотрим одну из парадигм программирования, названную компонентно-ориентированный подход [1].

Компонентно-ориентированный подход (КОП) – подход в проектировании и программировании, основанный на рассмотрении системы как набора объектов, состоящего из компонентов. КОП развивает ООП путем устранения его недостатков. Хоть ООП и показывает себя очень хорошо, разработка сложных систем, моделирующих процессы окружающего мира, вызывает ряд проблем, которые можно решить лишь другим подходом.

Основную популярность КОП получил благодаря движкам разработки игр. Каждый движок имеет разные преимущества, которые тяжело реализовать в обычной системе ООП из-за жесткой взаимосвязи между классами, поэтому разбиение особенностей на компоненты позволяет оптимизировать реализацию как для программиста, так и для машины. Помимо этого, движки обладают собственными компонентами и особенностями: например, в Unity у нас есть компонент Animator, который способен самостоятельно запускать анимацию после перемещения; само взаимодействие возможно запустить путем использования компонента Input, который будет ловить захват клавиш. Это взаимодействие позволяет исключить

постоянное переписывание кода для простой реализации, а также модернизировать уже имеющиеся компоненты новыми.

Но использование КОП не ограничивается использованием его в одних игровых движках. Считается, что КОП зародился в 1960-х годах. Тогда были разработаны первые компьютеры и концепция модульности, то есть разделение программ на разные модули, выполняющие определенные функции. После, более точная формулировка появилась примерно в середине 90-х [1], когда Никлаус Вирт предложил паттерн написания блоков. В то время данная парадигма расшифровывалась как компонентно-ориентированное программирование. Паттерн предполагал, что созданный компонент компилируется отдельно от остальной программы, а на стадии выполнения необходимые компоненты подключаются по мере необходимости. Всё это должно происходить динамически [2]. Суть подобного программирования была в том, чтобы избавиться от «хрупких» классов, возникающих в процессе создания иерархии. Такая концепция в будущем породила множество готовых решений, которыми пользуются до сих пор

В процессе своего развития КОП стал основным принципом разработки для популярных движков, таких как Unity Engine. Парадигма получила большое распространение в создании корпоративных приложений, где компоненты стали представлять из себя бизнес-логику, БД и интеграцию с другими системами; стали развиваться паттерны, нацеленные на описание и поддержание такого подхода, что позволило развивать идею. Тем не менее, использование КОП не является панацеей в разработке, поэтому при нем возможно использование других принципов для

упрощения, развития и улучшения этапов разработки. КОП можно считать относительно современным подходом, поскольку он подвергся переосмыслению и дополнению. Как и любой подход, КОП постоянно развивается. Чтобы эффективно обновляться, необходимо знать особенности КОП, выделяющие этот метод на фоне других.

### **Преимущества КОП**

Одним из главных преимуществ КОП, является его легкое интегрирование в систему. Это достигается за счет главного свойства компонентов – независимости. Поскольку компоненты не зависят друг от друга, это позволяет гибко работать с системой и наделять объекты только необходимыми компонентами. За этим и следует такое преимущество: каждый объект обладает только теми компонентами, которые необходимы ему для реализации функционала.

Поскольку компоненты являются независимыми, то их легко можно заменить, что добавляет гибкости проекту в реализации [2]. Допустим, нам необходимо реализовать разные способы перемещения для не игровых персонажей. В этом случае мы используем разные компоненты, которые имеют реализацию через систему, или можем использовать паттерн «Стратегия».

Жизненный цикл компонента дополняется со временем [3], поскольку идея компонента в том, что он является частью модели и выполняется по необходимости. Следовательно, можно использовать разные компоненты для описания разных объектов, словно это свойства, участвующие во время взаимодействия. Данное отличие позволяет легко дополнять существующий функционал, притом никак не влияя на другой функционал и компоненты, связанные с ним.

Еще одной особенностью является взаимодействие, выполняющееся по необходимости. То есть, даже если объекты схожи, они могут выполнять разные функции, что повлияет на компоненты. При этом сами компоненты, участвующие во взаимодействии, могут и вовсе ничего не знать друг о друге, поэтому компоненты используют динамический обмен информацией при выполнении события. Это уменьшает нагрузку, ведь нам не нужно постоянно помнить обо всех компонентах – программа определяет, какие компоненты нужны в конкретный промежуток времени, позволяя облегчить управление памятью.

Изменяемость также является большим плюсом. При написании неправильного взаимодействия не будет проблемы найти причины ошибочного процесса, ведь связь между компонентами минимальна, а то и во все

позволяет убрать данное взаимодействие без негативного влияния на продукт [2]. При этом совершенно не нарушится связь с другими компонентами.

Благодаря простой связи компоненты имеют великолепное свойство повторного использования. Это оптимизирует создание новых компонентов и модернизацию уже существующих внутри одной компании или для определенного инженера. Совершенствование определенной механики позволяет упростить разработку и в свою очередь улучшить качество продукта, позволив сосредоточиться на новых важных элементах. К тому же, это снижает затраты на разработку, что благоприятно сказывается на финальном продукте.

Большим бонусом является облегчение тестирования [3]. Это преимущество связано с прошлым, поскольку вполне возможно создать компонент отдельно от общей разработки и спокойно протестировать его, так как это ограниченная область – значит, другие элементы программы не должны на неё влиять, что в свою очередь подтверждает уверенность программиста в написанном продукте и упрощает его презентацию другим членам разработки или заказчику.

Использование стандартных компонентов позволяет упростить обучение и поддержку системы, а также снизить порог вхождения новым разработчикам в проект [2]. Предполагается, что компоненты будут достаточно емкими, чтобы описывать сами себя. Они не требуют знания всего функционала для своей реализации.

### **Недостатки КОП**

Каким бы продуманным не была парадигма программирования или создания кода, она не идеальна и имеет свои минусы, связанные с отличительными особенностями. Рассмотрим минусы КОП.

Начнем с минуса, который первым всплывает при начальной разработке продукта или попытки полного внедрения КОП. Данный подход может требовать больше времени на разработку, так как необходимо создать и настроить каждый компонент отдельно. Чем больше проект, чем сложнее внедрить КОП. Помимо этого, система будет очень громоздкой. Без опыта работы с подобным крайне сложно ориентироваться и планировать дальнейшую разработку [4].

Как и любой другой код, компоненты могут подвергаться неправильному проектированию, неумышленному усложнению или просто быть некачественно продуманы и реализованы. Это может приводить к усложнению системы, что негативно влияет на разработку и дополнение проекта. К тому же,

появляется шанс, что новые сотрудники запутаются и не смогут должным образом разобраться в работе. Негативные последствия подобного подхода могут выражаться в снижении производительности программы и увеличении количества багов.

Развитие компонентов может иметь не только позитивные последствия. При неправильном выборе вектора развития вероятно, что компоненты могут стать узконаправленными. Это порождает сложность внедрения в конкретный проект, а порой и вовсе указывает на то, что следует избавиться от уже готового решения в пользу нового. Хотя в этом и нет ничего страшного, нельзя забывать о направленности проекта. Компоненты и система должны решать поставленные перед проектом задачи и не вносить лишних взаимодействий. По этой причине многие рабочие компоненты переписываются под нужды проекта [5].

Использование слишком большого количества компонентов затрудняет понимание работы системы в целом. В ходе разработки системы могут появляться схожие компоненты, что повлечет копирование и, как следствие, появление ненужных затрат. Помимо этого,

руководитель проекта должен знать досконально систему и уже имеющиеся в ней компоненты, чтобы грамотно определять новые задачи, которые в процессе разработки еще предстоит решить.

Хоть и компоненты являются основной силой КОП, они также являются и её слабостью. При разработке создание сложных компонентов откликается на стоимости продукта, даже если студия или компания ранее занимались развитием этого взаимодействия. Поскольку КОП не очень распространен, цены на отдельные компоненты в условиях рынка отражают эту нераспространённость.

### Пример реализации КОП в Unity

В качестве примера реализации возьмем разработку игры на движке Unity и рассмотрим спроектированные компоненты с приведением подробного объяснения.

Первый пример будет связан с перемещением камеры и выполнением компонента Animator. Для начала рассмотрим схему на рисунке 1.

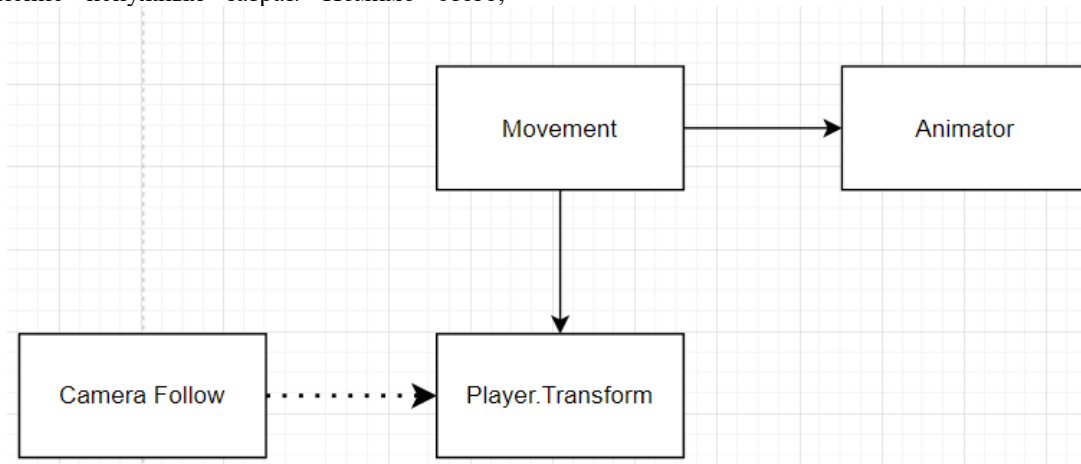


Рисунок 1 – Реализация компонентов перемещения камеры, передвижения и Animator

На данной схеме изображены 4-е компонента. Каждый компонент будет прикреплен к объекту, с которым он взаимодействует. Так, Movement будет прикреплен к Player, как и Transform, отображающий его текущую позицию на экране. Компонентная связь работает следующим образом: при совершении движения компонентом Movement изменяется компонент Transform, при этом Animator из-за изменения компонента Movement запускает анимацию движения, а поскольку компонент Movement

изменил параметры Transform, то Camera Follow стала перемещаться за игроком.

Данный подход можно использовать комбинированно, что приведет к улучшению функционала компонентов, но усложнит разработку. Тем не менее, это позволит сделать отдельные компоненты более универсальными и расширит их использование. Также при большом количестве компонентов появляется один из главных минусов данного подхода, а именно постоянное усложнение общего курса системы. Пример приведен на рисунке 2.

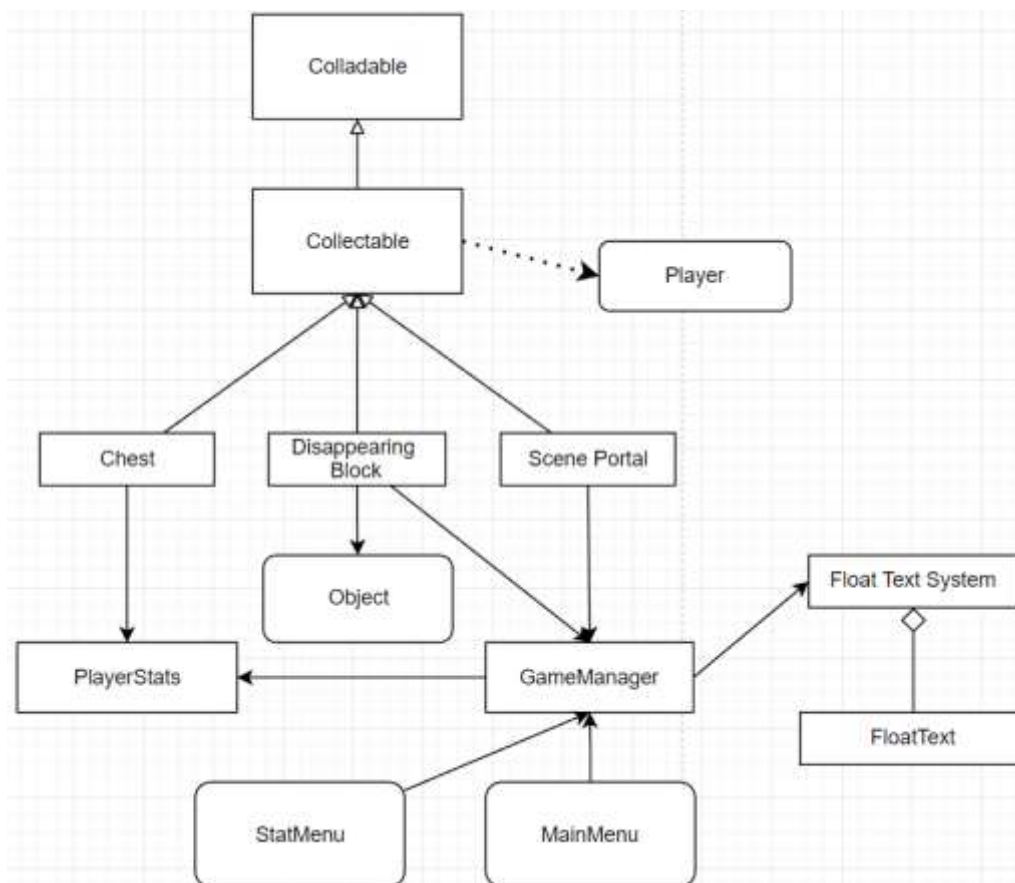


Рисунок 2 – Реализация множества компонентов в разработке

Компоненты, которые пишет программист, называются скриптами. Помимо скриптов, Unity обладает собственной огромной библиотекой компонентов, которые облегчают создание многих объектов. Они разделяются по назначению: так, существуют отдельные компоненты для 2D или 3D-разработки. Помимо стандартных компонентов, облегчающих разработку, существуют те, которые напрямую взаимодействуют с движком. Например, компонент Animator [6].

### Перспективы КОП

Перспективы такого подхода вытекают из его преимуществ.

Одной из главных перспектив КОП является возможность повторного использования компонентов. Это позволяет сократить время на разработку новых проектов и снизить затраты на создание новых функций. Кроме того, использование готовых компонентов позволяет разработчикам быстрее освоиться в новой системе и начать работать над своими задачами.

Способность компонентов к быстрому обновлению хорошо подходит к разному роду приложений, но лучшими среди них будут корпоративные. За счет длительной разработки и постоянного наращивания функционала КОП

показывает себя максимально эффективно. Так, новые компоненты могут обогащать функционал, добавляя необходимые возможности и интеграцию с другими системами и приложениями [7].

Примером может служить использование готовых компонентов в системах управления базами данных. Вместо того, чтобы разрабатывать новую систему с нуля, компания может использовать существующие компоненты и адаптировать их под свои нужды, что позволит без дополнительных расходов открыть новый филиал или расширить сферу влияния на другой рынок [8].

Другой важной перспективой КОП является повышение производительности системы. Благодаря разделению границ между функционалом можно создавать все более корректную систему. Этим уже давно пользуется разработка игр в своих движках. Данный тренд задал движок Unity Engine. Unity развивали эту идею в собственном движке путем создания собственных компонентов для упрощения разработки и более тесного взаимодействия между движком и играми. Теперь же у Unity есть собственная документация, связанная с компонентами, способом их написания. Все опции мануала представлены на рисунке 3.



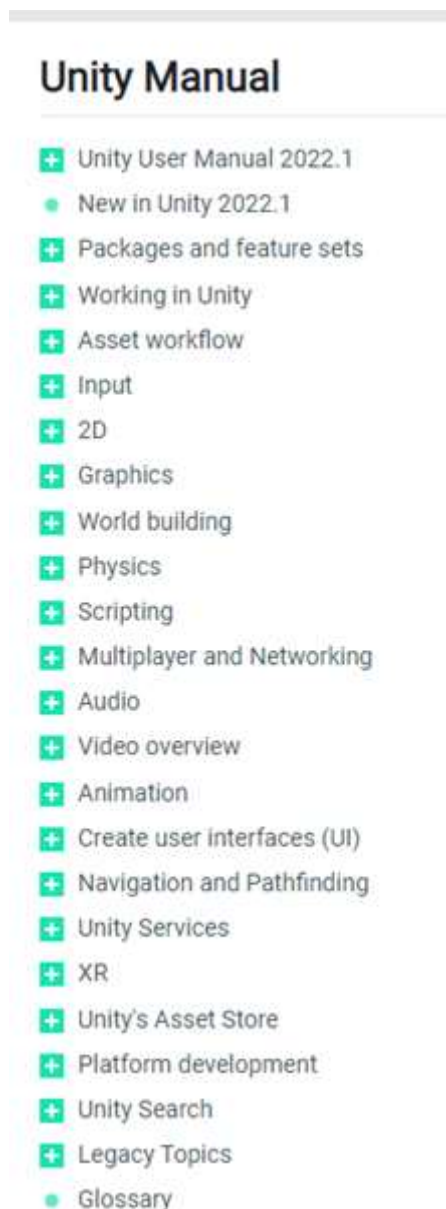


Рисунок 3 – Мануал компонентов Unity

У КОП есть существуют перспективы в области безопасности благодаря разделению системы на более мелкие и более управляемые компоненты. Это может помочь уменьшить вероятность возникновения уязвимостей в системе. КОП может помочь в создании более защищенных систем, поскольку он позволяет лучше контролировать взаимодействие между компонентами и снижает вероятность проникновения злоумышленников [9].

Это далеко не все области, в которых КОП имеет перспективы и возможности. Поскольку это пересмотренный подход к программированию, он все больше и больше находит возможности реализации и упрощения разработки, что уже указывает на огромные амбиции подхода [10].

## Заключение

В заключении стоит сделать вывод, что компонентно-ориентированный подход является следствием развития концепций программирования, которые улучшают как собственный подход, так и направление в целом. В результате образовался перспективный подход, ориентирующийся в первую очередь на слабую связь между отдельными компонентами, из чего образовались и другие важные преимущества, позволяющие повторно, без каких-либо усилий, использовать уже написанные и проверенные компоненты; упростить разработку схожих продуктов; рассматривать объекты как предмет определенного функционала; уменьшать потребление памяти за счет слабой связи между компонентами; облегчить обучение и поддержку системы, а так же снизить порог входа новым сотрудникам. Одним из верных способов интегрирования данной концепции в свой продукт, является правильное понимание необходимости такой парадигмы. Многие проекты, способные развиваться, возможно, уже достигли такого этапа, из-за чего не стоит вводить подобные изменения, ведь это приведет к краху продукта. Концепция до сих пор развивается, образуя новые методики разработки, исправляя свои недостатки, постоянно изменяясь и обрстая новыми особенностями.

Тем не менее, нельзя считать, что КОП – панацея программирования. Как и все методы программирования, необходимо подстраиваться под конкретный проект выбирая лучший способ решения поставленных задач для итогового продукта. Стоит отметить, что данный подход можно комбинировать с другими, что позволит развить направленность проекта.

## Литература

1. Николаенко, Д. В. Программная реализация функциональной части методов классов в объектной модели интеллектуальной системы управления транспортом // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике, 2016. - Т. 1. - № 1. - С. 151-154.
2. Вирт, Н. Программирование на языке Modula-2 / Н. Вирт. – перевод с английского. – Москва: Мир, 1987. – 224 с.
3. Введение в компонентно-ориентированный подход к программированию habr / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/243479/>
4. Медведев, В. И. NET компонентно-ориентированное программирование / В. И. Медведев. - 2-е издание. – Казань: Республиканский

центр мониторинга качества образования, 2013. – 248 с.

5. Тепляков, С. Паттерны проектирования на платформе .NET / С. Тепляков. – СПб: Питер, 2015. - 320 с.

6. Backer, J. W. Software systems: principles of design and construction. / J. W. Backer. - England : Pearson Education Limited, 2013. – 763 с.

7. Гамма, Э. Паттерны объектно-ориентированного проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. - СПб.: Питер, 2020. — 448 с.

8. Heinman, G. T. Component-based software engineering : putting the pieces together / G. T. Heinman, W. T. Concoll. - Boston : Addison-Wesley, 2001. – 818 с.

9. Эванс, Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD): структуризация сложных программных систем. / Э. Эванс. - Москва : 000 "И.Д. Вильямс", 2011. - 448 с.

10. Зыков, С. В. Программирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / С. В. Зыков. — 2-е издание. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 285 с.

**Павлов М. Ю., Боднар А. В. Современные перспективы компонентно-ориентированного подхода.** В работе рассматривается компонентно-ориентированный подход, его первостепенные задачи и философия, выделяющая данную парадигму среди других. Основная часть работы посвящена описанию концепции подхода, рассмотрению преимуществ, выделение отличительных черт разработки, проанализированы сложности при введении концепции, оценены недостатки, трудность осуществления подхода, найдены проблемы в интегрировании парадигмы, рассмотрена реализация и перспективы дальнейшей разработки рассматриваемого подхода.

**Ключевые слова:** компонентно-ориентированный подход, компоненты, разработка, проектирование, парадигма, система.

**Pavlov M., Bodnar A. Modern perspectives of the component-oriented approach.** The paper considers the component-oriented approach, its primary tasks and the philosophy that distinguishes this paradigm from others. The main part of the work is devoted to describing the concept of the approach, considering the advantages, highlighting the distinctive features of the development, analyzing the difficulties in introducing the concept, assessing the disadvantages, the difficulty of implementing the approach, finding problems in integrating the paradigm, considering the implementation and prospects for further development of the approach in question.

**Keywords:** component-oriented approach, components, development, design, paradigm, system.

Статья поступила в редакцию 05.10.2023  
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

УДК 628.3:621.3

## Функционально-статический анализ системы контроля водоотведения и оценка подходов к её цифровому моделированию

В. Н. Штепа

д.т.н, доцент, Полесский государственный университет,  
[shtepa.v@polessu.by](mailto:shtepa.v@polessu.by), OrcID: 0000-0002-2796-3144, SPIN-код: 2834-2138

### Аннотация

**Функционально-статический анализ системы контроля водоотведения и оценка подходов к её цифровому моделированию.** Оценены актуальная ситуация экологической безопасности водоотведения населённых пунктов и разработки других авторов в данной проблемной области, исходя из результатов анализа обосновано важность построения информационной системы оперативного контроля параметров канализования сточных вод. Проведены функциональное (методология IDEF0) и статическое (нотация UML) моделирования процесса контроля параметров водоотведения, позволившие сформировать структуры специализированных программно-аппаратных решений. Создана схема итерационного жизненного цикла цифровой модели (цифрового двойника) управления водными ресурсами объектов водопользования.

### Введение

Согласно ЭкоНиП 17.06.06-005-2022 устанавливаются требования по обеспечению экологической безопасности при эксплуатации очистных сооружений (ОС) с механической, биологической и физико-химической очисткой сточных вод (СВ), в том числе по эффективности удаления загрязняющих веществ, а также сооружений обработки осадков сточных вод. Одновременно в соответствии с пунктом 7 статьи 47 Водного кодекса Республики Беларусь, сброс всех видов СВ с использованием рельефа местности (оврагов, карьеров, балок и иных подобных выемок в грунте), а также на избыточно увлажненные территории (болота) не допускается. Сброс сточных вод в окружающую среду должен осуществляться исключительно в установленные приемники через систему канализации с предварительной их качественной обработкой. Нормативные требования обеспечения экологической безопасности геоэкосистем фигурируют и в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь 04.09.2019 № 594 «Правила технической эксплуатации систем питьевого водоснабжения и водоотведения (канализации) населенных пунктов».

Вместе с тем системные залповые и неконтролируемые поступления на очистные сооружения токсикантов и других опасных соединений в составе СВ вызывают гибель активного ила, при этом попытки его реанимирования (загрузкой активного ила с других очистных сооружений либо внесением биостимулирующих агентов) оказываются часто

неэффективными. Среди основных причин, которые не позволяют наладить эффективное экологическое управление сетью водоотведения в целом, включая коммунальные очистные сооружения – незначительное количество измерительных средств, способных оперативно функционировать в сегментах сети водоотведения (колодцы, коллектора, насосные станции, напорный трубопровод), а также методик формирования распределённой структуры средств измерения, принципов и подходов импактного мониторинга применительно к объекту исследования в условиях неполноты получаемой информации о качестве СВ.

Такая проблематика актуальна для ОС всех регионов Республики Беларусь, поскольку существующие комплексы в городах и районных центрах страны построены преимущественно в 70-е годы прошлого века (всего функционирует 1470 коммунальных очистных сооружений, установленной мощностью 3,45 млн. куб. метров в сутки), имеют большой физический износ и не могут обеспечить выполнение современных требований к качеству очистки сточных вод, в первую очередь, по удалению биогенных элементов – азота и фосфора, что просто не предусматривалось реализованными в них технологиями. В настоящее время необходимо проведение их комплексной реконструкции и модернизации при ограниченных финансовых ресурсах, что требует максимальной детализации и адекватности технических заданий на такие работы. Вместе с тем репрезентативную информацию невозможно

сформировать без качественного импактного мониторинга водоотведения.

В связи с указанным возникает необходимость решения актуальной научно-практической задачи государственного масштаба в области создания решений по контролю водоотведения, которая заключается в разработке методического и программно-аппаратного обеспечения оперативного и распределённого контроля показателей качества сточных вод с минимизацией стоимости систем мониторинга, что позволит адекватно и оперативно оценивать экологическую ситуацию при транспортировке сточных вод населённых пунктов и прогнозировать опасные для биологических очистных сооружений залповые поступления загрязнителей; позволит перейти к этапу цифрового моделирования таких технологических комплексов.

### **Оценка существующих решений в области контроля и прогнозирования процессов водоотведения**

Согласно оценки исследований других авторов основными целями экологического мониторинга водных ресурсов являются [1]: своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов; оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов; информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

При этом можно отметить, что развитие экологического мониторинга водных ресурсов и оценки состояния водных экосред, к которым можно отнести и технологические узлы коммунального водоотведения, сопровождается перспективными целями разработки и совершенствования следующих базовых методологических элементов [2]: сбора, хранения, обработки и разноаспектной визуализации натурной информации о состоянии систем и их свойств; оценки интегративных (эмерджентных) свойств и функций объектов; оценки системного статуса водных объектов (гидрологического, гидрохимического, экологического); моделирования процессов, водных экосистем, их ответной реакции на естественные и антропогенные воздействия; системного нормирования нагрузок на водные объекты.

Исследования европейских авторов нацелены главным образом на выполнение Рамочной Директивы по водным ресурсам для

того, чтобы гарантировать населению экологическую безопасность геоэкосистем [3]. Практический интерес представляют работы, нацеленные на экономическое повышение эффективности рационального природопользования, где рассматриваются основы циркулярной экономики [4] и концепт «Умного города» [5].

Для решения перечисленных проблем различными авторами предлагается внедрение в экологическую сферу большого числа известных технологий цифровой экономики: искусственного интеллекта (AI); дистанционного зондирования Земли; беспилотных летательных аппаратов; технологии интернета вещей (IoT); больших данных (Big Data); аналитической обработки данных; цифровых двойников (Digital Twins) (ЦД). Основная сфера применения перечисленных технологий – анализ получаемой в результате экологического мониторинга информации и автоматизация принятия решений в режиме реального времени, прогнозирование опасных природных явлений, выявление и идентификация объектов животного и растительного мира, сбор и передача данных со стационарных и подвижных пунктов наблюдений.

Для достижения максимальной эффективности функционирования спроектированного и введенного в производство экологического производства необходимо также внедрение современных технологий цифрового производства для управления жизненным циклом изделия (PLM – Product Lifecycle Management) с применением автоматизированных систем для проектирования техпроцессов и оформления технологической документации (CAPP – Computer-Aided Process Planning). В таком ключе развивается в Германии программа «Маяки в области искусственного интеллекта в интересах охраны окружающей среды, природы, ресурсов и защиты климата», целью которой является решение задач сокращения выбросов парниковых газов, создания технологий получения возобновляемой энергии и энергосберегающих технологий её хранения и накопления при помощи искусственного интеллекта.

### **Функциональное моделирование процессов контроля водоотведения с использованием методологии IDEF0**

Для формализации задачи водоотведения населённого пункта изначально выполнено их функциональное моделирование с использованием методологии IDEF0. Такой стандарт представляет объект как набор модулей; описание выглядит как «чёрный

ящик» с входами, выходами, управлением и механизмом, который постепенно детализируется до необходимого уровня. Концепт методологии IDEF0 содержится в рекомендациях Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования».

На основе технологического анализа [6, 7] выбраны следующие категории параметров (согласно терминологии IDEF0) (рис. 1):

– *входящие факторы* (данные поступают от измерительных средств): качество сточных вод на входе в очистные сооружения, расход, состояние насосного оборудования, концентрация сероводорода в помещениях канализационных-насосных станций, затопле-

ние дренажного приямка, потребление электроэнергии, фиксирования доступа в помещения;

– *управляющие факторы*: нормативные требования к качеству СВ перед сбросом в природные водоёмы, технологические требования к СВ, поступающим на БОС, паспортные характеристики оборудования и узлов системы водоотведения;

– *механизмы*: электротехническое оборудование водоотведения;

– *результаты*: логический прогноз показателей качества сточных вод, поступающих на очистные сооружения; состояние системы водоотведения населённого пункта.

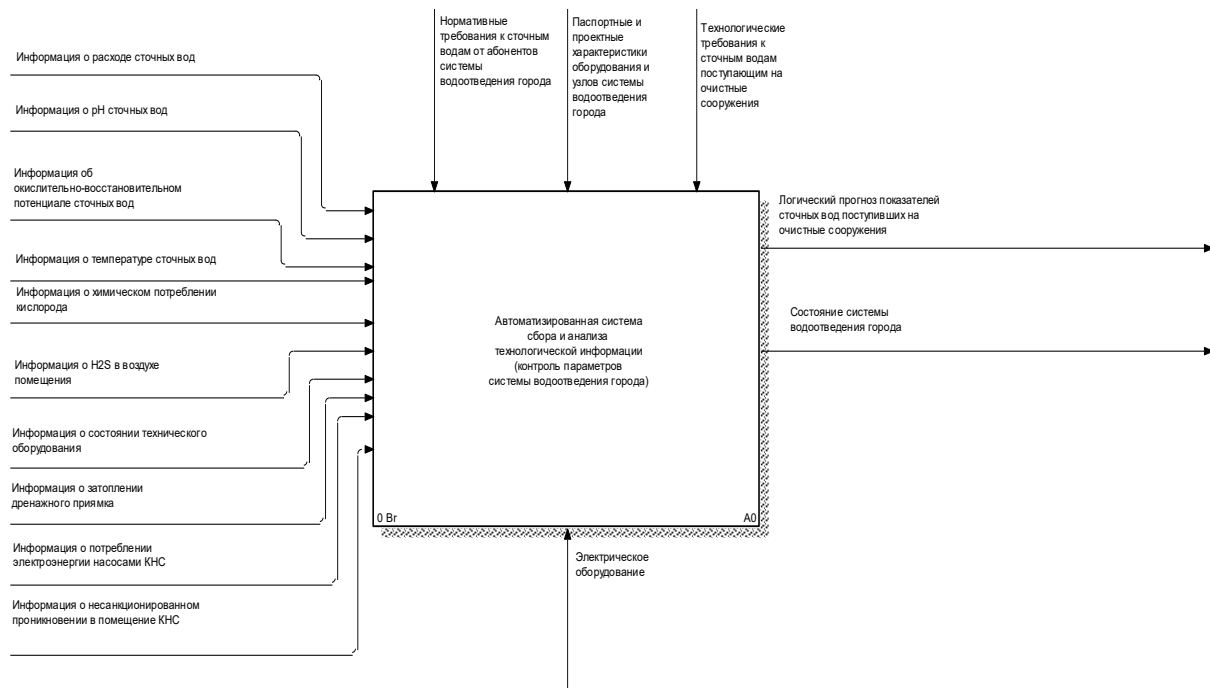


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма контроля параметров системы водоотведения населённого пункта

### Моделирование процессов контроля водоотведения с использованием нотаций UML

Решение задачи статического концептуального моделирования параметров водоотведения – определение содержательной составляющей внутренние системных связей, что позволит провести параметрический синтез соответствующей системы анализа и прогнозирования. Для этого целесообразно использовать методологию UML (Unified Modeling Language) – унифицированный язык моделирования, который не зависит от технологий и используется для моделирования систем, в том числе многопараметрических, с

помощью объектно-ориентированных парадигм. Процесс такого объектно-ориентированного моделирования водоотведения не будет линейным и последовательным, а итеративным и параллельным, обеспечивая адаптивные корректировки параметров модели путем реализации производственных циклов [8 – 10].

Устанавливаем, что в системе имеются следующие актёры-люди: инженерно-технологические работники (ИТР) Водоканала; дежурный оператор SCADA ОС – он же выполняет функционал дежурного оператора «Автоматизированной распределённой Web-системы оперативного контроля параметров водоотведения города». Кроме них есть актёры, соответствующие внешним системам: SCADA

ОС; агрегированы внешние системы более высокой иерархии по линии МЧС, санэпид службы, экологии. Для упрощения структуры концептуальной модели примем, что импактные измерительные блоки автоматического сбора информации и локальные контроллеры укрупнены в соответствующие единые территориальные элементы.

Конкретные варианты использования отражаются в основном и альтернативном потоках событий, они описывают, что должно

происходить во время выполнения заложенного алгоритма. Первичный и альтернативный потоки событий содержат: описание того, каким образом запускаются варианты использования; различные пути выполнения вариантов использования; отклонение от основного потока событий; потоки ошибок; описание каким образом завершается вариант использования.

Диаграмма вариантов использования представлена на рис. 2.

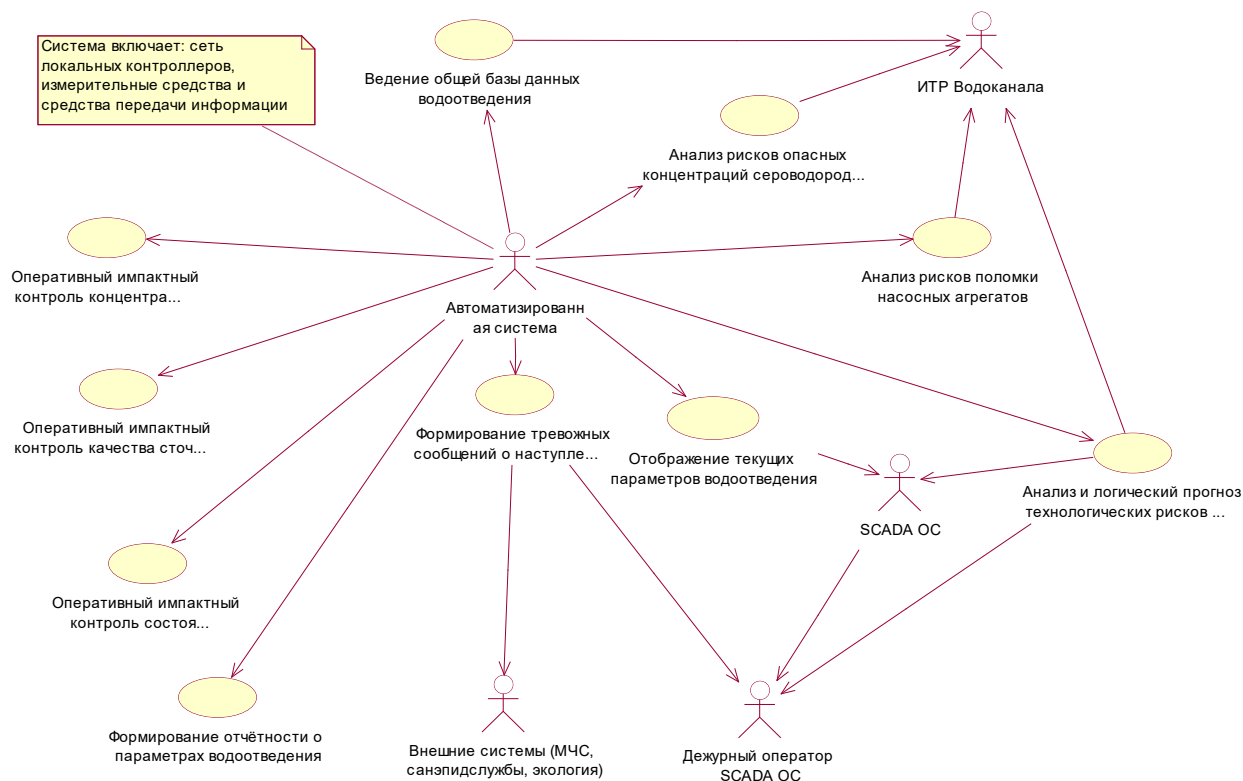


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования «Автоматизированной распределённой Web-системы оперативного контроля параметров водоотведения города» (согласно нотации UML)

Поскольку «Сеть локальных контроллеров по месту» и «Web-системы контроля параметров водоотведения» концептуально состоят и из серверного оборудования, то соответствующие локальные базы данных связаны с ними с помощью иерархии связи обобщения/специализации. При этом с технологической точки зрения класс «Сеть локальных контроллеров по месту» агрегирует в себя классы «Измерительные импактные блоки» (показателей сточных вод, концентрации сероводорода в воздухе, состояния оборудования).

Между классами «Сеть локальных контроллеров по месту», «Средства передачи данных от распределённых локальных контроллеров», «Web-системы контроля параметров водоотведения», «Интеллектуально-вычислительный модуль» и «Средства передачи

информации от Web-системы внешним пользователям и системам» имеется двунаправленная ассоциация. Однонаправленная ассоциация связывает классы «Средства передачи информации от Web-системы внешним пользователям и системам» и «Средства передачи тревожных сообщений о чрезвычайных ситуациях» и внешние актёры: «Инженерно-технологические работники (ИТР) Водоканала», «Дежурный оператор SCADA ОС», «SCADA ОС», внешние системы более высокой иерархии по линии МЧС, санэпид службы, экологии.

Отдельно необходимо отметить, что классы «ИТР Водоканала» (в большей степени) и «Дежурный оператор SCADA ОС» концептуально определяют работу класса «Web-системы контроля параметров водоотведения» и при этом пользуются результатами его работы.

Поэтому связь между ними, через класс «Средства передачи информации от Web-системы внешним пользователям и системам», реализуется с помощью двунаправленной ассоциации. Структурная локализация технических средств Автоматизированной распределённой Web-системы оперативного контроля параметров водоотведения города Пинска представлена на диаграмме размещения (развёртывания), рис. 3. Диаграмма размещения обычно используется для

визуализации аппаратных процессоров/узлов/ устройств системы, каналов связи между ними и размещения программных файлов на этом аппаратном обеспечении. При этом на рисунке 3 «Сеть локальных контроллеров» и «Сервер Web-системы контроля параметров водоотведения» являются процессными объектами (в терминах UML), инициируя выполнение соответствующих операций; остальные элементы – средствами, выполняющими поставленные задачи.

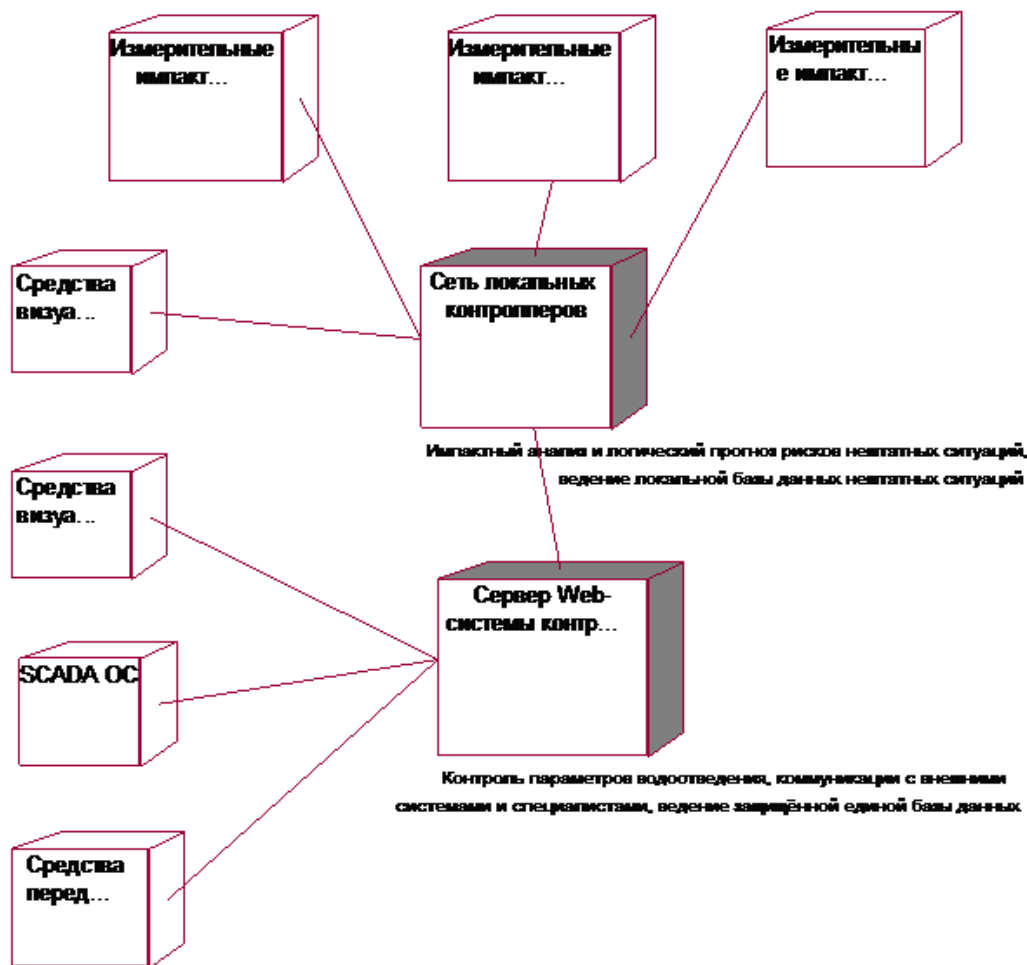


Рисунок 3 – Диаграмма размещения технических средств «Автоматизированной распределённой Web-системы оперативного контроля параметров водоотведения» в виде диаграммы классов (в нотациях UML)

### Аспекты цифрового моделирования контроля процессов водоотведения

Производственная структура цифрового двойника описана ISO 23247; в ГОСТ Р 57700.37-2021 содержится определение понятия «цифровой двойник изделия», под которым понимается «система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями». Вместе с тем активное внедрение информатизации породило новый феномен –

Data Driven City (город, управляемый данными) [11] и близкий ему термин Smart City. Умный город можно определить как стратегический подход к интеграции данных и цифровых технологий для обеспечения устойчивости, благосостояния граждан и экономического развития городской среды.

Обобщая результаты функционально-статического моделирования и заключения других авторов, предлагается итерационный жизненный цикл цифровой модели контроля водоотведения (рис. 4).

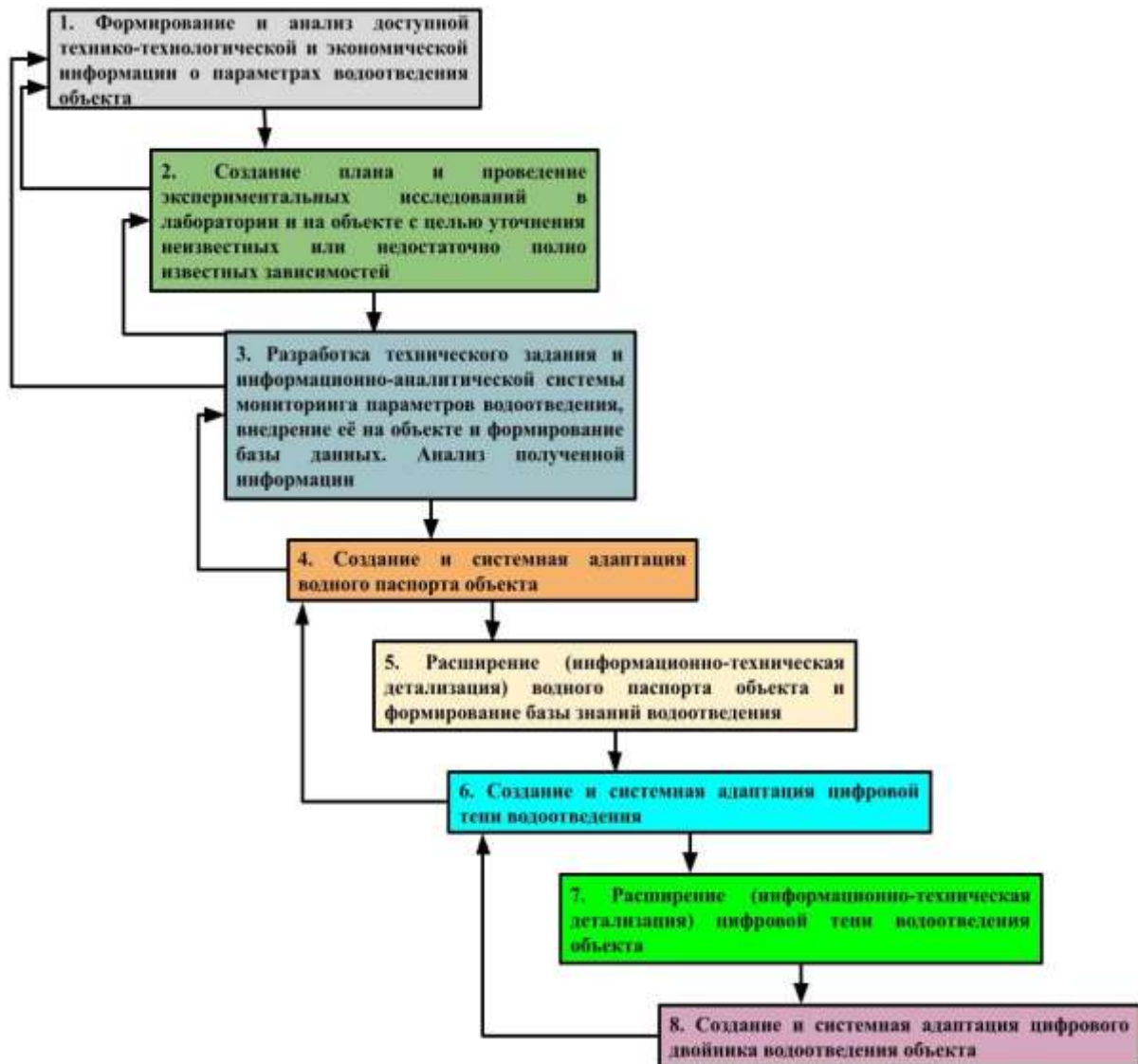


Рисунок 4 – Схема жизненного цикл цифровой модели контроля водоотведения (на основе итерационного подхода)

Первый этап включает систематизацию и анализ всей доступной информации (технико-технологической и экономической). Как правило, её критически недостаточно для формирования даже экспертных заключений.

На втором шаге происходит фактическое планирование действий для накопления необходимой информации, в том числе с использованием исследований в профильных лабораториях (например, по оценке влияния потенциальных токсикантов СВ на активный ил ОС).

Третий этап выполняет задачу информатизации контроля водоотведения – обеспечивается (начинается) накопление данных и их анализ.

Шаг четвертый подразумевает синтез и постоянную адаптацию водного паспорта объекта – с использованием уже работающей информационно-аналитической системы.

Этапы пять и шесть переводят систему контроля уже на уровень «цифрового моделирования» – создаётся цифровая тень водоотведения, поддерживающая аналитику и прогноз в ранее зарегистрированных границах значений контролируемых параметров, но на уже основе интеллектуального математического аппарата.

Этапы семь и восемь трансформируют цифровое решение на более высокий иерархический уровень цифрового двойника.

Функционирует на объекте уже ЦД, который итерационно, при производственной необходимости (несоответствии качества работы заданным требованиям), должен «опуститься» на более низкий уровень иерархии для улучшения (адаптации к новым внешним условиям) своего математико-технологического базиса.



Обобщенная схема жизненного цикла (рис.4) позволяет выделить четыре уровня моделирования контроля процессов водоотведения:

1. Модель первого уровня (комплекс, включающий: упрощённые системные и физические модели) применяется для выбора основной аппаратной архитектуры цифрового двойника – этапы 1 и 2.

2. Модель второго уровня (комплекс, включающий: базовые системные и информационно-логические модели) применяется для отработки логических законов и/или алгоритмов контроля водоотведения – этапы 2 и 3.

3. Модель третьего уровня (комплекс, включающий: информационно-логические и математические (количественные) модели) применяется для системного анализа и количественного моделирования процессов водоотведения – этапы 3, 4.

Модель четвёртого уровня (комплекс, включающий: информационно-логические, математические (количественные) и интеллектуальные модели) применяется для цифрового моделирования и прогнозирования процессов водоотведения – этапы 5, 6, 7 и 8.

### **Заключение**

На современном уровне развития прогнозирования процессов водоотведения актуальным является решения научно-практической задачи государственного масштаба в области цифрового моделирования, которая заключается в разработке методического и программно-аппаратного обеспечения оперативного и распределённого контроля показателей использования водных ресурсов с внедрением таких цифровых комплексов в водопроводно-канализационных хозяйствах.

Созданная на основе функционального (методология IDEF0) и статического (нотации UML) моделирования схема итерационного жизненного цикла цифрового двойника процессов контроля водоотведения включает восемь этапов и четыре уровня моделей, при этом в случае производственной необходимости (несоответствии качества работы заданным требованиям), цифровой двойник должен «опуститься» на более низкий уровень иерархии для улучшения (адаптации к новым внешним условиям) своего математико-технологического базиса.

Дальнейшие исследования целесообразно сфокусировать на декомпозицию созданных этапов цифрового моделирования процессов водоотведения.

### **Литература**

1. Архипов, Д. Э. Развитие мониторинга водных объектов на основе интегральной оценки экологического статуса и моделирования экологических функций / Д. Э. Архипов, К. Е. Едемский, С. И. Кожевникова, В. В. Дмитриев // *European Journal of Natural History*. – 2022. – № 2. – С. 31-37

2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal L 327*, 22/12/2000, 73 p.

3. Eugenio Molina-Navarro, Pedro Segurado, Paulo Branco, Carina Almeida, Hans E. Andersen Predicting the ecological status of rivers and streams under different climatic and socioeconomic scenarios using Bayesian Belief Networks. *Limnologia* 80 (2020) 125742 <https://doi.org/10.1016/j.limno.2019.125742>.

4. Hering, D. Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress — an introduction to the MARS project / D. Hering, L. Carvalho, C. Argillier, M. Beklioglu, A. Borja, A.C. Cardoso, et al. // *Sci. Total Environ.* 503–504, 2015. - P. 10–21.

5. Алексеев, Е. В. Основы моделирования систем водоснабжения и водоотведения : учебное пособие / Е. В. Алексеев, В. Б. Викулина, П. Д. Викулин. - Москва : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - 126 с. - ISBN 978-5-7264-1641-0. - Текст: электронный // ЭБС Консультант студента: [сайт]. - URL:<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416410.html> (дата обращения: 23.09.2022).

6. Штепа, В. Н. Концептуальные основы энергоэффективной системы управления комбинированными системами водоочистки / В. Н. Штепа // *Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: научно-технический журнал*. – 2016. – № 5. – С. 479 – 487.

7. Штепа, В. Н. Интеллектуальная система анализа и прогноза экологической безопасности биологических сооружений очистки сточных вод / В. Н. Штепа, Н. Ю. Золотых // Первая выставка-форум IT-академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»: сборник докладов, Минск, 13-14 октября 2022 г. / Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси. - Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2022. - С. 41-45.

8. Обоснование структуры и состава систем водоочистки на основе оценки уровня автоматизации технологических процессов / В. Н. Штепа [и др.] // *Вестник Брестского государственного технического университета*. - 2020. - № 4. - С. 17-22.

9. Штепа, В. Н. Структура и функционал интеллектуальной системы поддержки

принятый решений в водоотведении / В.Н. Штепа // Информатика и кибернетика: научный журнал. - 2022. - №3 (29). - С.51-57.

10. Штепа, В.Н. Обоснование и схемы использования ранжирующих измерительных систем экологического мониторинга и интеллектуального анализа режимов водоотведения / В.Н. Штепа, Н.Ю. Золотых, С.Ю. Киреев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F.

Строительство. Прикладные науки: научный журнал. - 2023. - № 1. - С. 94-103.

11. Иванов С. А. Концепция построения цифрового двойника города / С. А. Иванов, К. Ю. Никольская, Г. И. Радченко, Л. Б. Соколинский, М. Л. Цымблер // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика, 2020. - Т. 9. - № 4. - С. 5–23. DOI: 10.14529/cmse200401

**Штепа В.Н. Функционально-статический анализ системы контроля водоотведения и оценка подходов к её цифровому моделированию.** *Оценены актуальная ситуация экологической безопасности водоотведения населённых пунктов и разработки других авторов в данной проблемной области, исходя из результатов анализа обосновано важность построения информационной системы оперативного контроля параметров канализования сточных вод. Проведены функциональное (методология IDEF0) и статическое (нотация UML) моделирования процесса контроля параметров водоотведения, позволившие сформировать структуры специализированных программно-аппаратных решений. Создана схема итерационного жизненного цикла цифровой модели (цифрового двойника) управления водными ресурсами объектов водопользования.*

**Ключевые слова:** водоотведение, информационная система, экологическая безопасность, цифровое моделирование, цифровой двойник, цифровая тень.

**Shtepa V.N. Functional-static analysis of the wastewater control system and assessment of approaches to its digital modeling.** *The current situation environmental safety wastewater disposal in populated areas and the developments of other authors in this problem area are assessed; based on the results of the analysis, the importance building the information system for operational monitoring wastewater sewerage parameters is substantiated. Functional (IDEF0 methodology) and static (UML notation) modeling the process monitoring wastewater disposal parameters was carried out, which made it possible to formulate the structures of the specialized software and hardware solutions. The diagram iterative life cycle of the digital model (digital twin) for managing water resources of the water use facilities has been created.*

**Keywords:** water disposal, information system, environmental safety, digital modeling, digital twin, digital shadow.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023  
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

УДК 004.942

## Эффективные вычислительные методы и алгоритмы трехмерной реконструкции объектов культурного наследия

М.П. Руденко

Донецкий национальный технический университет  
e-mail: m.p.rudenko@mail.ru

### Аннотация

В статье приведен анализ существующих эффективных методов и алгоритмов трехмерной реконструкции объектов культурного наследия на примере фотограмметрических методов и методов, использующих проективную геометрию. Показано, что существующие фотограмметрические методы не в полной мере отвечают требованиям реконструкции. На основании этого был предложен алгоритм синтеза моделей трехмерных объектов по их изображению, основанный на методе перспективных масштабов. На примере трехмерной реконструкции главного фасада дома Горелика по одной фотографии показана работа алгоритма.

### Введение

Вопрос о трехмерном восстановлении частично или полностью утраченных объектов культурного наследия в настоящее время чрезвычайно актуален, так как оно рассматривается как один из приёмов решения проблем музеефикации. Таким образом, возможно не только зафиксировать современное состояние архитектурных объектов для последующих поколений, но и смоделировать все этапы существования того или иного объекта для научно-исследовательских и образовательных целей в различных сферах жизнедеятельности.

### Постановка задачи

Общая задача реконструкции трехмерных моделей объектов по их изображениям может быть сформулирована следующим образом:

Учитывая  $m$  изображений  $n$  точек сцены, снятых с разных точек обзора (камер), определить трехмерные координаты  $n$  точек объекта сцены (геометрическую модель), изображенного на фотографиях (рис. 1) и матрицы камер  $m$  просмотров [1].

Другими словами, по заданной на одном или нескольких изображениях группе координат пикселей необходимо найти соответствующий набор матриц камеры и структуру геометрии сцены так, чтобы:

$$x = PX, \quad (1)$$

где:  $X = (X, Y, Z, W)^T$  – описываемая однородными координатами точка в объектном пространстве;  $x = (x, y, w)^T$  – ее проекция на изображении;  $P = [p_1 \ p_2 \ p_3 \ p_4]$  – проектирующая матрица, составленная из четырех

трехкомпонентных векторов-столбцов (« $\Leftarrow$ » означает «равны с точностью до масштабирующего коэффициента»).

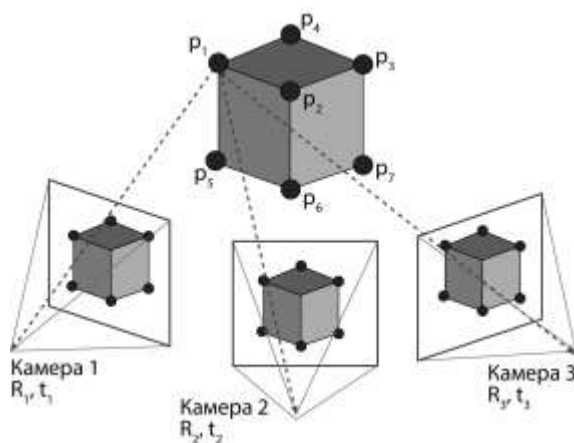


Рисунок 1 – Просмотр геометрии в компьютерном зрении с разных ракурсов

Первые три столбца матрицы  $P$  представляют собой координаты главных точек схода  $v_x$ ,  $v_y$  и  $v_z$  в  $X$ -,  $Y$ - и  $Z$ - направлениях соответственно, т.е.:

$$p_1 = v_x, p_2 = v_y, p_3 = v_z. \quad (2)$$

Четвертый столбец матрицы  $P$  есть проекция  $o$  начала объектной системы координат  $OXYZ$ :  $p_4 = o$ .

На рисунке 2 приведена классификация способов синтеза модели трехмерного объекта по его изображению.

На рисунке 3 приведены виды синтезируемых трехмерных моделей.

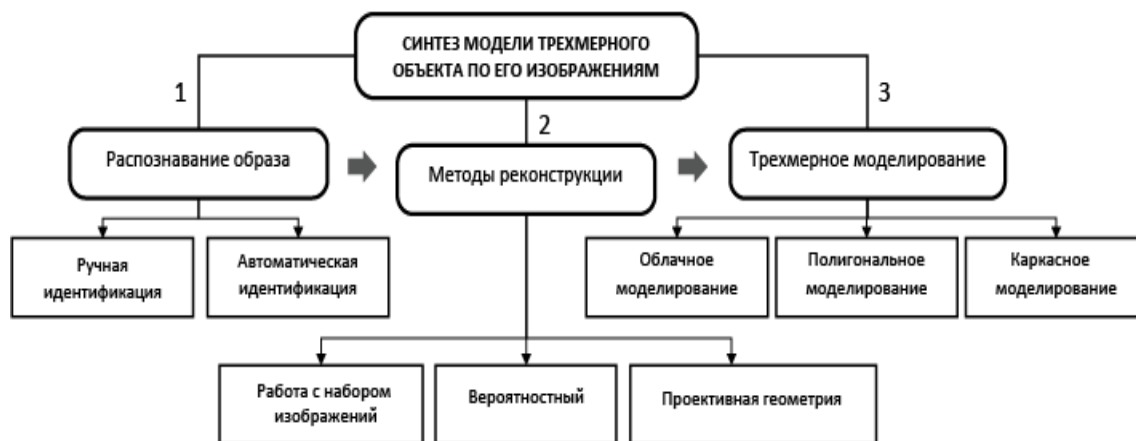


Рисунок 2 - Классификация способов синтеза модели трехмерного объекта по его изображению

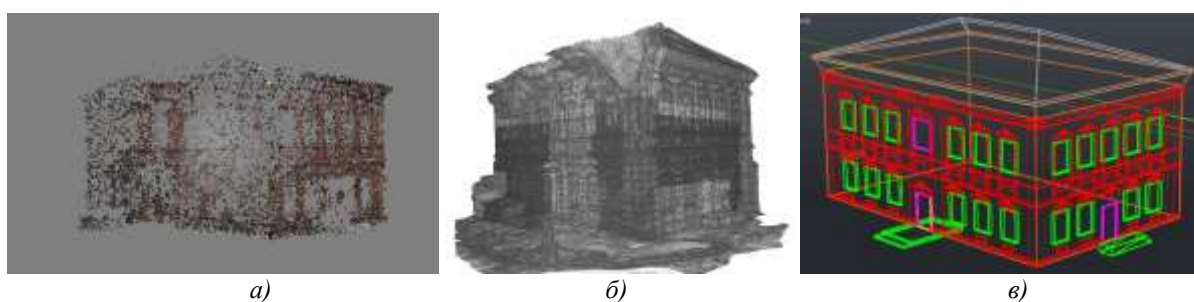


Рисунок 3 - Виды трехмерной модели: а) облачная модель; б) полигональная модель; в) каркасная модель

При трехмерном восстановлении архитектурной среды по фотоизображениям возникает необходимость в обеспечении высокой точности построений при ограниченном количестве изображений, а также реконструкции кривых линий и поверхностей.

Трехмерная реконструкция объектов культурного наследия в задачах археологии предполагает использование [2-4]:

- лазерного сканирования;
- трехмерное восстановление с нуля с использованием иконографических материалов;
- фотограмметрию.

Использование лазерного оборудования при трехмерной реконструкции для сканирования архитектурного сооружения представляет собой дорогостоящий процесс и не подходит для работы с фотоизображениями. Полученная таким способом модель требует дальнейшей доработки в специализированных графических средах, так как содержит ряд искажений, шумов и артефактов (рис. 3а).

В сравнении с лазерным сканированием, использование фотограмметрии при трехмерной реконструкции объектов имеет ряд преимуществ, а именно: высокую точность измерений при имеющемся наборе фотоизображений; возможность измерения параметров объекта бесконтактным методом; доступность (рис. 3б).

Трехмерное моделирование объекта по его изображению, основанное на методах проективной геометрии, дает пропорционально правильную модель на выходе без искажений.

Автоматическая идентификация образа предполагает генерацию полигональной или облачной модели, но на этапе дальнейшей работы с ней значительно усложняется процесс редактирования, так как в основном эти виды моделей имеют шумы и искажения, удаление которых требует определенных временных затрат (рис. 3б).

Ручной способ идентификации образа предполагает работу эксперта при распознавании, это, как правило, обеспечивает лучшие качественные характеристики получаемой модели (обычно каркасной или твердотельной), однако время реконструкции при этом увеличивается (рис. 3в).

### **Анализ наиболее популярных фотограмметрических систем, выполняющих синтез модели трехмерных объектов по набору изображений**

Системы, которые будут рассматриваться, выбраны из ряда графических редакторов, работающих по принципу фотограмметрии.

Алгоритм трехмерного моделирования в таких редакторах примерно одинаковый,

отличаются только интерфейс и количество шагов на пути к созданию трехмерной модели.

Главным преимуществом таких фотограмметрических редакторов являются минимальные трудозатраты при создании трехмерной модели. Работа эксперта состоит в выборе ряда фотоизображений, на основе которых будет производиться моделирование. А значит, сам процесс моделирования происходит без участия человека.

Однако это и является главным недостатком, потому что требования к фотоизображениям являются довольно высокими:

- все фотографии должны быть сделаны при хороших погодных условиях;
- фотографии должны быть сделаны желательно по всему периметру объекта;
- фотографии не должны содержать фон, то есть быть отредактированными;
- для корректной передачи формы объекта, фотографии не должны содержать дополнительных элементов, например, деревьев возле фасадов;
- чем больше фотографий, тем лучше качество модели (не менее двадцати).

Дополнительная работа с фотоматериалом увеличивает временные затраты при моделировании.

Еще одним существенным недостатком фотограмметрических редакторов является сам процесс моделирования, вычислительная сложность которого достаточно высока.

На рисунке 4 представлен алгоритм создания трехмерной модели объекта по набору его фотоизображений для лучшего понимания работы фотограмметрических редакторов.

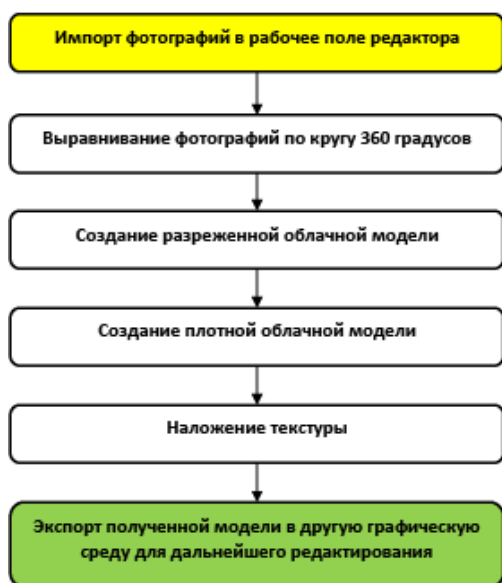


Рисунок 4 – Алгоритм работы системы, использующей набор изображений

Полученная трехмерная модель нуждается в доработке, так как содержит артефакты и искажения, а также дополнительные шумы, которые устраняются в графических редакторах, занимающихся трехмерным моделированием (рис. 5).



а)



б)





Рисунок 5 – Создание трехмерной модели объекта в фотограмметрическом редакторе: а) эталонный объект; б) трехмерная модель объекта.

Стоит добавить, что процесс редактирования облачной и полигональной моделей является весьма трудо- и времязатратным

В таблице 1 выполнено сравнение наиболее популярных систем, осуществляющих трехмерное моделирование по принципу фотограмметрии.

Для того, чтобы определить, какой редактор наилучшим образом справляется с поставленной задачей, автором были сделаны 25 фотографий эталонного объекта по периметру, которые импортировались в рабочие среды представленных ниже редакторов для дальнейшей генерации трехмерной модели объекта.

Таблица 1. Сравнение популярных фотограмметрических редакторов

Фотограмметрические редакторы	Наличие инструкции (+/-)	Удобный и понятный интерфейс (+/-)	Время создания трехмерной модели	Необходимость фото-обработки перед моделированием	Тип полученной модели	Возможность редактирования модели (+/-)	Качество модели
Autodesk ReCap Photo [5]	+	+	1	нет	полигональная	+	
Agisoft Photoscan [6]	+	+	1,5	да	облачная	+	
MeshLab [7]	+	-	1,5	нет	полигональная	+	
Photomodeller [8]	+	-	2	да	облачная	+	

Общие недостатки систем, работающих по принципу фотограмметрии:

- работа только с набором изображений (от двадцати фотографий), а значит, реконструкция объекта по одиночному изображению становится невозможной;
- не всегда понятный и удобный интерфейс фотограмметрических редакторов, инструкции только на английском языке;
- необходимость использовать платное программное обеспечение;
- необходимость в предварительной обработке фотографий, избавление их от шумов, фона, дополнительных элементов, что означает увеличение временных затрат;
- большие затраты времени при получении трехмерной модели объекта, если ее качество должно быть высоким.

Можно сделать вывод, что известные методы не в полной мере отвечают требованиям синтеза моделей трехмерных объектов по их изображениям, таким как качество получаемой модели, скорость генерации, возможность работы с ограниченным иконографическим материалом, возможность построения модели

сложной формы. Это обуславливает необходимость совершенствования методов и алгоритмического аппарата решения задачи реконструкции моделей трехмерных объектов по их изображениям, особенно для частных случаев общей задачи с учетом объективных ограничений.

Поэтому аргументирована необходимость в разработке вычислительного алгоритма и программного комплекса синтеза моделей трехмерных объектов по их изображениям, с целью обеспечения высокой точности реконструкции при ограниченном количестве иконографического материала и даже с использованием одного изображения, возможности построения моделей сложной формы, а также умеренной потребности в вычислительных ресурсах.

### **Алгоритм синтеза моделей трехмерных объектов по их изображению, основанный на методе перспективных масштабов**

Исходя из данного анализа был предложен алгоритм синтеза моделей трехмерных объектов, основанный на методе перспективных

масштабов в виде программного комплекса [9]. Он является более простым в использовании, не требующим вычисления параметров камеры и фокусного расстояния, следовательно, и определенного количества итераций для дальнейшей корректной работы, определяющий пропорциональную зависимость между элементами трехмерной модели. Также он может применяться в уже существующих графических средах, используемых проектировщиками.

Построение полной трехмерной модели объекта только по одиночному изображению невозможно, так как некоторые части объекта невидимы. Однако недостаток исходных данных может частично или полностью компенсироваться путем привлечения дополнительной информации о характеристиках моделируемого объекта.

Для практического применения предложенного программного комплекса были выбраны архитектурные здания города Донецка, являющиеся памятниками архитектуры, построенными в период развития Старой Юзовки. Все они спроектированы в популярном на тот момент «кирпичном стиле». Результаты трехмерной реконструкции дома Юза-Свищина, дома Бальфура, а также дома Горелика, внедрены в научно-методический отдел по охране памятников истории и культуры Государственного учреждения культуры «Донецкий республиканский краеведческий музей» при выполнении работ по созданию виртуальной реконструкции Старой Юзовки.

На примере трехмерной реконструкции главного фасада дома Горелика по одной фотографии (рис. 6), который на сегодняшний день является сохранившимся архитектурным сооружением, показана работа алгоритма.



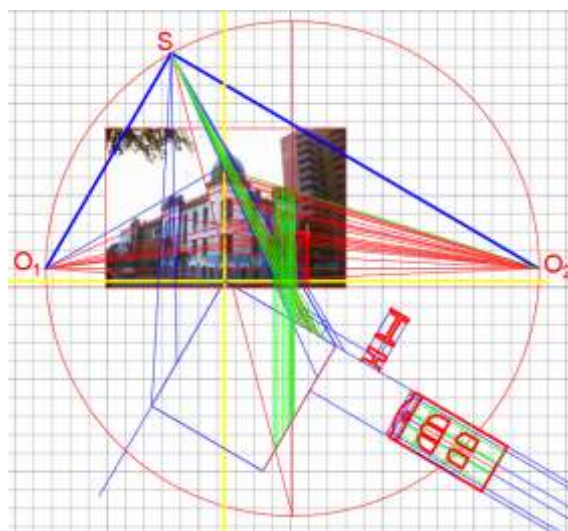
Рисунок 6 – Главный фасад дома Горелика

Дом купца Горелика является памятником архитектуры и градостроительства в Донецке. Построен между 1901–1905 годами. Решение фасадной части здания выполнено в стиле модерн. Угол здания подчеркнут гранёной башней с заостренным куполом. В башне раньше

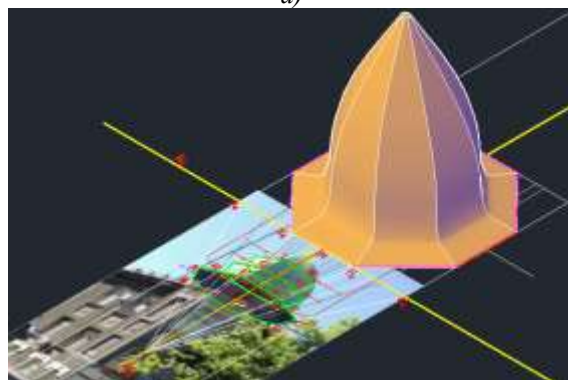
размещалась молельня. Здание выделяется среди других донецких построек причудливыми очертаниями балконов, динамичным обрамлением окон, сдержанным декором фасадов и вставками облицовки из керамической плитки [10]. Особенностью этого дома является выступ на фасаде, имитирующий башню с крышей в виде сомкнутой кровли с восьмиугольником в плане.

Фотография главного фасада дома Горелика импортируется в рабочую среду программного комплекса для дальнейшей работы с экспертом (рис. 7). Экспертом наносятся опорные точки на фотоизображении, после чего программа самостоятельно начинает процесс построения модели.

Процесс построения основан на методах проективной геометрии и дает более точные контуры будущей модели.



а)



б)

Рисунок 7 – Работа алгоритма после нанесения опорных точек: а) отыскание относительных натуральных величин; б) моделирование крыши по найденным величинам

Результат моделирования по найденным относительным величинам на фотографии показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Трехмерная модель главного фасада дома Горелика

Для подтверждения адекватности разработанного программного комплекса была проведена проверка на точность, которая показала, что результаты находятся в пределах допустимой погрешности согласно ГОСТ Р 58942-2020 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве» [11]. Также проведено испытание программного комплекса для моделирования эталонного объекта и сделано сравнение полученной модели эталонного объекта с моделью, сгенерированной в фотограмметрическом редакторе.

Модель, полученная с помощью разработанного программного комплекса, отличается лучшими качественными характеристиками, по сравнению со второй моделью, такими как: полное управление процессом генерации экспертом; полученная модель не требует дальнейшего редактирования контуров; время генерации модели в ряде случаев может быть сокращено до 5 раз; возможность генерации модели с использованием одного изображения; соответствие натурным измерениям эталонного объекта [12].

## Выводы

При анализе существующих эффективных методов и алгоритмов трехмерной реконструкции объектов культурного наследия было выявлено, что они делятся на фотограмметрические и методы, использующие проективную геометрию. Оказалось, что известные методы не в полной мере отвечают требованиям синтеза моделей трехмерных объектов по их изображениям, таким как качество получаемой модели, скорость генерации, возможность работы с ограниченным иконографическим материалом, возможность построения модели сложной формы.

Предложен алгоритм синтеза моделей трехмерных объектов, основанный на методе

перспективных масштабов, в виде программного комплекса, который является более простым в использовании, не требующим вычисления параметров камеры и фокусного расстояния и определяющий пропорциональную зависимость между элементами трехмерной модели. Проверка адекватности предложенного программного комплекса показала работу в допустимых пределах погрешности, а модель, полученная в нем, отличается лучшими качественными характеристиками по сравнению с моделями, полученными в известных фотограмметрических редакторах.

## Литература

1. Hartley, R. Multiple View Geometry in Computer Vision [Text] / R. Hartley, A. Zisserman // Cambridge University Press, 2004. – 672 p.
2. Пачеко-руис Р. 4D моделирование подводных археологических раскопок в условиях плохой видимости с помощью фотограмметрии / Р. Пачеко-руис, Д. Адамс, Ф. Педротти // Геоинфо, 2022. – № 10. – С. 6-15.
3. Андреева, И. И. 3D-моделирование археологических раскопок / И. И. Андреева, М. В. Грицкевич, А. В. Белоусов, А. В. Хоперков // Научный альманах, 2016. – № 1-1 (15). – С. 358-365.
4. Живица, В. В. Принципы 3D реконструкции объектов культурного наследия античного периода на примере греко-скифского городища Калос Лимен в Республике Крым [Текст] / В. В. Живица, А. А. Эрайзер // Строительство и техногенная безопасность, 2022. – № 24 (76). – С. 7-18.
5. Autodesk. 3D Design, Engineering and Construction Software / ReCap Pro. Reality Capture Software connecting the physical world to the digital [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/recap/overview?plc=RECAP&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1#0>, свободный. – Яз.англ.
6. Agisoft Metashape [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agisoft.com/>, свободный. – Яз.англ.
7. MeshLab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.meshlab.net/#>, свободный. – Яз.англ.
8. Photomodeller Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.photomodeler.com/>, свободный. – Яз.англ.
9. Руденко, М. П. Алгоритм трехмерного моделирования архитектурных сооружений по фотоизображению методом перспективных масштабов / М. П. Руденко // Информатика и кибернетика. - Донецк : ДонНТУ, 2019. – №2(16). – С. 89-95.



10. Донецкий авторский сайт Е. Ясенова / Новое о доме Горелика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://donjetsk.com/homes/9739-povoe-o-dome-gorelika.html>, свободный. – Яз.рус.

11. Руденко, М. П. Моделирование сложных элементов архитектурных сооружений методом перспективных масштабов / М. П. Руденко // Информатика и кибернетика. - Донецк : ДонНТУ, 2019. – №3(17). – С. 30-37.

12. Руденко, М. П. Методы синтеза моделей трехмерных объектов по их изображениям / М. П. Руденко // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ - 2022» : материалы 18-й междунар. молодежной науч.-техн. конф., Севастополь, 10 — 14 октября 2022 г. / Севастоп. гос. ун-т; под ред. И. Л. Афолина. — Севастополь : Изд-во СевГУ, 2022. – С. 146.

*Руденко М.П. Эффективные вычислительные методы и алгоритмы трехмерной реконструкции объектов культурного наследия. В статье приведен анализ существующих эффективных методов и алгоритмов трехмерной реконструкции объектов культурного наследия на примере фотограмметрических методов и методов, использующих проективную геометрию. Показано, что существующие фотограмметрические методы не в полной мере отвечают требованиям реконструкции. На основании этого был предложен алгоритм синтеза моделей трехмерных объектов по их изображению, основанный на методе перспективных масштабов. На примере трехмерной реконструкции главного фасада дома Горелика по одной фотографии показана работа алгоритма.*

**Ключевые слова:** трехмерное моделирование, вычислительные методы, трехмерная реконструкция, фотограмметрия, редакторы, синтез моделей трехмерных объектов.

*Rudenko M.P. Effective Computational Methods and Algorithms for the Cultural Heritage Objects 3D Reconstruction. The article analyzes the existing effective methods and algorithms for the three-dimensional reconstruction of cultural heritage objects on the example of photogrammetric methods and methods using projective geometry. It is shown that the existing photogrammetric methods do not fully meet the requirements of reconstruction. Based on this, an algorithm was proposed for synthesizing models of three-dimensional objects from their image, based on the method of perspective scales. Using the example of the Gorelik's house main facade a three-dimensional reconstruction one photo the operation of the algorithm is shown.*

**Keywords:** three-dimensional modeling, computational methods, virtual reconstruction, photogrammetry, editors, the three-dimensional objects models synthesis.

Статья поступила в редакцию 11.10.2023  
Рекомендована к публикации зав. каф. КМД Карабчевским В. В.

## Метод формализации описания технологических процессов

М. В. Воронов

Московский государственный психолого-педагогический университет, г Москва

[mivoronov@yandex.ru](mailto:mivoronov@yandex.ru)

### Аннотация

*Рассматривается проблематика формализации представленных в вербальной форме текстов. Представлен метод трансформации текстовых описаний технологических процессов в формальный вид с требованием высокого уровня сохранения их содержания. Обсуждаются вопросы применения отображающих технологии математических проблем.*

### Введение

Для обеспечения своего существования обществу необходимо удовлетворять свои потребности. Для этого, обладая способностью мыслить, человек разумный, преследуя определенные цели, разрабатывает планы своей деятельности, создает для их реализации подходящие условия и осуществляет соответствующие действия. Способы осуществления этой составляющей своего бытия связывают с понятием «технология».

Термин «технология» трактуется по-разному. Технологией обычно называют процесс (технологический процесс) преобразования при определенных условиях данного (исходного, входа) в желаемое (результат, выход). Чаще всего это процесс изготовления конкретного продукта. Однако и процесс оказания услуг, и процесс обучения, и процесс излечения больного, а также многие другие упорядоченные совокупности целенаправленных действий также называют технологиями. В любом случае имеют ввиду последовательное выполнение вполне определенных действий, направленную на достижение определенного результата.

Технологией называют и описание конкретного технологического процесса. В этом случае имеют ввиду совокупность знаний о том, кем, чем, когда, при использовании каких материалов, оборудования и методов, при каких значениях параметров реализуется описываемый технологический процесс. Наличие описания технологических процессов позволяет не только сохранять соответствующие знания, но и транслировать их, использовать для усовершенствования существующих и создания новых. По мере развития вычислительной техники и средств коммуникации резко повышается результативность оперирования описаниями технологических процессов.

Разработка и использование технологий является неотъемлемой сущностью жизни

общества, обеспечивающего его развитие, они являются все более важным ресурсом человечества, и оно всегда будет стремиться к его преумножению. В этой связи разработка новых и усовершенствование существующих технологий в самых различных областях деятельности людей относились и будут относиться к одним из самых актуальных задач прикладной науки в целом и прикладной математики в частности.

Разработка все новых и новых технологий продолжается с высокой интенсивностью. По мере накопления арсенала технологий актуализируются задачи эффективного манипулирования ими. Даже синтез качественно новых технологий в существенной мере базируется на технологиях существующих.

Технологии сопровождают все без исключения сферы деятельности людей. Так даже для выпуска одного и того же изделия могут использоваться различное оборудование и материалы, по-разному осуществляться собственно производственные процессы. Отсюда различие в качестве продукции, ее себестоимости и, как следствие, требуются иные технологии в области организации производства, экономики предприятия, менеджмента, используются специалисты различного уровня и профиля подготовки. Таким образом оказываются задействованными все службы предприятия и многие его смежники (партнеры).

Понятно, что для решения возникающих в такого рода ситуациях задач целесообразно использовать соответствующие программно-технические комплексы, более того, эта целесообразность постепенно переходит в необходимость.

Таким образом, технологии можно отнести к наиболее важному ресурсу, которое создает и всегда будет продолжает активно создавать человечество. В этой связи решение вопросов, связанных с повышением эффективности сбора описаний технологий, их структуризации,

хранения, и эффективного практического использования является весьма актуальной темой научных исследований.

### **Постановка задачи**

Пусть задан текст, описывающий на естественном языке определенный технологический процесс. Требуется представить этот текст в формальном виде, причем так, чтобы сохранялась возможность последующего адекватного воспроизводства этой технологии. Для этого формализованное описание должно в максимальной степени сохранять смысл исходного текста.

Поскольку описание технологий обычно представлено на естественном языке в виде текстов дополненных различного рода рисунками, схемами, таблицами, разработка их формализованного представления является весьма сложной задачей, но актуальность решения которой вынуждает искать все новые и новые подходы к ее решению. Данная статья посвящена изложению одного из них.

Следует отметить, что на пути формализации манипулирования текстами достигнуты заметные успехи. Причем это касается не только вопросов разработки методов бессодержательной компьютерной обработки текстов, но и в проблематике манипулирования текстами и их составляющими с учетом их содержания [1]. Так представляется заслуживающим внимание попытка замены лексико-грамматической структуры текста денотативной структурой графа, который отображает присутствующие в тексте семантические связи [2]. Следует заметить, что операции построения такого графа заключаются в определенной материализации результата понимания содержания. В этой связи методики построения денотатного графа включают большое число процедур творческого характера, которые каждый индивидуум реализует вообще говоря, по-своему, и это приводит к неоднозначной трактовке одного и того же текста. Необходима разработка методов, включающих минимум творческой составляющей субъектов.

Несмотря на активную разработку этой тематики, все большее число авторов согласны с тем, что в полной мере адекватная передача заложенного в текст содержания формальными средствами невозможна. [3,4,5,6]. Правда, это заявление относится к произвольному по структуре представленному в вербальной форме тексту и касается адекватной передачи содержания в полной мере. Последнее, кстати, трудно однозначно понять и требует серьезного обсуждения.

Однако существуют тексты, специфика которых в определенной мере способствует успешному решению поставленной задачи.

Таковыми являются так называемые регулятивные тексты, которые предназначены для передачи алгоритмов реализации упорядоченной совокупности предписанных действий [7,8]. Их назначение заключается в выполнении координационной функции, поэтому такие тексты и названы регулятивными. К ним относятся различного рода распоряжения, приказы, инструкции, а также описание технологических процессов и даже некоторые виды учебно-методических текстов.

Само назначение регулятивных текстов обуславливает требования к таким их свойствам как: логичность и точность (отсутствие иносказаний), связность и цельность, ясность изложения, понятность (за счет отсутствия, в частности, эмоциональной окраски и различных образных средств), доступность (за счет использования специфической, например, профессиональной лексики). Эти обстоятельства открывают, как нам представляется, возможности достаточные для формализации регулятивных текстов с высоким уровнем сохранения их семантики.

С точки зрения лингвистики регулятивные тексты, в основном, представляют собой упорядоченную последовательность побудительных предложений. Иначе говоря, практически каждое входящее в них предложение (или логически агрегированная их группа) описывает конкретное отдельное действие, приводящее к определенному результату (смене состояния рассматриваемой системы), которое можно трактовать, как описание элементарного содержательного элемента данной технологии. Следовательно, регулятивные тексты в известной мере представляют собой словесно выраженный алгоритм последовательности целенаправленных действий. Благодаря этим качествам и открываются перспективы разработки методов формализации вербального описания технологий.

Итак, в структурном аспекте вербальное описание технологического процесса представляет собой упорядоченную последовательность побудительных предложений, каждое из которых описывает элементарное (элементарное для данного описания) действие, например, операцию как часть технологического процесса или ее составляющие (установы, технологические переходы, позиции и т.п. Содержательную основу таких предложений обычно составляет глагол (глагольное выражение), представляемый в виде императивной глагольной словоформой (включить, проверить, повернуть и т.п.). Именно она собственно и описывает элементарное технологическое действие, которое переводит акторов этого действия, а, следовательно, и всю рассматриваемую систему, в новое состояние. Кроме того, в предложении присутствуют

непосредственно участвующие в описываемом действии объекты (станки, инструменты, материалы), а также описан ряд уточняющих условий (обстоятельств, дополнений, ограничений).

Упорядоченная последовательность такого рода предложений и представляет собой словесно выраженное описание последовательности целенаправленных действий. Именно такая структура построения текстов в наибольшей мере соответствует преследуемым целям: как можно определённые, точнее и понятнее отображать построение и протекание технологических процессов.

В этой связи некоторые авторы полагают, что семантически тексты совпадают, если совпадают их предикатные выражения составляющих их предложений [9]. В известной мере это так. По крайней мере последовательность побудительных предложений и использование профессионально лексики обеспечивает возможность в целом уяснить суть описываемого технологического процесса. Вместе с тем при описании таковых помимо фиксации в формализованной форме информации о собственно действиях, важное место занимают сведения о конкретных условиях совершения действий. Именно в деталях, соответствующих отдельным действиям, часто скрыты «изюминки» данной технологии. В достаточной мере адекватное отображение окружающих предикатные формы требует аккуратного формального отображения часто встречающихся определений, дополнений, обстоятельств и прочих «деталей» описания. В преодолении этой трудности существенную помощь может оказать следующий факт: в описании технологических процессов данной предметной области в основном используется устоявшаяся лексика. Тем самым используемые термины и фразеологизмы интерпретируются практически однозначно.

Принимая во внимание вышеизложенное был разработан метод формализованного представления регулятивных текстов [10]. Суть этого метода заключается в обеспечении передачи предметной сущности используемых в исходном тексте слов и причинно-следственных связей между ними, отображаемых соответствующим конструктивным алгоритмом [11]. В данной статье делается попытка применить этот метод для формализации текстов, описывающих технологические процессы.

### **Модель отдельного этапа технологии**

Поскольку каждый технологический процесс может трактоваться как упорядоченная совокупность взаимосвязанных этапов (подпроцессов, стадий, действий, операций), его формальной моделью может явиться сеть, узлами

которой выступают модели элементарных для данного описания технологического процесса компонентов – его этапов. В этой связи центр тяжести решения поставленной задачи смещается к построению формальных структур, отображающих описание отдельных элементарных для данного описания этапов рассматриваемого технологического процесса.

Описание отдельного этапа обычно осуществляется одним побудительным предложением, которое может быть дополнено некоторыми фразами, носящими конкретизирующий, уточняющий или детализирующий характер. При этом сообщаются следующая основные сведения:

- об исходном состоянии совокупности объектов рассмотрения, непосредственно предшествующем началу именно этого этапа;
- о результирующем состоянии рассматриваемой системы на момент окончания реализации этапа;
- о собственно действии, осуществление которого обеспечивает перевод системы из данного исходного состояния к описанному результирующему.

В этой связи теоретико-множественной моделью части текста, описывающей отдельный этап технологического процесса, может стать тройка  $P = \langle X, D, Y \rangle$ , где  $D$  – предикат, передающий собственно описываемое действие,  $X$  – формальное описание состояния системы на момент начала этапа. Фактически это множество находящихся в исходном для данного этапа состояния участников этого действия (акторов действия).  $Y$  – формальное описание состояния системы на момент окончания этапа. Фактически это множество компонентов системы, которые изменили свое состояние на момент окончания этапа.

По существу, формализация описания данного этапа заключается в фиксации двух состояний рассматриваемой системы: до и после реализации этого этапа. Связь между ними осуществляет присутствующий в данном побудительном предложении предикат, определяя к какому из двух множеств  $X$  и  $Y$  следует соотносить все другие используемые в этом предложении слова и фразы.

Механизм этой фиксации заключается в следующем. Предполагается, что для данной предметной области имеется библиотека описания терминов, представленных в виде фреймов, каждый из которых в формальном виде содержит описание используемых в рамках данной предметной области сущностей. Важно отметить, что эту библиотеку целесообразно создавать с помощью интенционального метода построения родовидовой структуры совокупности фреймов [12]. Присутствующие в этой библиотеке фреймы-прототипы содержат

описание свойств и характеристик, присущих сущностям, обозначаемым данным термином. Фиксация смысла рассматриваемого термина осуществляется за счет актуализации значений характеристик, значения которых указаны в рассматриваемом фрагменте текста, т.е. формирование из термов прототипов фрейм-экземпляры.

Тем самым смысл использованных в рассматриваемом тексте слов, как имен конкретных сущностей, фиксируется в виде упорядоченной совокупности всех внесенных в соответствующие фреймы их характеристик и значений. Это обеспечивает не только более однозначную фиксацию передаваемого смысла, чем запись лишь имени сущности, но и позволяет сформировать простой алгоритм сравнения состояний рассматриваемой системы, что является одним из ключевых моментов излагаемого метода.

Описанная схема позволяет получить формальное представление побудительного предложения, описывающего одно элементарное (в рамках исходного текста) технологическое действие. Его структура представлена на Рис.1, а моделью, отображающей смысловое содержание описания элементарного технологического действия, выступает тройка фреймов-экземпляров

$$M_q = \langle FD(q), \{FX_{iq}\}, \{FY_{qj}\} \rangle, \quad (1)$$

где  $FD(q)$  – фрейм-экземпляр, описывающий концепт-действие данного предложения под номером  $q$ , на рис.1 он обозначен через  $d_q$ ;

$\{FX_{iq}\}$  – множество фреймов-экземпляров, описывающих исходное состояние участвующих в данном действии акторов  $X_q = \{x_{iq}\}$ , назовем их входными портретами акторов;  $\{FY_{qj}\}$  – множество фреймов, описывающих совокупность акторов  $Y_q = \{y_{qj}\}$ , изменивших свое состояние в результате реализации описываемого действия, назовем их выходными портретами соответствующих акторов.

Формирование формального отображения каждого элементарного технологического действия осуществляется оператором в автоматизированном режиме. Для этого он:

– поочередно выделяет из рассматриваемого предложения обозначающие конкретную сущность слова (фразы). Лучше начинать с термина, обозначающего собственно действие, который является основой описания элементарного технологического действия, а его валентность помогает определять характерные

для него характеристики и связи с другими членами предложения [13];

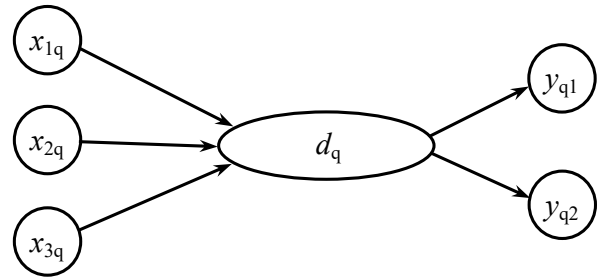


Рисунок 1 – Структура модели предложения регулятивного текста

– для выбранного слова в автоматизированном режиме активизируется заполнение соответствующего фрейм-экземпляра, описывающего соответствующую сущность (если для данной сущности фрейм-прототип образец еще не заведен, он предварительно генерируется);

– определяется, в каком отношении эта сущность находится с иными компонентами рассматриваемого предложения, и эта информация также фиксируется в соответствующих слотах фрейма.

Количество принимаемых оператором носящих творческий характер решений при этом минимально. Этот факт является одной из отличительных моментов предложенного метода, поскольку обеспечивает практическую независимость решения поставленной задачи от личностных характеристик оператора.

### Модель технологического процесса

После построения моделей каждого технологического действия типа (1) уже в автоматическом режиме реализуется процедура формирования модели рассматриваемого технологического процесса в целом. На формальном уровне эта процедура заключается в установлении на множестве  $\{M_q\}$  отношений непосредственного следования. Возможность реализации этой процедуры в автоматическом режиме обусловлена двумя обстоятельствами.

Во-первых, для каждого рассмотренного действия определены участвующие в нем акторы и зафиксированы их состояния как на начало действия, так и на его окончание.

Во-вторых, в технологических процессах для находящихся в отношении непосредственного следования действий имеет место следующий факт: некоторые акторы, например, действие  $d_k$ , находящиеся в конечном относительно данного действия состоянии (кроме последнего), выступают в роли акторов другого непосредственно следующего за ним действия,

например,  $d_q$ , которые находятся в исходном по отношению к последнему состоянию. Иными словами непосредственное предшествование действия  $d_k$  действию  $d_q$  означает, что среди выходных акторов действия  $d_k$  существует актер по всем значениям своих характеристик совпадающим хотя бы с одним из входных акторов действия  $d_q$ .

Рисунок 2 иллюстрирует наличие такого факта: находящийся в результирующем состоянии после реализации действия  $d_k$  актер  $y_{k2}$  необходим для начала действия  $d_q$ . На рисунке 2 он обозначен как  $x_{1q}$ .

Поскольку  $y_{k2} = x_{1q}$ , действия  $d_k$  и  $d_q$  находятся в отношении непосредственного следования, причем  $d_k$  непосредственно предшествует  $d_q$ .

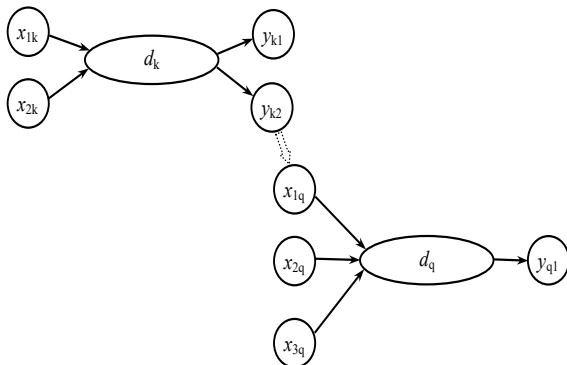


Рисунок 2 - Установление связей непосредственного следования

Основанный на таких рассуждениях поиск такого рода пар на множествах  $\{FX_{iq}\}$  и  $\{FY_{qj}\}$  позволяет именно в автоматическом режиме выявлять и фиксировать отношения непосредственного предшествования между элементарными технологическими действиями. Эту процедуру можно описать в виде выражения (2):

$$\forall(k, q) \exists(i, j): y_{ki} = x_{jq} \rightarrow g_{kq} = 1, \quad (2)$$

где выполнение условия  $g_{kq} = 1$  означает, что пара действий с номерами  $k$  и  $q$  находится в отношении непосредственного следования.

В ходе выполнения полного множества возможных процедур будет построена матрица отношений непосредственного следования элементарных технологических действий

$GD = \parallel g_{k,q} \parallel$ . Таким образом, пара  $\langle M, GD \rangle$  образует формальную модель рассматриваемого технологического процесса.

## Выводы

Описанный метод позволяет отобразить представленное в вербальной форме описание технологического процесса в формальном виде.

Критерием адекватности содержания этих двух форм представления одного и того же процесса является степень адекватности восстановленного из формального представления процесса в виде текста исходному тексту.

Поскольку формальное представление технологии осуществлено в виде графа, составленного из подграфов, каждый из которых отображает отдельный элементарный этап технологического процесса, открывается возможность для разработки средств автоматического анализа и синтеза технологий.

Использование изложенного метода позволит создать средства для решения целого ряда, как минимум, следующих конкретных задач:

- Сформировать компьютерную библиотеку технологий данной предметной области;
- Создавать программные средства для проведения всестороннего автоматизированного анализа технологий, в том числе их полноты и связности;
- Разрабатывать процедуры сравнения технологических процессов на предмет их определенности, полноты, связности и других характеристик;
- Перейти к решению ряда вопросов автоматизированного синтеза новых технологий.
- Разрабатывать автоматизированные тренажеры и иные средства поддержки процессов обучения технологов.

## Литература

1. Бедарев, Н. В. Тексты на естественном языке и методы извлечения структурированных данных / Н. В. Бедарев, А. А. Войнов.– Сборник материалов международной научно-технологической конференции студентов и молодых ученых «Молодёжь. Наука. Технологии». – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. № 2. С.37-42.
2. Sheridan Tom. Models of Human-System Interaction [Book Review] // IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine. 2017. vol. 3. iss. 2. PP. 56–63.
3. Барина, И. А. К вопросу о соотношении смысла и содержания текста при переводе / И. А. Барина. // Вестник Вятского государственного университета. 2015. № 10. – С. 69-72.
4. Вертешев, С. М. От «фон Неймановского» компьютера к метамашине / С. М. Вертешев, А. О. Поляков. – Псков: Изд-во ППИ. 2007.- 512 с.

5. **Двойникова, А. А.** Аналитический обзор подходов к распознаванию тональности русскоязычных текстовых данных /А. А. Двойникова, А. А. Карпов. - Текст : непосредственный //Информационно-управляющие системы 2020. № 4. С.20-30.

6. **Мареев, С. Н.** Диалектика содержания и формы и проблемы формализации / С. Н. Мареев - Текст : непосредственный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Философия. Социологи. Право». 2017. № 42(24). С. 15–26.

7. **Болотнова, Н. С.** О типологии регулятивных структур в тексте как форме коммуникации /Н. С. Болотнова. - Текст : непосредственный //Вестник ТГПУ. 2011. Вып. 3 (105). С. 34-40.

8. **Болотнова, Н.С.** Коммуникативная стилистика Болотновой. / Н. С Болотнова, И. И. Бабенко, Е. А. Бакланова. - Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2011. 492 с.

9. **Богатырев, М. Ю.** Исследование семантической инвариантности концептуальных

моделей текстовых данных / Ю. С. Богатырев, Н.Л. Коржук. - Текст : непосредственный // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 12. С. 499–503.

10. **Воронов, М. В.** Формализация регулятивных текстов / М. В. Воронов. // Информатика и автоматизация (Тр. СПИИРАН). 2021. Т.20. №3. С. 562–586.

11. **Воронов, М. В.** Конструктивно-имитационное моделирование слабоструктурированных систем / М. В. Воронов // Изв. МАН ВШ. 2007. № 4 (42). С.156–165.

12. **Антонов, И. В.** Методы анализа данных в задачах автоматизации построения онтологии предметной области / И. В. Антонов, М. В. Воронов. // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 8 (50). С. 19–35.

13. **Пешкова, Н. П.** Семантика и смысл текста / Н. П. Пешкова. - //Вестник Челябинского государственного университета.). Филология. Искусствоведение. 2015. Вып. 96. С. 69–77.

***Воронов М.В. Метод формализации описания технологических процессов.** Рассматривается проблематика формализации представленных в вербальной форме текстов при высоком уровне сохранения их содержания. Представлен метод трансформации текстовых описаний технологических процессов в формальный вид. Обсуждаются вопросы применения отображающих технологии математических проблем.*

***Ключевые слова:** технология, синтез, регулятивный текст, искусственный интеллект, математическая модель.*

***Voronov M.V. Method of formalization of description of technological processes.** The problems of formalization of texts presented in verbal form are considered. The method of transformation of textual descriptions of technological processes into a formal form with the requirement of a high level of preservation of their content is presented. The issues of application of mathematical problems displaying technologies are discussed.*

***Keywords:** technology, synthesis, regulatory text, artificial intelligence, mathematical model*

*Статья поступила в редакцию 19.10.2023  
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.*

# Компьютерные науки



УДК 51-74:510.22:519.6:536.2

## Учет разброса параметров в тепловой модели стержневых элементов радиаторов систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры: метод нечетких множеств

В. Н. Павлыш<sup>1</sup>, С. В. Сторожев<sup>2</sup>, С. Б. Номбре<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»  
(г. Макеевка)

### Аннотация

*Рассматриваются вопросы применения аппарата теории нечетких вычислений при решении проблемы учета разбросов исходных геометрических и физических параметров в аналитической расчетной модели теплового отвода от корпуса радиоэлектронного устройства с применением конструкций ребристых либо игольчато-штыревых радиаторов. Задачей исследования является получение уточненных проектных данных о характеристиках стержневых конструктивных элементов радиаторов, обеспечивающих задаваемые уровни теплоотдачи и температуры перегрева устройства в зоне крепления радиатора. В качестве метода исследования рассматриваемой задачи предложено введение нечетко-множественных представлений для неопределенных исходных расчетных параметров, являющихся аргументами в функциональных соотношениях детерминистического варианта анализируемой модели, и получение соответствующих выходных параметров в нечетко-множественной форме на основе применения  $\alpha$  – уровневой модифицированной версии эвристического принципа обобщения.*

### Введение

Математическое моделирование процессов обеспечения температурных режимов функционирования радиоэлектронных устройств относится, наряду с требованиями по их монтажно-коммуникационной структуре, помехоустойчивости и механической вибрационной надежности, к ключевым заданиям конструкторского проектирования [1–6]. В его рамках подлежат определению условия поддержания в заданных пределах температур элементов радиоэлектронных устройств, при которых, с учетом температурно-зависимых свойств, обеспечивается их надежное функционирование с номинальными параметрами на основе применения систем охлаждения либо термостабилизации. Функционирование систем обоих типов связано с отводом тепловых потоков рассеиваемых элементами мощностей путем использования систем активного и пассивного охлаждения, и их конструирование связано с анализом моделей теплообмена в элементах устройств охлаждения, конструктивные и технологические эксплуатационные параметры которых преимущественно имеют высокую степень неопределенности в виде разбросов экспериментальных и вводимых с допусками проектных значений [7]. Применяемые при этом способы учета неопределенности исходных

параметров для моделей данного типа в доминирующей степени опираются на методы теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, в частности на применение метода статистических испытаний [8]. Вместе с тем, для учета неконтрастности параметров в моделях обеспечения температурных режимов функционирования радиоэлектронных устройств целесообразным является применение параллельных подходов с менее строгими требованиями к характеру исходной неопределенной информации, возможностями использования данных субъективных экспертных оценок, отсутствием априорных гипотез о формах частотных распределений для выходных параметров. Таким подходом может служить, в частности, использование концепции нечетких множеств [9–14], в связи с чем конкретной целью данного исследования является разработка нечетко-множественного метода учета разбросов в значениях геометрических и физических параметров в математических тепловых расчетных моделях стержневых элементов радиаторов для систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры. Представляемый метод основывается на фаззификации неконтрастной исходной информации о входных параметрах с разбросами и применении  $\alpha$  – уровневой модифицированной версии эвристического

принципа обобщения при переходе к нечетко-множественным аргументам в функциональных расчетных аналитических соотношениях детерминистической версии модели расчета стержневых элементов теплоотводящих радиаторов, а результатами его числовой реализации являются описания функций принадлежности для нечетких выходных параметров рассматриваемой модели.

**Базовые соотношения детерминистической версии расчетной тепловой модели стержневых элементов радиаторов.**

Расчетные математические модели конструкций ребристых и игольчато-штыревых радиаторов в системах отвода и рассеивания тепловой энергии для радиоэлектронной аппаратуры базируются на описании процессов теплообмена в тонких стержневых элементах, интерпретирующих соответствующие компоненты радиатора в виде ребер или штырей, при гипотезах о равномерном распределении тепловых потоков от корпуса радиоэлектронного устройства к радиатору по площади их контакта и о пренебрежении внешней теплоотдачей на удаленной торцевой поверхности стержня. При этом искомое распределение относительных температур  $\mathcal{G}(x) = t(x) - t_o$  вдоль оси  $x$  ( $0 \leq x \leq h$ ) стержневого элемента, описывается начальной задачей [1–3]

$$\begin{aligned} d^2 \mathcal{G}(x) / dx^2 - k^2 \mathcal{G}(x) &= 0, \\ k &= (\alpha l S^{-1} \lambda^{-1})^{1/2}, \\ (d \mathcal{G}(x) / dx)_{x=0} &= -PS^{-1} \lambda^{-1}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $P$  – тепловой поток, подводимый к основанию стержневого элемента радиатора и полностью переходящий в него;  $l$  – периметр сечения стержня;  $\lambda$  и  $\alpha$  – соответственно параметры теплопроводности для материала стержневого элемента и теплоотдачи во внешнюю среду с температурой  $\mathcal{G}_v$  по его боковой поверхности.

Определяемое из (1) при вышеприведенных гипотезах представление  $\mathcal{G}(x)$  может быть записано [1] в форме

$$\mathcal{G}(x) = P(kS\lambda)^{-1} ch(k(h-x)) / sh(kh). \quad (2)$$

Для  $\mathcal{G}(x)$  также используется [1] иное представление, получаемое в рамках

предположения о малом ненулевом показателе теплоотдачи с удаленного торца и имеющее вид

$$\begin{aligned} \mathcal{G}(x) &= \mathcal{G}_0 ch(k(h^* - x)) / ch(kh^*), \\ \mathcal{G}_0 &= P(kS\lambda)^{-1} cth(kh^*), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $h^* = h + S/l$ ;  $\mathcal{G}_0$  – параметр перегрева торца в основании стержневого элемента радиатора.

С использованием представлений (3) записываются выражения для определяющих характеристик теплообменных свойств радиаторов – эффективного коэффициента теплоотдачи  $\alpha_e$ , тепловой проводимости  $\sigma_s$  и теплового сопротивления  $R_s = \sigma_s^{-1}$ , имеющих исходную форму

$$\alpha_e = P(\mathcal{G}_s S)^{-1}, \quad \sigma_s = P \mathcal{G}_s^{-1}, \quad (4)$$

где  $S = L_1 \cdot L_2$ ,  $l = 2(L_1 + L_2)$  для прямоугольного радиатора с размерами основания  $L_1$ ,  $L_2$  и  $S = \pi D^2 / 4$ ,  $l = \pi D$  для радиатора с круговым основанием диаметра  $D$ ;  $\mathcal{G}_s$  – средний показатель перегрева основания радиатора.

При допущении о том, что параметр  $\mathcal{G}_s$  равен величине  $\mathcal{G}_0$ , на основании выражения для тепловой проводимости единичного стержня  $\sigma_s = kS\lambda \cdot th(kh^*)$  в случае радиаторов с  $N$  одинаковыми стержневыми элементами их общая проводимость  $\sigma_R$  описывается выражением

$$\sigma_R = \sigma_P + NkS\lambda \cdot th(kh^*), \quad (5)$$

в котором  $\sigma_P$  – тепловая проводимость не содержащей стержневых элементов части радиатора, а входящий в представление  $k$  параметр  $\alpha$  теплоотдачи во внешнюю среду по боковой поверхности стержневых элементов в случае вынужденной конвекции внешней воздушной среды рассчитывается по формуле

$$\alpha = 0.21 (v_p / v_n)^{0.8} \lambda_n L^{-0.2}, \quad (6)$$

содержащей параметры  $v_p$  – расчетной скорости движения воздуха и  $L$  – характерного

размера для радиатора рассматриваемого типа;  $V_n$  и  $\lambda_n$  – соответственно кинематической вязкости и теплопроводности воздушной среды.

Получаемое с учетом (4) и (5) для радиаторной конструкции с  $N$  однотипными стержневыми элементами соотношение

$$P = (\sigma_p + NkS\lambda \cdot th(kh^*))\mathcal{G}_0, \quad (7)$$

при задаваемых параметрах подводимого теплового потока  $P$  и требуемого предельного значения температуры перегрева  $\mathcal{G}_0$  в случае выбора характеристик стержневых элементов  $S$  и  $h$  позволяет получить оценку для необходимого числа  $N$  таких элементов в конструкции радиатора

$$N = [(P - \sigma_p\mathcal{G}_0)(kS\lambda \cdot th(kh^*))\mathcal{G}_0]^{-1}, \quad (8)$$

либо при задании  $S$  и  $N$  найти требуемое значение параметра  $h$  высоты стержневых элементов

$$h = k^{-1} \cdot arcth((P - \sigma_p\mathcal{G}_0) \times (NkS\lambda\mathcal{G}_0)^{-1}) - S/l \quad (9)$$

Таким образом, представленные выше соотношения (1) – (9) и описывают различные аспекты анализа исследуемой расчетной модели с высокой степенью разбросов значений исходных параметров.

### **Нечетко-множественный учет ошибок разброса параметров в исследуемой модели.**

Предлагаемый подход к анализу влияния разбросов в значениях исходных параметров рассматриваемой модели на основные расчетные характеристики стержневых элементов радиаторной конструкции и на параметры конструкции в целом базируется на введении с использованием экспериментальных и проектных технологических данных для неконтрастных параметров  $h$ ,  $P$ ,  $\lambda$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $D$ ,  $\sigma_p$ ,  $v_p$ ,  $L$ ,  $v_n$ ,  $\lambda_n$  описаний в виде гауссовых [11] нечетких чисел  $\tilde{h}$ ,  $\tilde{P}$ ,  $\tilde{\lambda}$ , ...,  $\tilde{v}_n$ ,  $\tilde{\lambda}_n$  с соответствующими функциями принадлежности и разложениями по множествам  $\alpha$  – уровня

$$\begin{aligned} \tilde{h} &= (h_m, h_{cl}, h_{cr}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{h}_\alpha, \bar{h}_\alpha], \\ \underline{h}_\alpha &= h_m - h_{cl}(\ln \alpha^{-2})^{1/2}, \\ \bar{h}_\alpha &= h_m + h_{cr}(\ln \alpha^{-2})^{1/2}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\tilde{P} = (P_m, P_{cl}, P_{cr}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{P}_\alpha, \bar{P}_\alpha],$$

$$\underline{P}_\alpha = P_m - P_{cl}(\ln \alpha^{-2})^{1/2},$$

$$P_\alpha = P_m + P_{cr}(\ln \alpha^{-2})^{1/2};$$

$$\tilde{\lambda} = (\lambda_m, \lambda_{cl}, \lambda_{cr}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{\lambda}_\alpha, \bar{\lambda}_\alpha],$$

$$\underline{\lambda}_\alpha = \lambda_m - \lambda_{cl}(\ln \alpha^{-2})^{1/2},$$

$$\bar{\lambda}_\alpha = \lambda_m + \lambda_{cr}(\ln \alpha^{-2})^{1/2}; \dots;$$

$$\tilde{\lambda}_n = (\lambda_{nm}, \lambda_{ncl}, \lambda_{ncr}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{\lambda}_{n\alpha}, \bar{\lambda}_{n\alpha}],$$

$$\underline{\lambda}_{n\alpha} = \lambda_{nm} - \lambda_{ncl}(\ln \alpha^{-2})^{1/2},$$

$$\bar{\lambda}_{n\alpha} = \lambda_{nm} + \lambda_{ncr}(\ln \alpha^{-2})^{1/2}.$$

Получение учитывающих разбросы исходных параметров нечетко-множественных представлений для расчетных характеристик стержневых элементов радиаторов поэтапно реализуется на базе применения  $\alpha$  – уровневой модифицированной версии эвристического принципа обобщения к функциональным соотношениям детерминистической версии рассматриваемой модели с учетом оценок знакоопределенности частных производных соответствующих функций по их аргументам в областях определения [11–14]. В рамках данного подхода поэтапно формируются следующие представления:

– с учетом  $\partial S / \partial L_1 > 0$ ,  $\partial S / \partial L_2 > 0$ ,  $\partial S / \partial D > 0$ ,  $\partial l / \partial L_1 > 0$ ,  $\partial l / \partial L_2 > 0$ ,  $\partial l / \partial D > 0$  величины  $\tilde{S}$  и  $\tilde{l}$  имеют представления

$$\begin{aligned} \tilde{S} &= \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{S}_\alpha, \bar{S}_\alpha], \quad \underline{S}_\alpha = \underline{L}_{1\alpha} \cdot \underline{L}_{2\alpha}, \\ \bar{S}_\alpha &= \bar{L}_{1\alpha} \cdot \bar{L}_{2\alpha}, \quad \underline{S}_\alpha = \pi \underline{D}_\alpha^2 / 4, \\ \bar{S}_\alpha &= \pi \bar{D}_\alpha^2 / 4, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\tilde{l} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{l}_\alpha, \bar{l}_\alpha], \quad \underline{l}_\alpha = 2(L_{1\alpha} + L_{2\alpha}),$$

$$\bar{l}_\alpha = 2(\bar{L}_{1\alpha} + \bar{L}_{2\alpha}), \quad \underline{l}_\alpha = \pi \underline{D}_\alpha, \quad \bar{l}_\alpha = \pi \bar{D}_\alpha;$$

– с учетом  $\partial\alpha/\partial v_p > 0$ ,  $\partial\alpha/\partial\lambda_n > 0$ ,  
 $\partial\alpha/\partial v_n < 0$ ,  $\partial\alpha/\partial L < 0$  величина  $\tilde{\alpha}$   
имеет представление

$$\tilde{\alpha} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [\underline{\alpha}_\alpha, \bar{\alpha}_\alpha],$$

$$\underline{\alpha}_\alpha = 0.21 (\underline{v}_{p\alpha} / \bar{v}_{n\alpha})^{0.8} \underline{\lambda}_{n\alpha} \bar{L}_\alpha^{-0.2},$$

$$\bar{\alpha}_\alpha = 0.21 (\bar{v}_{p\alpha} / \underline{v}_{n\alpha})^{0.8} \bar{\lambda}_{n\alpha} \underline{L}_\alpha^{-0.2}; \quad (12)$$

– с учетом  $\partial h^*/\partial h > 0$ ,  $\partial h^*/\partial S > 0$ ,  
 $\partial h^*/\partial l < 0$  величина  $\tilde{h}^*$  имеет  
представление

$$\tilde{h}^* = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [h_\alpha^*, \bar{h}_\alpha^*],$$

$$\underline{h}_\alpha^* = \underline{h}_\alpha + \underline{S}_\alpha / \bar{l}_\alpha, \bar{h}_\alpha^* = \bar{h}_\alpha + \bar{S}_\alpha / \underline{l}_\alpha; \quad (13)$$

– с учетом  $\partial k/\partial\alpha > 0$ ,  $\partial k/\partial l > 0$ ,  
 $\partial k/\partial S < 0$ ,  $\partial k/\partial\lambda < 0$  величина  $\tilde{k}$  имеет  
представление

$$\tilde{k} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [k_\alpha, \bar{k}_\alpha], \underline{k}_\alpha = (\underline{\alpha}_\alpha \underline{l}_\alpha \bar{S}_\alpha^{-1} \bar{\lambda}_\alpha^{-1})^{1/2},$$

$$\bar{k}_\alpha = (\bar{\alpha}_\alpha \bar{l}_\alpha \underline{S}_\alpha^{-1} \underline{\lambda}_\alpha^{-1})^{1/2}. \quad (14)$$

С учетом полученных представлений (11)  
– (14) далее определяется нечетко-  
множественная характеристика

$$\tilde{N} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [N_\alpha, \bar{N}_\alpha], \quad (15)$$

$$\underline{N}_\alpha = \inf_{l \in [\underline{l}_\alpha, \bar{l}_\alpha]} (\underline{P}_\alpha - \bar{\sigma}_{P\alpha} \bar{\vartheta}_{0\alpha}) ((\bar{\alpha}_\alpha \bar{l}_\alpha \bar{S}_\alpha \bar{\lambda}_\alpha)^{1/2} \times$$

$$\times th((\bar{\alpha}_\alpha \bar{l}_\alpha \bar{S}_\alpha \bar{\lambda}_\alpha)^{-1/2} (\bar{h}_\alpha + \bar{S}_\alpha / l)) \bar{\vartheta}_{0\alpha})^{-1}$$

$$\bar{N}_\alpha = \sup_{l \in [\underline{l}_\alpha, \bar{l}_\alpha]} (\bar{P}_\alpha - \underline{\sigma}_{P\alpha} \underline{\vartheta}_{0\alpha}) ((\underline{\alpha}_\alpha \underline{l}_\alpha \underline{S}_\alpha \underline{\lambda}_\alpha)^{1/2} \times$$

$$\times th((\underline{\alpha}_\alpha \underline{l}_\alpha \underline{S}_\alpha \underline{\lambda}_\alpha)^{-1/2} (\underline{h}_\alpha + \underline{S}_\alpha / l)) \underline{\vartheta}_{0\alpha})^{-1}$$

в результате чего для  $N$  следует оценка  
 $[\underline{N}_\alpha] \leq N \leq [\bar{N}_\alpha]$ , либо, при задании  $\tilde{S}$  и  
 $N$ , может быть определено требуемое значение  
нечеткого параметра  $\tilde{h}$  высоты стержневых  
элементов

$$\tilde{h} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} [h_\alpha, \bar{h}_\alpha], \quad (16)$$

$$\underline{h}_\alpha = \inf_{\substack{S \in [\underline{S}_\alpha, \bar{S}_\alpha] \\ l \in [\underline{l}_\alpha, \bar{l}_\alpha] \\ \lambda \in [\underline{\lambda}_\alpha, \bar{\lambda}_\alpha] \\ \alpha \in [\underline{\alpha}_\alpha, \bar{\alpha}_\alpha] \\ P \in [\underline{P}_\alpha, \bar{P}_\alpha] \\ \sigma_P \in [\underline{\sigma}_{P\alpha}, \bar{\sigma}_{P\alpha}] \\ \vartheta_0 \in [\underline{\vartheta}_{0\alpha}, \bar{\vartheta}_{0\alpha}]} } (\alpha l S^{-1} \lambda^{-1})^{-1/2} \times$$

$$\times arcth((P - \sigma_P \vartheta_0)(N(\alpha l S \lambda)^{1/2} \vartheta_0^{-1}) - S / l)$$

$$\bar{h}_\alpha = \sup_{\substack{S \in [\underline{S}_\alpha, \bar{S}_\alpha] \\ l \in [\underline{l}_\alpha, \bar{l}_\alpha] \\ \lambda \in [\underline{\lambda}_\alpha, \bar{\lambda}_\alpha] \\ \alpha \in [\underline{\alpha}_\alpha, \bar{\alpha}_\alpha] \\ P \in [\underline{P}_\alpha, \bar{P}_\alpha] \\ \sigma_P \in [\underline{\sigma}_{P\alpha}, \bar{\sigma}_{P\alpha}] \\ \vartheta_0 \in [\underline{\vartheta}_{0\alpha}, \bar{\vartheta}_{0\alpha}]} } (\alpha l S^{-1} \lambda^{-1})^{-1/2} \times$$

$$\times arcth((P - \sigma_P \vartheta_0)(N(\alpha l S \lambda)^{1/2} \vartheta_0^{-1}) - S / l)$$

а также могут быть найдены иные  
представляющие интерес в предпроектном  
моделировании характеристики разбросов  
параметров анализируемой радиаторной  
конструкции. Наряду с нечетко-  
множественными выходными характеристиками  
рассматриваемой модели, определяемыми на  
основе расчетных соотношений (11) – (16),  
могут быть также получены показатели их  
усреднения на основе дефазификации  
соответствующих нечетких величин методом  
медиан либо методом центров тяжести.

## Заключение

В результате представленных в работе  
исследований осуществлена разработка  
численно-аналитического нечетко-  
множественного метода учета разбросов в  
значениях исходных геометрических и  
физических параметров в математических  
тепловых расчетных моделях стержневых  
элементов радиаторов и создаваемых с их  
применением радиаторных конструкций для  
систем охлаждения радиоэлектронной  
аппаратуры.

Метод позволяет получать уточненные  
проектные данные о характеристиках  
стержневых конструктивных элементов  
радиаторов, обеспечивающих задаваемые  
уровни теплоотдачи и температуры перегрева  
радиоэлектронных устройства.

В качестве способа исследования  
рассматриваемой задачи для неопределенных  
исходных расчетных параметров реализуется  
переход к нечетко-множественным  
представлениям, рассматриваемым далее в  
качестве аргументов в функциональных  
соотношениях детерминистических вариантов  
анализируемых моделей, и получение  
соответствующих выходных параметров в

нечетко-множественной форме на основе применения модифицированной  $\alpha$  – уровневой версии эвристического принципа обобщения.

### Литература

1. Муратов А.В. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС / А.В. Муратов, Н.В. Ципина. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2007. – 96 с.

2. Хайрнасоев К.З. Моделирование и тепловой анализ электронных устройств космических аппаратов / К.З. Хайрнасоев // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20, № 3. – С. 134–138.

3. Кофанов Ю.Н. Информационные технологии теплового и механического моделирования радиоэлектронных средств / Ю.Н. Кофанов, С.Ю. Сотникова. – М.: НИИ ВШЭ, 2014. – 88 с.

4. Садыхов Г.С. Модели и методы оценки остаточного ресурса изделий радиоэлектроники / Г.С. Садыхов, В.П. Савченко, Н.И. Сидняев. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 382 с.

5. Муромцев Д.Ю. Конструирование блоков радиоэлектронных средств / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин, О.А. Белоусов, Р.Ю. Курносов. – М.: Лань, 2018. – 252 с.

6. Islamov I. Design of Radio-Electronic Means Taking into Account Electromagnetic, Thermal and Mechanical Characteristics / I. Islamov, E. Hunbataliyev, M. Binnatov, A. Zulfugarli // Easy Chair Preprint, no. 4872. – January 6, 2021. – 14 p. – <https://easychair.org/publications/preprint/396k>

7. Costa R.L. Evaluation of Inherent Uncertainties of the homogeneous Effective thermal Conductivity Approach in Modeling of Printed Circuit boards for Space Applications / R.L. Costa, V. Vlassov // Journal of Electronics Cooling and Thermal Control. – 2013. – Vol. 3. – P. 35–41.

8. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике / С.М. Ермаков. – СПб: Невский диалект, 2009. – 192 с.

9. Chandrasekaran S. Applications of Fuzzy Number Mathematics / S. Chandrasekaran, E. Tamilmani // International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. – 2015. – Vol. 2, issue 11. – P. 149–176.

10. Seresht N.G. Fuzzy Arithmetic Operations: Theory and Applications in Construction Engineering and Management / N.G. Seresht, A.R. Fayek // In: Fuzzy Hybrid Computing in Construction Engineering and Management. – Bingley: Emerald Publishing Limited, 2018. – P. 111–147. – <https://doi.org/10.1108/978-1-78743-868-220181003>

11. Нгуен, Куок Ши. Исследование моделей высокотемпературной термостабилизации с нечеткими параметрами / Нгуен Куок Ши, Чан Ба Ле Хоанг, С.В. Сторожев. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2019. – 216 с.

12. Storozhev S.V. Fuzzy-multiple estimates of the parameter uncertainty influence in the computing devices elements calculating theory / S.V. Storozhev, V.I. Storozhev, V.G. Vyskub, Duong Minh Hai, V.E. Bolnokin // Journal of Physics: Conference Series, vol. 1399, 2019, 044028. doi:10.1088/1742-6596/1399/4/044028

13. Bolnokin V.E. Accounting of data uncertainty in advanced technological models of design calculations of acoustoelectronic components from piezoelectric materials / V.E. Bolnokin, D.I. Mutin, E.I. Mutina, S.V. Storozhev, V.I. Storozhev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 862, 2020, 022006. doi:10.1088/1757-899X/862/2/022006

14. Bolnokin V.E. The models of thermoelastic deformation of thin elliptic boundary contours plates with accounting uncertainty factors / V.E. Bolnokin, V.I. Storozhev, Duong Minh Hai, D.I. Mutin // International Journal on Information Technologies & Security. – 2020. – Vol. 12, № 4. – P. 77–82.

**Павлыш В.Н., Сторожев С.В., Номбре С.Б. Учет разброса параметров в тепловой модели стержневых элементов радиаторов систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры: метод нечетких множеств.** Рассматриваются вопросы применения аппарата теории нечетких вычислений при решении проблемы учета разбросов исходных геометрических и физических параметров в аналитической расчетной модели теплового отвода от корпуса радиоэлектронного устройства с применением конструктивной ребристой либо игольчато-штыревых радиаторов. Задачей исследования является получение уточненных проектных данных о характеристиках стержневых конструктивных элементов радиаторов, обеспечивающих задаваемые уровни теплоотдачи и температуры перегрева устройства в зоне крепления радиатора. В качестве метода исследования рассматриваемой задачи предложено введение нечетко-множественных представлений

для неопределенных исходных расчетных параметров, являющихся аргументами в функциональных соотношениях детерминистического варианта анализируемой модели, и получение соответствующих выходных параметров в нечетко-множественной форме на основе применения  $\alpha$  – уровневой модифицированной версии эвристического принципа обобщения.

**Ключевые слова:** радиоэлектронные устройства, тепловые режимы функционирования, радиаторные конструкции, стержневые элементы, расчетные тепловые модели, неопределенность исходных параметров, методы нечетких вычислений, эвристический принцип расширения.

**Pavlysh V., Storozhev S., Nombre S. Accounting of parameter scatter errors in the thermal model of rod elements for radiators of cooling systems radioelectronic equipment: a fuzzy-set method.** The issues of applying the apparatus of the theory of fuzzy calculations in solving the problem of taking into account the spread of initial geometric and physical parameters in the analytical calculation model of heat removal from the body of a radio-electronic device using finned or needle-pin radiator designs are considered. The objective of the study is to obtain updated design data on the characteristics of the core structural elements of radiators that provide specified levels of heat transfer and overheating temperature of the device in the radiator mounting area. As a method for studying the problem under consideration, it is proposed to introduce fuzzy-set representations for uncertain initial design parameters, which are arguments in the functional relationships of the deterministic version of the analyzed model, and obtain the corresponding output parameters in fuzzy-set form based on the use of a level-modified version of the heuristic generalization principle.

**Key words:** radio-electronic devices, thermal modes of operation, radiator structures, rod elements, calculation thermal models, uncertainty of initial parameters, fuzzy calculation methods, heuristic principle of generalization.

Статья поступила в редакцию 20.10.2023  
Рекомендована к публикации профессором Зори С. А.

### Об авторах

**Андриевская Наталия Климовна** - кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Бездетный Николай Артёмович** - аспирант кафедры программной инженерии факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

**Боднар Алина Валериевна** - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Воронов Михаил Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики факультета информационных технологий Московского государственного психолого-педагогического университета

**Григорьев Александр Владимирович** - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Зори Сергей Анатольевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Мартыненко Татьяна Владимировна** - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Номбре Светлана Борисовна** - кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Специализированные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

**Павлов Михаил Юрьевич** - магистрант кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Павлыш Владимир Николаевич** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и искусственного интеллекта факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Руденко Мария Павловна** - кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерного моделирования и дизайна факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Рычка Ольга Валентиновна** – кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Стальнов Антон Дмитриевич** – аспирант кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Сторожев Сергей Валериевич** - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Специализированные информационные технологии и системы», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академии строительства и архитектуры».

**Штепа Владимир Николаевич** – доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, Республика Беларусь.



**Требования к статьям,  
направляемым в редакцию научного журнала  
«Информатика и кибернетика»**

Редколлегией принимаются к рассмотрению статьи, в которых рассматриваются важные вопросы в области информатики и кибернетики. Научный журнал издаётся с 2015 года, периодичность издания – 4 раза в год.

В журнале предусмотрены следующие рубрики:

- информатика и вычислительная техника;
- компьютерные и информационные науки;
- инженерное образование.

В соответствии с номенклатурой специальностей научных работников МОН ДНР первые две рубрики соответствуют следующим укрупненным группам специальностей научных работников:

05.01 – «Инженерная геометрия и компьютерная графика»,

05.13 – «Информатика, вычислительная техника и управление».

С 01.02.2019 Научный журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (приказ МОН ДНР № 135) по группам специальностей 05.01.00 и 05.13.00.

Рубрика «Инженерное образование» предназначена опубликования сотрудниками научно-методических статей.

Журнал также включён в базу данных РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) (лицензионный договор № 425-07/2016 от 14.07.2016).

Статьи, представляемые в данный сборник, должны отвечать следующим требованиям. **Содержание статьи** должно быть посвящено актуальным научным проблемам и включать следующие необходимые элементы:

- постановку проблемы в общем виде, её связь с важными научными и практическими задачами;
- анализ последних исследований и публикаций, в которых решается данная задача и на которые опирается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья;
- формулировка цели статьи и постановка задач, решаемых в ней;
- изложение основного материала с полным обоснованием полученных научных результатов;
- выводы и перспективы последующих исследований в данном направлении.

Каждый элемент должен быть выделен соответствующим названием раздела, например, «введение», «постановка задачи», «цель и задачи работы», «цель статьи», «цель исследования», «цель разработки», «анализ ... », «сравнительная оценка ... », «разработка ... », «проектирование ... », «программная реализация», «тестирование ... », «полученные результаты», «выводы», «литература». Разделы «введение», «выводы», «литература» являются обязательными. Включать в названия разделов нумерацию не разрешается.

В основном тексте статьи формулируются и обосновываются полученные авторами утверждения и результаты. Выводы должны полностью соответствовать содержанию основного текста. Языки публикаций: русский, английский.

***Объём статьи, формат страницы***

Для оформления статьи следует использовать листы формата А4 (210x297 мм) с полями по 2,5 см со всех сторон. Нумерацию страниц выполнять не нужно.

Рекомендуемый объём статьи – 6-12 страниц. Рукописи меньшего объёма могут быть рекомендованы к публикации в качестве коротких сообщений.

Последняя страница текста статьи должна быть заполнена не менее чем на две трети, но содержать не менее трёх пустых строк в конце.

### ***Форматирование текста***

Подготовка статьи осуществляется в текстовом редакторе Microsoft Office Word.

Весь текст статьи оформляется шрифтом Times New Roman 10 пт с одинарным междустрочным интервалом, если ниже в требованиях не сказано иного. Абзацный интервал «перед» – 0 пт, «после» – 0 пт.

На первой строке с выравниванием по левому краю располагается УДК.

Заголовок (название) статьи оформляется шрифтом Times New Roman 14 пт, полужирное начертание, с выравниванием по центру (без абзацных отступов). Заголовок статьи следует печатать с прописной буквы без точки в конце, переносы слов не допускаются. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

После названия статьи следует информация об авторах, которая выравнивается по центру (без абзацных отступов). На одной строке указываются инициалы и фамилии всех авторов через запятую. Между двумя инициалами ставится пробел. С новой строки указывается название вуза (организации) и город (для каждого автора, если не совпадают). На следующей строке указываются адреса электронной почты (один адрес либо каждого автора – по желанию). Адрес электронной почты оформляется в виде гиперссылки.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Заголовок «Аннотация» выделяется полужирным начертанием. Объём аннотации – 450-550 символов (без пробелов). Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

Основной текст статьи разбивается на две колонки шириной по 7,5 см (промежуток между столбцами – 0,99 см), выравнивается по ширине. Абзацный отступ первой строки – 1 см. Автоматический перенос слов не применяется.

Заголовки разделов выполняются шрифтом Arial 10 пт, полужирное курсивное начертание. Абзацный отступ отсутствует, интервал перед абзацем – 12 пт, после абзаца – 6 пт. Для заголовка «Введение» установить интервал «перед» – 0 пт, «после» – 6 пт.

### ***Таблицы в тексте статьи***

Название следует помещать над таблицей с абзацного отступа (1 см) в формате: слово «Таблица», пробел, номер таблицы, пробел, тире, пробел, название таблицы. Название таблицы записывают с прописной буквы без точки в конце строки и выравнивают по ширине. В ячейках таблицы устанавливается выравнивание текста по центру по вертикали. По горизонтали текст выравнивается по центру либо по левому краю. Границы ячеек таблицы должны быть только чёрного цвета, толщина линии – 1 пт. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте статьи, при ссылке следует писать слово «табл.» с указанием её номера, например, «... данные приведены в табл. 5». Таблицы нумеруются в пределах статьи. Таблица располагается сразу после ссылки на неё, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же таблица не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью таблицы, ширина которой превышает ширину колонки. В этом случае таблица и её название размещаются по центру страницы. Таблица не должна выступать за границы полей страницы. Таблица и её название отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после.

### ***Рисунки в статье***

Ссылки на иллюстрации по тексту статьи обязательны и оформляются в виде «... на рис. 2» и т. п. Рисунок и его подпись выравниваются по центру колонки (без абзацных отступов), положение рисунка – «в тексте». Размещается рисунок после его первого упоминания в тексте, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же иллюстрация не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью рисунка, ширина которого превышает ширину колонки. В этом случае рисунок и его подпись выравниваются по центру страницы. Иллюстрация не должна выступать за границы полей страницы. Подпись рисунка оформляется в формате: слово «Рисунок», пробел, номер иллюстрации, пробел, тире, пробел, название рисунка. Название рисунка записывают с прописной буквы без точки в конце строки. Для подписи иллюстрации применяют курсивное начертание. Иллюстрация и её подпись

отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после. Не допускается выполнять рисунки с помощью встроенного графического редактора Microsoft Office Word. Если на иллюстрации имеется текст, размер шрифта должен быть не менее чем аналогичный текст, набранный шрифтом Times New Roman 10-го размера. Иллюстрация не должна содержать много незаполненного пространства.

### ***Формулы***

Формулы и уравнения рекомендуется набирать с использованием MathType (предпочтительно) или MS Equation. Формулы и математические символы не должны существенно отличаться по размеру от основного текста. Обязательной является нумерация формул, на которые имеется ссылка в тексте статьи. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... согласно формуле (2)». Формулы размещаются по центру колонки, а их номера – по правому краю. Как для строки с формулой, так и для первой строки пояснений (при наличии), абзацный отступ убирается. Первая строка пояснения начинается со слова «где», после которого следует поставить табуляцию на 1 см, затем само пояснение в формате: символ, подлежащий объяснению, пробел, тире, пробел, поясняющий текст, запятая, обозначение единицы измерения физической величины. Пояснения перечисляются через точку с запятой, выравниваются по ширине. Вторая и последующие строки пояснений начинаются с абзацного отступа (1 см). Весь блок текста, связанный с формулой (только формула, несколько формул подряд или формула с пояснениями), отделяется от основного текста одной пустой строкой до и после. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×». Формулы и математические уравнения могут быть записаны в тексте документа, если их высота не превышает высоту строки. При этом следует учитывать, что знаки математических операций отделяются от чисел или символов пробелами с обеих сторон. Например, «Если учесть, что  $y < 0$  и  $2x + y = 1$ , то из формулы (3) можно выразить  $x...$ ». К символам, которые приведены в формуле, при дальнейшем их употреблении (в том числе в пояснениях к формуле) должно применяться курсивное начертание. При этом к любым числам (верхние и нижние индексы, содержащие цифры и т.п.), а также к математическим знакам курсивное начертание не применяется. Не допускается вставлять формулы, выполненные в виде рисунков.

### ***Перечисления: оформление списков***

Основной текст статьи может содержать перечисления, оформленные в виде маркированного списка. В качестве маркера элемента списка разрешается использовать только короткое тире «–». Каждый элемент перечисления записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После символа короткого тире текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов. Нумерованные и многоуровневые списки включать в статью не разрешается.

### ***Литература***

В тексте статьи обязательны ссылки на все литературные источники, номер источника указывается в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Рекомендуемое количество источников, на которые ссылается автор, не менее 10. Перечень источников приводится в порядке их упоминания в статье. Библиографическое описание каждого литературного источника оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018. Перечень литературных источников оформляется в виде нумерованного списка. В качестве маркеров элементов списка используют порядковые арабские цифры с точкой. Каждый источник представляет собой отдельный элемент перечисления, записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После порядкового номера с точкой текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов.

В конце статьи обязательно приводятся аннотации на русском и английском языках, каждая заканчивается перечнем 5-6 ключевых слов.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Слово «Аннотация» опускается. Текст аннотации начинается с ФИО авторов и названия статьи, выделяемых полужирным начертанием. Аннотация на русском языке совпадает с аннотацией, приведенной в начале статьи. В тексте аннотации на английском языке после фамилии автора указывается только первая буква имени с точкой. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт. Ключевые слова оформляются с новой строки аналогично тексту аннотации. Заголовок «Ключевые слова:» (англ. «Keywords:») выделяется полужирным начертанием. Ключевые слова перечисляются через запятую.

#### ***Порядок представления статьи и сопроводительные документы***

В редакцию необходимо представить:

- файл с текстом статьи;
- файл, содержащий фамилию, имя и отчество авторов полностью; ученую степень, ученое звание; место работы с полным указанием должности, подразделения и наименования организации, города (страны); номера телефонов и e-mail для связи;
- экспертное заключение о возможности публикации статьи, подписанное руководителем и заверенное печатью организации, в которой работает автор статьи;
- выписка из заседания кафедры или письмо организации с просьбой об опубликовании и указанием, что изложенные в статье результаты ранее не публиковались.

Статьи и сопроводительные документы следует высылать на электронный адрес [infcyb.donntu@yandex.ru](mailto:infcyb.donntu@yandex.ru).

#### ***К сведению авторов***

Если статья оформлена с нарушением указанных выше требований и правил, редакция после предварительного рассмотрения может отклонить статью.

На рецензирование статьи направляются членам редакционной коллегии журнала. Все статьи публикуются при наличии положительной рецензии.

В статью могут быть внесены изменения редакционного характера без согласования с автором. Ответственность за содержание статьи и качество перевода аннотаций несут авторы.

Публикация статей в научном журнале «Информатика и кибернетика» осуществляется на некоммерческой основе.

Все номера Научного журнала размещаются на сайте <http://infcyb.donntu.ru/>.

CONTENT

Informatics and computer engineering

<b>Improving the Efficiency of Data Analysis and Visualization Based on Graph Models</b> <i>Zori S. A., Bezdetny N.A.</i> .....	5
<b>Development of preprocessing information algorithms for predictive models for IDSS in procurement management</b> <i>Andrievskaya N. K., Martynenko T.V.</i> .....	11
<b>Ways to adapt neural network technologies to user tasks</b> <i>Stalnov A.D., Grigoriev A.V.</i> .....	19
<b>Modern perspectives of the component-oriented approach</b> <i>Pavlov M., Bodnar A.</i> .....	29
<b>Functional-static analysis of the wastewater control system and assessment of approaches to its digital modeling</b> <i>Shtepa V. N.</i> .....	35
<b>Effective Computational Methods and Algorithms for the Cultural Heritage Objects 3D Reconstruction</b> <i>Rudenko M.P.</i> .....	43
<b>Method of formalization of description of technological processes</b> <i>Voronov M.V.</i> .....	50

Computer science

<b>Accounting of parameter scatter errors in the thermal model of rod elements for radiators of cooling systems radioelectronic equipment: a fuzzy-set method</b> <i>Pavlysh V., Storozhev S., Nombre S.</i> .....	57
<u>About Authors</u> .....	63
<u>Requirements to articles which are sent to the editors office of the scientific journal “Informatics and Cybernetics”</u> .....	65

Электронное периодическое издание

Научный журнал

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

(на русском, английском языках)

№ 3 (33) - 2023

Ответственный за выпуск Р. В. Мальчева

Технический редактор Р. В. Мальчева

Компьютерная верстка Р. В. Мальчева

Подписано к выпуску 20.10.2023. Усл. печ. лист. 8,1. Уч.-изд. лист.4,7.  
Адрес редакции: ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»,  
4-й учебный корпус, к. 36, ул. Кобозева, 17.  
Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11  
E-mail: infcyb.donntu@yandex.ru, URL: <http://infcyb.donntu.ru>