

[www.aurora-group.eu](http://www.aurora-group.eu)

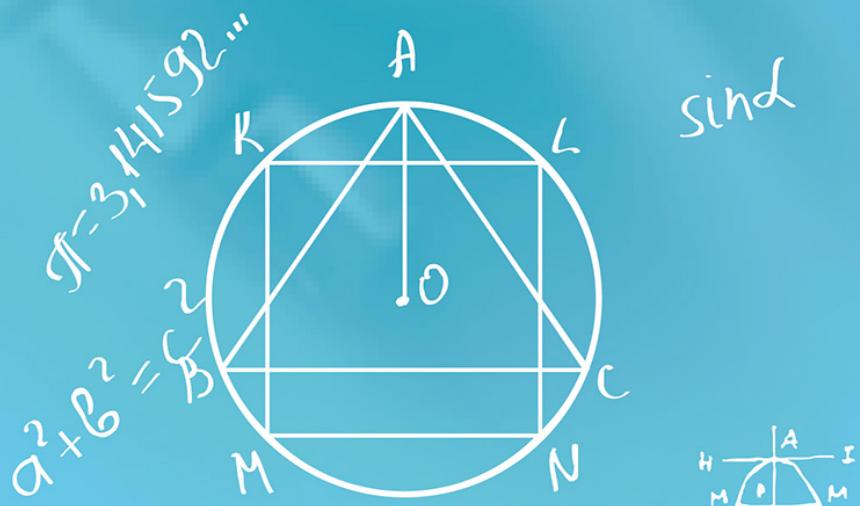
[www.nbpublish.com](http://www.nbpublish.com)

# ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ

и

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

научный журнал



**AURORA Group s.r.o.**

*nota bene*

## Выходные данные

Номер подписан в печать: 31-12-2023

Учредитель: Даниленко Василий Иванович, w.danilenko@nbpublish.com

Издатель: ООО <НБ-Медиа>

Главный редактор: Морозов Михаил Николаевич, кандидат технических наук,  
mikhail.n.morozov@gmail.com

ISSN: 2454-0714

Контактная информация:

Выпускающий редактор - Зубкова Светлана Вадимовна

E-mail: info@nbpublish.com

тел.+7 (966) 020-34-36

Почтовый адрес редакции: 115114, г. Москва, Павелецкая набережная, дом 6А, офис 211.

Библиотека журнала по адресу: [http://www.nbpublish.com/library\\_tariffs.php](http://www.nbpublish.com/library_tariffs.php)

## Publisher's imprint

Number of signed prints: 31-12-2023

Founder: Danilenko Vasiliy Ivanovich, w.danilenko@nbpublish.com

Publisher: NB-Media ltd

Main editor: Morozov Mikhail Nikolaevich, kandidat tekhnicheskikh nauk,  
mikhail.n.morozov@gmail.com

ISSN: 2454-0714

Contact:

Managing Editor - Zubkova Svetlana Vadimovna

E-mail: info@nbpublish.com

тел.+7 (966) 020-34-36

Address of the editorial board : 115114, Moscow, Paveletskaya nab., 6A, office 211 .

Library Journal at : [http://en.nbpublish.com/library\\_tariffs.php](http://en.nbpublish.com/library_tariffs.php)

## Редакционный совет

**Гельман Виктор Яковлевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры медицинской информатики и физики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова», 191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д.41, [gelm@sg2104.spb.edu](mailto:gelm@sg2104.spb.edu)

**Поляков Виктор Павлович** – доктор педагогических наук, профессор, Главный научный сотрудник лаборатории психолого-педагогического и учебно-методического обеспечения развития информатизации образования Центра информатизации образования Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт управления образованием Российской академии образования», 105062, г. Москва, ул. Макаренко, д. 5/16, стр. 1Б, [polvikpal@mail.ru](mailto:polvikpal@mail.ru)

**Гармаев Баир Заятуевич** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт физического материаловедения Сибирского Отделения РАН, 670000, Россия, республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, каб. 313

**Клименко Анна Борисовна** – кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева Южного федерального университета (НИИ МВС ЮФУ), 347935, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, ул. 8 Переулок, 15

**Лютикова Лариса Адольфовна** – кандидат физико-математических наук, заведующая отделом Нейроинформатики и машинного обучения, Институт прикладной математики и автоматизации Кабардино-Балкарского научного центра РАН – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН (ИПМА КБНЦ РАН), 360000, Россия, Республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89а

**Мустафаев Арслан Гасанович** – доктор технических наук, профессор, Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дагестанский государственный университет народного хозяйства", кафедра «Информационные технологии и информационная безопасность», 367015, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Атаева, 5, каб. 4.5

**Шестаков Александр Валентинович** – кандидат технических наук, доцент Южный Федеральный университет, кафедра вычислительной техники, 347902, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Свободы, 24/2

**Сидоркина Ирина Геннадьевна** - доктор технических наук, профессор, декан факультета Информатики и вычислительной техники Поволжского государственного технологического университета, Йошкар-Ола, Россия E-mail: [dekan\\_fivt@mail.ru](mailto:dekan_fivt@mail.ru)

**Екатерина Прасолова-Forland** - PhD, Норвежский университет науки и технологии (NTNU), Тронхейм, Норвегия E-mail: [Ekaterina.Prasolova-Forland@idi.ntnu.no](mailto:Ekaterina.Prasolova-Forland@idi.ntnu.no)

**Голенков Владимир Васильевич** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь E-mail: [golen@bsuir.by](mailto:golen@bsuir.by)

**Домошницкий Александр Исаакович** - кандидат физико-математических наук, декан естественно-научного факультета Университетского центра в г.Ариэль, Израиль, Самария E-mail: [adom@ariel.ac.il](mailto:adom@ariel.ac.il) Department of Mathematics and Computer Sciences, The Ariel

University Center of Samaria, 44837 Ariel, ISRAEL

**Коробейников Анатолий Григорьевич** - доктор технических наук, профессор «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН)», Санкт-Петербургский филиал E-mail: [korobeynikov\\_a\\_g@mail.ru](mailto:korobeynikov_a_g@mail.ru)

**Заболеева-Зотова Алла Викторовна**, доктор технических наук, профессор Волгоградского технического университета, Волгоград, Россия E-mail: [zabzot@gmail.com](mailto:zabzot@gmail.com)

**Бенкевич Леонид Владимирович** - кандидат физических наук и инженерной физики, научный сотрудник Массачусетского Технологического Института (MIT), обсерватория Хэйстек, Бостон, США E-mail: [lbenkey@gmail.com](mailto:lbenkey@gmail.com)

**Морозов Михаил Николаевич** - кандидат технических наук, профессор, руководитель лаборатории мультимедиа, заведующий кафедрой Информатики и системного программирования Поволжского государственного технологического университета, Йошкар-Ола, Россия E-mail: [mikhail.n.morozov@gmail.com](mailto:mikhail.n.morozov@gmail.com)

**Олзоева Сэсэг Ивановна** - доктор технических наук, профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (г. Улан-Удэ) E-mail: [sseseg@yandex.ru](mailto:sseseg@yandex.ru)

**Курейчик Владимир Викторович** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Систем автоматизации проектирования Технологического института «Южного федерального университета» в г.Таганрог, Россия E-mail: [vkur@tsure.ru](mailto:vkur@tsure.ru)

**Филатова Наталья Николаевна** - доктор технических наук, профессор, Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия E-mail: [nfilatova99@mail.ru](mailto:nfilatova99@mail.ru)

**Песошин Валерий Андреевич** - член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, заслуженный деятель науки Республики Татарстан и Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан. Заведующий кафедрой Компьютерных систем Казанского национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия E-mail: [pesoshin@evm.kstu-kai.ru](mailto:pesoshin@evm.kstu-kai.ru)

**Краснов Сергей Викторович** - доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, заведующий кафедрой Информатика и системы управления Волжского университета им. Татищева, Тольятти, Россия E-mail: [krasnovlt@mail.ru](mailto:krasnovlt@mail.ru)

**Горохов Алексей Витальевич** - доктор технических наук, профессор кафедры Прикладной математики и информационных технологий Поволжского государственного технологического университета, Йошкар-Ола, Россия E-mail: [agv64@mail.ru](mailto:agv64@mail.ru)

**Галанина Наталья Андреевна** - доктор технических наук, профессор, Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова, Чебоксары, Россия E-mail: [galaninacheb@mail.ru](mailto:galaninacheb@mail.ru)

**Сюзев Владимир Васильевич** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Компьютерные системы и сети Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия E-mail: [v.suzev@bmstu.ru](mailto:v.suzev@bmstu.ru)

**Леухин Анатолий Николаевич** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой Информационной безопасности Поволжского государственного технологического университета, Йошкар-Ола, Россия E-mail: [code@volgatech.net](mailto:code@volgatech.net)

**Гвинианидзе Темур Николаевич** - Доктор технических наук, профессор,  
Государственный университет им. Ак. Церетели Грузия, г. Кутаиси, пр. Тамар-мепе 59.  
П.и 4600. [temuri1951@mail.ru](mailto:temuri1951@mail.ru)

## Council of Editors

**Gelman Viktor Yakovlevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Medical Informatics and Physics of the I.I.Mechnikov Northwestern State Medical University, 41 Kirochnaya Str., St. Petersburg, 191015, Russia, [gelm@sg2104.spb.edu](mailto:gelm@sg2104.spb.edu)

**Polyakov Viktor Pavlovich** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Psychological, Pedagogical and Educational methodological support for the development of Informatization of Education of the Center for Informatization of Education of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Education Management of the Russian Academy of Education", 105062, Moscow, Makarenko str., 5/16, p. 1B, [polvikpal@mail.ru](mailto:polvikpal@mail.ru)

**Garmaev Bair Zayatuevich** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher, Institute of Physical Materials Science of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 670000, Russia, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Sakhyanova str., 6, room 313

**Klimenko Anna Borisovna** – Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Research Institute of Multiprocessor Computing Systems named after Academician A.V. Kalyaev of the Southern Federal University (Research Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Southern Federal University), 347935, Russia, Rostov region, Taganrog, ul. 8 Lane, 15

**Lyutikova Larisa Adolfovna** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Neuroinformatics and Machine Learning, Institute of Applied Mathematics and Automation of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences - branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (IPMA KBSC RAS), 360000, Russia, Republic of Kabardino-Balkaria, Nalchik, 89a Shortanova str.

**Mustafayev Arslan Hasanovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Dagestan State University of National Economy", Department of "Information Technologies and Information Security", 367015, Russia, Republic of Dagestan, Makhachkala, Ataeva str., 5, office 4.5

**Alexander V. Shestakov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Southern Federal University, Department of Computer Engineering, 24/2 Svobody str., Taganrog, Rostov Region, 347902, Russia

**Sidorkina Irina Gennadievna** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Computer Science and Computer Engineering of the Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia E-mail: [dekan\\_fivt@mail.ru](mailto:dekan_fivt@mail.ru)

**Ekaterina Prasolova-Forland** - PhD, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway E-mail: [Ekaterina.Prasolova-Forland@idi.ntnu.no](mailto:Ekaterina.Prasolova-Forland@idi.ntnu.no)

**Golenkov Vladimir Vasilievich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Intelligent Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus E-mail: [golen@bsuir.by](mailto:golen@bsuir.by)

**Domoshnitsky Alexander Isaakovich** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Dean of the Faculty of Natural Sciences of the University Center in Ariel, Israel, Samaria E-mail: [adom@ariel.ac.il](mailto:adom@ariel.ac.il) Department of Mathematics and Computer Sciences, The Ariel University Center of Samaria, 44837 Ariel, ISRAEL

**Korobeynikov Anatoly Grigorievich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of

Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), St. Petersburg Branch E-mail: [korobeynikov\\_a\\_g@mail.ru](mailto:korobeynikov_a_g@mail.ru)

**Zaboleeva-Zotova Alla Viktorovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Volgograd Technical University, Volgograd, Russia E-mail: [zabzot@gmail.com](mailto:zabzot@gmail.com)

**Leonid V. Benkevich** - Candidate of Physical Sciences and Engineering Physics, Researcher at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), Haystack Observatory, Boston, USA E-mail: [ibenkev@gmail.com](mailto:ibenkev@gmail.com)

**Mikhail N. Morozov** - Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Multimedia Laboratory, Head of the Department of Computer Science and System Programming of the Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia E-mail: [mikhail.n.morozov@gmail.com](mailto:mikhail.n.morozov@gmail.com)

**Olzoeva Seseg Ivanovna** - Doctor of Technical Sciences, Professor, East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude) E-mail: [sseseg@yandex.ru](mailto:sseseg@yandex.ru)

**Kureychik Vladimir Viktorovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design Automation Systems of the Technological Institute of the Southern Federal University in Taganrog, Russia E-mail: [vkur@tsure.ru](mailto:vkur@tsure.ru)

**Natalia Filatova** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Tver State Technical University, Tver, Russia E-mail: [nfilatova99@mail.ru](mailto:nfilatova99@mail.ru)

**Pesoshin Valery Andreevich** - Corresponding member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan and the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Republic of Tatarstan. Head of the Department of Computer Systems of Kazan National Research University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia E-mail: [pesoshin@evm.kstu-kai.ru](mailto:pesoshin@evm.kstu-kai.ru)

**Krasnov Sergey Viktorovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Head of the Department of Computer Science and Control Systems of the Volga State University. Tatishcheva, Togliatti, Russia E-mail: [krasnovtlt@mail.ru](mailto:krasnovtlt@mail.ru)

**Gorokhov Alexey Vitalievich** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies of the Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia E-mail: [agv64@mail.ru](mailto:agv64@mail.ru)

**Galanina Natalia Andreevna** - Doctor of Technical Sciences, Professor, I.N.Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia E-mail: [galaninacheb@mail.ru](mailto:galaninacheb@mail.ru)

**Vladimir V. Syuzev** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Systems and Networks of the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia E-mail: [v.suzev@bmstu.ru](mailto:v.suzev@bmstu.ru)

**Leukhin Anatoly Nikolaevich** - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Security of the Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia E-mail: [code@volgattech.net](mailto:code@volgattech.net)

**Gvinianidze Temur Nikolaevich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Ak. Tsereteli State University Georgia, Kutaisi, 59 Tamar-mepe Ave., and 4600. [temuri1951@mail.ru](mailto:temuri1951@mail.ru)



## Требования к статьям

Журнал является научным. Направляемые в издательство статьи должны соответствовать тематике журнала (с его рубрикатором можно ознакомиться на сайте издательства), а также требованиям, предъявляемым к научным публикациям.

Рекомендуемый объем от 12000 знаков.

Структура статьи должна соответствовать жанру научно-исследовательской работы. В ее содержании должны обязательно присутствовать и иметь четкие смысловые разграничения такие разделы, как: предмет исследования, методы исследования, апелляция к оппонентам, выводы и научная новизна.

Не приветствуется, когда исследователь, трактуя в статье те или иные научные термины, вступает в заочную дискуссию с авторами учебников, учебных пособий или словарей, которые в узких рамках подобных изданий не могут широко излагать свое научное воззрение и заранее оказываются в проигрышном положении. Будет лучше, если для научной полемики Вы обратитесь к текстам монографий или докторских диссертаций работ оппонентов.

Не превращайте научную статью в публицистическую: не наполняйте ее цитатами из газет и популярных журналов, ссылками на высказывания по телевидению.

Ссылки на научные источники из Интернета допустимы и должны быть соответствующим образом оформлены.

Редакция отвергает материалы, напоминающие реферат. Автору нужно не только продемонстрировать хорошее знание обсуждаемого вопроса, работ ученых, исследовавших его прежде, но и привнести своей публикацией определенную научную новизну.

Не принимаются к публикации избранные части из докторских диссертаций, книг, монографий, поскольку стиль изложения подобных материалов не соответствует журнальному жанру, а также не принимаются материалы, публиковавшиеся ранее в других изданиях.

В случае отправки статьи одновременно в разные издания автор обязан известить об этом редакцию. Если он не сделал этого заблаговременно, рискует репутацией: в дальнейшем его материалы не будут приниматься к рассмотрению.

Уличенные в плагиате попадают в «черный список» издательства и не могут рассчитывать на публикацию. Информация о подобных фактах передается в другие издательства, в ВАК и по месту работы, учебы автора.

Статьи представляются в электронном виде только через сайт издательства <http://www.enotabene.ru> кнопка "Авторская зона".

Статьи без полной информации об авторе (соавторах) не принимаются к рассмотрению, поэтому автор при регистрации в авторской зоне должен ввести полную и корректную информацию о себе, а при добавлении статьи - о всех своих соавторах.

Не набирайте название статьи прописными (заглавными) буквами, например: «ИСТОРИЯ КУЛЬТУРЫ...» — неправильно, «История культуры...» — правильно.

При добавлении статьи необходимо прикрепить библиографию (минимум 10–15 источников, чем больше, тем лучше).

При добавлении списка использованной литературы, пожалуйста, придерживайтесь следующих стандартов:

- [ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.](#)
- [ГОСТ 7.0.5-2008 Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления](#)

В каждой ссылке должен быть указан только один диапазон страниц. В теле статьи ссылка на источник из списка литературы должна быть указана в квадратных скобках, например, [1]. Может быть указана ссылка на источник со страницей, например, [1, с. 57], на группу источников, например, [1, 3], [5-7]. Если идет ссылка на один и тот же источник, то в теле статьи нумерация ссылок должна выглядеть так: [1, с. 35]; [2]; [3]; [1, с. 75-78]; [4]....

А в библиографии они должны отображаться так:

[1]  
[2]  
[3]  
[4]....

Постраничные ссылки и сноски запрещены. Если вы используете сноски, не содержащую ссылку на источник, например, разъяснение термина, включите сноски в текст статьи.

После процедуры регистрации необходимо прикрепить аннотацию на русском языке, которая должна состоять из трех разделов: Предмет исследования; Метод, методология исследования; Новизна исследования, выводы.

Прикрепить 10 ключевых слов.

Прикрепить саму статью.

Требования к оформлению текста:

- Кавычки даются углками (« ») и только кавычки в кавычках — лапками (" ").
- Тире между датамидается короткое (Ctrl и минус) и без отбивок.
- Тире во всех остальных случаяхдается длинное (Ctrl, Alt и минус).
- Даты в скобках даются без г.: (1932–1933).
- Даты в тексте даются так: 1920 г., 1920-е гг., 1540–1550-е гг.
- Недопустимо: 60-е гг., двадцатые годы двадцатого столетия, двадцатые годы XX столетия, 20-е годы ХХ столетия.
- Века, король такой-то и т.п. даются римскими цифрами: XIX в., Генрих IV.
- Инициалы и сокращения даются с пробелом: т. е., т. д., М. Н. Иванов. Неправильно: М.Н. Иванов, М.Н. Иванов.

## **ВСЕ СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ.**

**По вопросам публикации и финансовым вопросам** обращайтесь к администратору Зубковой Светлане Вадимовне  
E-mail: [info@nbpublish.com](mailto:info@nbpublish.com)  
или по телефону +7 (966) 020-34-36

## **Подробные требования к написанию аннотаций:**

Аннотация в периодическом издании является источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований.

Аннотация выполняет следующие функции: дает возможность установить основное

содержание документа, определить его релевантность и решить, следует ли обращаться к полному тексту документа; используется в информационных, в том числе автоматизированных, системах для поиска документов и информации.

Аннотация к статье должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- оригинальной;
- содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированной (следовать логике описания результатов в статье);

Аннотация включает следующие аспекты содержания статьи:

- предмет, цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- результаты работы;
- область применения результатов; новизна;
- выводы.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте аннотации. Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...», «в статье рассматривается...»).

Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся.

В тексте аннотации следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций.

### **Гонорары за статьи в научных журналах не начисляются.**

### **Цитирование или воспроизведение текста, созданного ChatGPT, в вашей статье**

Если вы использовали ChatGPT или другие инструменты искусственного интеллекта в своем исследовании, опишите, как вы использовали этот инструмент, в разделе «Метод» или в аналогичном разделе вашей статьи. Для обзоров литературы или других видов эссе, ответов или рефератов вы можете описать, как вы использовали этот инструмент, во введении. В своем тексте предоставьте prompt - командный вопрос, который вы использовали, а затем любую часть соответствующего текста, который был создан в ответ.

К сожалению, результаты «чата» ChatGPT не могут быть получены другими читателями, и хотя невосстановимые данные или цитаты в статьях APA Style обычно цитируются как личные сообщения, текст, сгенерированный ChatGPT, не является сообщением от человека.

Таким образом, цитирование текста ChatGPT из сеанса чата больше похоже на совместное использование результатов алгоритма; таким образом, сделайте ссылку на автора алгоритма записи в списке литературы и приведите соответствующую цитату в тексте.

Пример:

На вопрос «Является ли деление правого полушария левого полушария реальным или метафорой?» текст, сгенерированный ChatGPT, показал, что, хотя два полушария мозга в некоторой степени специализированы, «обозначение, что люди могут быть охарактеризованы как «левополушарные» или «правополушарные», считается чрезмерным упрощением и популярным мифом» (OpenAI, 2023).

### **Ссылка в списке литературы**

OpenAI. (2023). ChatGPT (версия от 14 марта) [большая языковая модель].  
<https://chat.openai.com/chat>

Вы также можете поместить полный текст длинных ответов от ChatGPT в приложение к своей статье или в дополнительные онлайн-материалы, чтобы читатели имели доступ к точному тексту, который был сгенерирован. Особенno важно задокументировать созданный текст, потому что ChatGPT будет генерировать уникальный ответ в каждом сеансе чата, даже если будет предоставлен один и тот же командный вопрос. Если вы создаете приложения или дополнительные материалы, помните, что каждое из них должно быть упомянуто по крайней мере один раз в тексте вашей статьи в стиле APA.

Пример:

При получении дополнительной подсказки «Какое представление является более точным?» в тексте, сгенерированном ChatGPT, указано, что «разные области мозга работают вместе, чтобы поддерживать различные когнитивные процессы» и «функциональная специализация разных областей может меняться в зависимости от опыта и факторов окружающей среды» (OpenAI, 2023; см. Приложение А для полной расшифровки). .

### **Ссылка в списке литературы**

OpenAI. (2023). ChatGPT (версия от 14 марта) [большая языковая модель].  
<https://chat.openai.com/chat> Создание ссылки на ChatGPT или другие модели и программное обеспечение ИИ

Приведенные выше цитаты и ссылки в тексте адаптированы из шаблона ссылок на программное обеспечение в разделе 10.10 Руководства по публикациям (Американская психологическая ассоциация, 2020 г., глава 10). Хотя здесь мы фокусируемся на ChatGPT, поскольку эти рекомендации основаны на шаблоне программного обеспечения, их можно адаптировать для учета использования других больших языковых моделей (например, Bard), алгоритмов и аналогичного программного обеспечения.

Ссылки и цитаты в тексте для ChatGPT форматируются следующим образом:

OpenAI. (2023). ChatGPT (версия от 14 марта) [большая языковая модель].  
<https://chat.openai.com/chat>

Цитата в скобках: (OpenAI, 2023)

Описательная цитата: OpenAI (2023)

Давайте разберем эту ссылку и посмотрим на четыре элемента (автор, дата, название и

источник):

Автор: Автор модели OpenAI.

Дата: Дата — это год версии, которую вы использовали. Следуя шаблону из Раздела 10.10, вам нужно указать только год, а не точную дату. Номер версии предоставляет конкретную информацию о дате, которая может понадобиться читателю.

Заголовок. Название модели — «ChatGPT», поэтому оно служит заголовком и выделено курсивом в ссылке, как показано в шаблоне. Хотя OpenAI маркирует уникальные итерации (например, ChatGPT-3, ChatGPT-4), они используют «ChatGPT» в качестве общего названия модели, а обновления обозначаются номерами версий.

Номер версии указан после названия в круглых скобках. Формат номера версии в справочниках ChatGPT включает дату, поскольку именно так OpenAI маркирует версии. Различные большие языковые модели или программное обеспечение могут использовать различную нумерацию версий; используйте номер версии в формате, предоставленном автором или издателем, который может представлять собой систему нумерации (например, Версия 2.0) или другие методы.

Текст в квадратных скобках используется в ссылках для дополнительных описаний, когда они необходимы, чтобы помочь читателю понять, что цитируется. Ссылки на ряд общих источников, таких как журнальные статьи и книги, не включают описания в квадратных скобках, но часто включают в себя вещи, не входящие в типичную рецензируемую систему. В случае ссылки на ChatGPT укажите дескриптор «Большая языковая модель» в квадратных скобках. OpenAI описывает ChatGPT-4 как «большую мультимодальную модель», поэтому вместо этого может быть предоставлено это описание, если вы используете ChatGPT-4. Для более поздних версий и программного обеспечения или моделей других компаний могут потребоваться другие описания в зависимости от того, как издатели описывают модель. Цель текста в квадратных скобках — кратко описать тип модели вашему читателю.

Источник: если имя издателя и имя автора совпадают, не повторяйте имя издателя в исходном элементе ссылки и переходите непосредственно к URL-адресу. Это относится к ChatGPT. URL-адрес ChatGPT: <https://chat.openai.com/chat>. Для других моделей или продуктов, для которых вы можете создать ссылку, используйте URL-адрес, который ведет как можно более напрямую к источнику (т. е. к странице, на которой вы можете получить доступ к модели, а не к домашней странице издателя).

## **Другие вопросы о цитировании ChatGPT**

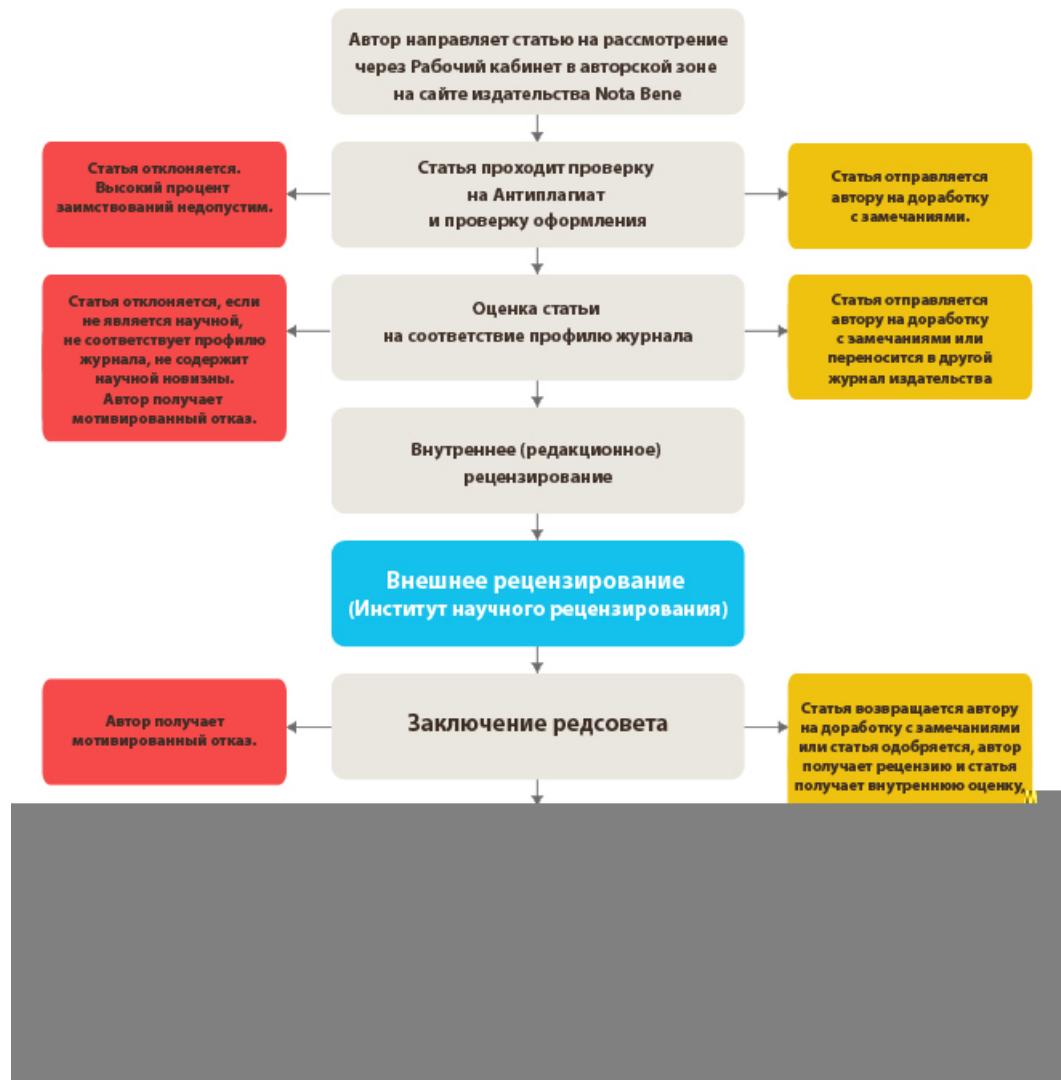
Вы могли заметить, с какой уверенностью ChatGPT описал идеи латерализации мозга и то, как работает мозг, не ссылаясь ни на какие источники. Я попросил список источников, подтверждающих эти утверждения, и ChatGPT предоставил пять ссылок, четыре из которых мне удалось найти в Интернете. Пятая, похоже, не настоящая статья; идентификатор цифрового объекта, указанный для этой ссылки, принадлежит другой статье, и мне не удалось найти ни одной статьи с указанием авторов, даты, названия и сведений об источнике, предоставленных ChatGPT. Авторам, использующим ChatGPT или аналогичные инструменты искусственного интеллекта для исследований, следует подумать о том, чтобы сделать эту проверку первоисточников стандартным процессом. Если источники являются реальными, точными и актуальными, может быть лучше прочитать эти первоисточники, чтобы извлечь уроки из этого исследования, и перефразировать или процитировать эти статьи, если применимо, чем использовать их интерпретацию модели.

Материалы журналов включены:

- в систему Российского индекса научного цитирования;
- отображаются в крупнейшей международной базе данных периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory, что гарантирует значительное увеличение цитируемости;
- Всем статьям присваивается уникальный идентификационный номер Международного регистрационного агентства DOI Registration Agency. Мы формируем и присваиваем всем статьям и книгам, в печатном, либо электронном виде, оригинальный цифровой код. Префикс и суффикс, будучи прописанными вместе, образуют определяемый, цитируемый и индексируемый в поисковых системах, цифровой идентификатор объекта — digital object identifier (DOI).

[Отправить статью в редакцию](#)

### Этапы рассмотрения научной статьи в издательстве NOTA BENE.



## Содержание

Осипов М.Ю. К вопросу об особенностях формулирования и использования теста Тьюринга для Chat GPT	1
Шептухин М.В. Системный анализ инструментария и программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов	17
Димитриченко Д.П. Оптимизация рекуррентной нейронной сети при помощи автоматов с переменной структурой	30
Никитин П.В., Андриянов Н.А., Горохова Р.И., Бахтина Е.Ю., Долгов В.И., Коровин Д.И. Методология оценки рисков выполнения государственных контрактов с использованием средств машинного обучения	44
Лютикова Л.А. Применение логического моделирования для анализа и классификации медицинских данных с целью диагностики.	61
Корчагин В.Д. Анализ современных SOTA-архитектур искусственных нейронных сетей для решения задач классификации изображений и детекции объектов	73
Сердюков Ю.П., Гельман В.Я. Применение гомоморфной фильтрации для мультиплексивно взаимодействующих сигналов и окон выборки данных при периодическом оценивании	88
Мартынов А.М. Разработка учебного стенда системы видео контроля	102
Англоязычные метаданные	115

## Contents

Osipov M.Y. On the question of the specifics of the formulation and use of the Turing test for the ChatGPT	1
Sheptukhin M. System analysis of tools and software products for evaluating the effectiveness of investment projects	17
Dimitrichenko D.P. Optimization of a recurrent neural network using automata with a variable structure	30
Nikitin P.V., Andriyanov N.A., Gorokhova R.I., Bakhtina E.Y., Dolgov V.I., Korovin D.I. Methodology for assessing the risks of fulfilling government contracts using machine learning tools	44
Lyutikova L.A. Application of logical modeling for the analysis and classification of medical data for the purpose of diagnosis.	61
Korchagin V.D. Analysis of modern SOTA-architectures of artificial neural networks for solving problems of image classification and object detection	73
Serdyukov Y.P., Gelman V. Application of homomorphic filtering for multiplicatively interacting signals and data sampling windows during periodic evaluation	88
Martynov A.M. Development of video control system training stand	102
Metadata in english	115

Программные системы и вычислительные методы

Правильная ссылка на статью:

Осипов М.Ю. — К вопросу об особенностях формулирования и использования теста Тьюринга для Chat GPT // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 1 - 16. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.68680 EDN: TCQVHG URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=68680](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=68680)

## К вопросу об особенностях формулирования и использования теста Тьюринга для Chat GPT

Осипов Михаил Юрьевич

ORCID: 0000-0002-6982-3668

кандидат юридических наук

старший научный сотрудник, Автономная некоммерческая организация высшего образования  
Международная полицейская академия ВПА

300026, Россия, Тульская область, г. Тула, ул. Рязанская, 1



✉ osipov11789@yandex.ru

[Статья из рубрики "Системный анализ, поиск, анализ и фильтрация информации"](#)

### DOI:

10.7256/2454-0714.2023.4.68680

### EDN:

TCQVHG

### Дата направления статьи в редакцию:

10-10-2023

### Дата публикации:

21-10-2023

**Аннотация:** Предметом исследования в настоящей статье выступают особенности и закономерности функционирования систем, основанных на технологиях Chat GPT, знание которых позволяет формулировать соответствующие модификации теста Тьюринга, а также особенности и закономерности формулирования и использования теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT. Цель исследования заключается в том, чтобы выявить особенности и закономерности функционирования систем, основанных на технологиях Chat GPT, а также особенности и закономерности формулирования и использования теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT. В качестве методов исследования использовался метод социального эксперимента, когда в ходе исследования системе, основанной на

технологиях Chat GPT, были заданы определенные вопросы, получены на них ответы, анализ которых позволил сделать вывод об особенностях «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT. В ходе проведенного исследования было установлено следующее. В отличие от мышления человека, которое опирается на определенные факты, «мышление», систем, основанных на технологиях Chat GPT, в ряде случаев не основано на фактах, имеющих место в реальности, нередко пользователю выдаются заведомо ложные сведения о фактах и обстоятельствах, имеющих место в реальности. В отличие от мышления человека, которое как правило носит системный характер «мышление» систем, основанных на технологиях Chat GPT, носит беспорядочный и фрагментарный характер. Системы, основанные на технологиях Chat GPT, не могут признавать свои ошибки, а попытки заставить системы, основанные на технологиях Chat GPT критически осмыслить свои ответы приводят к сбою в работе этих систем. Также в статье приводится, разработанный автором тест Тьюринга для Chat GPT, который позволил выявить особенности «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT.

### **Ключевые слова:**

Тест Тьюринга, человеческое мышление, мышление систем, технологии, искусственный интеллект, Chat GPT, критический анализ, рефлексия, закономерности, компьютерные науки

### **Введение**

Одной из актуальных проблем, стоящих перед современными компьютерными науками, является проблема формулирования и использования теста Тьюринга в условиях развития систем искусственного интеллекта, в том числе систем, основанных на технологиях Chat GPT. Об этой проблеме написано немало работ, как в отечественной, так и в зарубежной научной литературе, посвященной данной проблеме и другие [1] [2] [3] [4] [5] [9] [10] [12] [13] [16] [17] [24] [28]. В указанных работах рассматриваются различные аспекты применения теста Тьюринга к системам с искусственным интеллектом. Однако, проблема до сих пор остается нерешенной, и вместе с тем достаточно актуальной. Надлежащего теста Тьюринга для систем искусственного интеллекта, в том числе систем, основанных на технологиях, лежащих в основе функционирования Chat GPT, в ряде случаев не позволяет отличить компьютерного собеседника от человеческого, что при определенных условиях может вызвать ряд проблем в обществе, о чем говорилось в специальной литературе [7] [11] [13] [17] [28].

Особую актуальность данная проблема получает в связи с попытками внедрить технологии искусственного интеллекта в том числе технологии Chat GPT в образование, в том числе и в высшее образование [14] [15] [18] [21] [22] [23] [26] [28] и другие. Между тем, в педагогической литературе отмечается важность наличие личного контакта между преподавателем и студентом и живое общение между ними, а также необходимость самостоятельного написания студентами научных работ [20], что в условиях развития искусственного интеллекта становится проблематичным. Все это обуславливает необходимость проведения специального исследования, посвященного применению теста Тьюринга к системам, основанным на технологиях Chat GPT, в связи с попытками их распространить в сферу высшего образования [14] [15] [18] [21] [22] [23] [26] [28], значимостью личного контакта между преподавателем и студентом и живое общение

между ними, также необходимость самостоятельного написания студентами учебных работ, что с развитием технологии Chat GPT, становится проблематичным, поскольку некоторые студенты могут писать в том числе выпускные квалификационные работы при помощи данной технологии [6].

Все это обуславливает необходимость проведения специального исследования, посвященного особенностям формулирования и использования теста Тьюринга для Chat GPT, которые позволяют выявить отличия «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT, от человеческого мышления и тем самым позволяют сделать вывод о возможностях и ограничениях использования данной технологии, что представляется очень важным в связи с переходом человеческой цивилизации к информационному обществу.

### **Методология исследования**

Предметом исследования, результаты которого были изложены в настоящей статье выступают особенности и закономерности функционирования систем, основанных на технологиях Chat GPT, знание которых позволяет формулировать соответствующие модификации теста Тьюринга, а также особенности и закономерности формулирования и использования теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT. Цель исследования заключается в том, чтобы выявить особенности и закономерности функционирования систем, основанных на технологиях Chat GPT, а также особенности и закономерности формулирования и использования теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, которые позволяют однозначно сделать вывод о том, что перед нами машина, а не человек.

Задачи исследования заключались в том, чтобы:

- A) ознакомиться с технологиями формулировки текстов и иных документов при помощи Chat GPT
- Б) выявить особенности и закономерности формулирования и использования теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT,
- В) разработать такие вопросы, составляющие содержание теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, которые позволяют однозначно сделать вывод о том, что перед нами машина, а не человек, а также позволяют определить так называемый интеллектуальный потенциал систем, основанных на технологиях Chat GPT.

Решение указанных задач составило отдельный этап исследования.

В качестве методов исследования использовался метод социального эксперимента, когда в ходе исследования системе, основанной на технологиях Chat GPT, были заданы определенные вопросы, получены на них ответы, анализ которых позволил сделать вывод об особенностях «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT.

Суть метода заключалась в следующем. В связи с установленными ограничениями на прямой доступ к американским технологиям Chat GPT была произведена регистрация автора статьи на сайте <https://chatgptrus.ru/>, после чего Chat GPT были заданы следующие вопросы и получены ответы на них, которые представлены в следующей таблице

Таблица 1

## Вопросы, заданные Chat GPT и ответы на них

Вопрос пользователя	Ответ Chat GPT	Правильный ответ
Скажи, где находится Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" расположена в городе Москва, Россия	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" расположена в городе Тула, Россия
Скажи, кто является ректором Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	К сожалению, я не могу найти информацию о текущем ректоре Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА". Рекомендую обратиться к официальным источникам или сайту академии для получения актуальной информации о ректоре.	Ректором Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" является Карпов Евгений Борисович, доктор педагогических наук, кандидат экономических наук
Скажи, какие факультеты существуют у Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	У Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" существуют следующие факультеты:  1 . Факультет правовых и общественных наук - здесь студенты изучают такие дисциплины, как право, социология, политология, философия и другие академические предметы, связанные с правопорядком и общественными науками.  2 . Факультет правоохранительных	Подобного рода факультетов нет в международной полицейской академии ВПА

	<p>органов - на этом факультете обучаются будущие полицейские, работники служб безопасности и других правоохранительных органов. Здесь студенты изучают юридические аспекты правоприменения, тактику и стратегию правоохранительных операций и другие специализированные предметы.</p>	
Скажи, когда была основана Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" была основана в 1992 г	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" была основана 26 декабря 2000 г.
Кем была основана Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	Кем была основана Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" была основана Правительством РФ	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" была основана Карповым Евгением Борисовичем
Скажи, какое отношение Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" имеет к городу Тула	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" имеет отношение к городу Тула, в том смысле, что она находится на территории города и представляет образовательные услуги в сфере полицейской деятельности. Эта академия может обучать студентов из	Это правильный ответ, так как Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА", расположения по адресу г. Тула ул. Рязанская д.1 и обучает в том числе полицейских студентов из Тулы и других регионов России и других стран

	Тулы и других регионов России и других стран. Однако конкретные детали отношений академии с г. Тула, такие как финансовые или организационные мне неизвестно	
Так, где же находится Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА"	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" находится по адресу г. Москва ул. Лобненская д 26А	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" расположения по адресу г. Тула ул. Рязанская д.1
Верно ли утверждение, что Тула – это часть Москвы в Москве	Сервер Open AI не отвечает, возможно из за большой нагрузки. Попробуйте зайти на сайт позднее (служебное сообщение)	Неверно. Тула и Москва отдельные города.

## Результаты исследования

### *Механизм работы систем, основанных на технологиях Chat GPT*

Далее попытаемся понять причины столь нелепых ответов Chat GPT

Для того, чтобы ответить на данный вопрос, необходимо понять механизм работы Chat GPT.

Для понимания механизма работы Chat GPT можно воспользоваться следующей моделью. На входе мы имеем вопросы, структурированные определённым образом, которые состоят из слов, которые имеют определенное значение. Такой набор слов можно представить в виде линейной матрицы  $a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \dots \dots \ a_n$  (1) На выходе мы имеем структурированный текст, который можно представить в виде матрицы  $a_1 \ b_1 \ a_2 \ b_2 \ b_3 \dots \dots \ b_n$  (2)

Каким же образом из матрицы  $a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \dots \ a_n$  получается матрица  $a_1 \ b_1 \ a_2 \ b_2 \ b_3 \dots \dots \ b_n$  Ответ достаточно очевиден. Для того, чтобы получить из матрицы  $a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \dots \ a_n$  матрицу  $a_1 \ b_1 \ a_2 \ b_2 \ b_3 \dots \dots \ b_n$  необходимо чтобы существовала так называемая ассоциативная матрица или матрица перехода, которая выглядит следующим образом  $\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{matrix}$  (3) Указанная матрица является матрицей перехода от вопроса к ответу. Так работает любое мышление, в том числе и человеческое, поскольку оно основано на законе достаточного основания

Вся же специфика и отличие технологии функционирования систем, основанных на технологиях Chat GPT от человеческого мышления, заключается в том, что → носит не логический, а ассоциативный характер.

То есть ключевое слово  $a \rightarrow b$  вовсе не потому, что они логически между собою связаны, хотя и такое может быть, а потому, что существует отличная от нуля вероятность того, что ключевые слова  $a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \dots \ a_n$  встречаются вместе в текстах, и чем выше эта вероятность, тем выше вероятность того, ответ систем, основанных на технологиях Chat GPT можно будет представить в виде матрицы  $a_1 \ a_2 \ a_3 \dots \dots \ a_n$ . Иными словами системы искусственного интеллекта, основанные на технологиях Chat GPT предполагают: 1) наличие текстов, которые могут быть представлены в виде матрицы  $\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix}$  (4) и наличие правила вывода, что если существует матрица  $\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix}$  (4) то должна существовать матрица  $\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix}$  (3).

Но на самом деле это далеко не так. Из факта существования матрицы  $\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix}$  (4) не следует факт существования матрицы  $\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix}$  (3) а следовательно вывод, полученный при поморщи искусственного интеллекта, основанного на технологиях Chat GPT может быть неверным, поскольку не исключены ложные ассоциации, вследствие неправильной интерпретации Chat GPT ключевых терминов, содержащихся в запросе пользователя. О подобной проблеме известно лингвистам, занимающимися проблемами перевода [8]. Таким образом на основе анализа полученных данных мы можем сформулировать гипотезу об ассоциативном характере «мышления» систем, в основе которых лежит технология Chat GPT, согласно которой «мышление» систем, в основе которых лежит технология Chat GPT носит ассоциативный характер [25] [27].

*Верификация гипотезы об ассоциативном характере «мышления» систем, в основе которых лежит технология Chat GPT*

Докажем это утверждение. Вновь обратимся к сайту <https://chatgptrus.ru/> и зададим следующие вопросы:

1. Кем была учреждена Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА»
- 2 . Где находится Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА»
- 3 . На основании чего было сделано утверждение, что Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА» была учреждена ..... и находится ..... и другие уточняющие вопросы.

Таблица 2. Ответы Chat GPT были получены следующие

Вопрос	Ответ Chat GPT	Правильный ответ	Возможные причины такого ответа Chat GPT
Кем была учреждена Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА»	Автономная некоммерческая организация высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" была учреждена группой инициативных специалистов в области правоохранительной	Автономная некоммерческая организация высшего образования "МЕЖДУНАРОДНАЯ ПОЛИЦЕЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ВПА"	Поскольку в текстах документов упоминается, что обычно профессиональные образовательные организации создаются инициативными специалистами в

	<p>деятельности и высшего образования. Основатели организации решили создать академию, которая предоставляла бы качественное и современное образование в сфере полиции, с целью подготовки высококвалифицированных специалистов для работы в правоохранительных органах.</p>	<p>Частной образовательной организации высшего образования - ассоциации «ТУЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ТИЭИ)»</p>	<p>области своей деятельности с целью подготовки специалистов в области свой деятельности</p>
Где находится Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА	<p>Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА» находится в России, город Санкт-Петербург. Ее адрес: 196240, Россия, Санкт-Петербург, пр. Луначарского, д. 30.</p>	<p>В действительности Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА» находится в г. Туле по адресу 30026 Рязанская д.1</p>	Случайный ответ
На основании чего было сделано утверждение о том, что Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА» находится в России, город Санкт-Петербург. Ее адрес: 196240, Россия, Санкт-Петербург, пр. Луначарского, д. 30.	<p>Для сделания утверждения о том, что Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международная полицейская академия ВПА» находится в России, город Санкт-Петербург, нужно было использовать доступную информацию. В данном случае, для подтверждения этой информации можно было использовать следующие источники:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Официальный веб-сайт Международной полицейской академии ВПА, где указан адрес организации.</li> <li>2. Онлайн-карты или</li> </ol>	<p>В действительности на официальном сайте Академии указано, что она расположена в г. Туле на ул. Рязанской д 1</p>	Случайный ассоциативный ответ

	<p>сервисы справочной информации, которые также показывают адрес ВПА.</p> <p>3. Органы российского государственного управления, такие как Министерство образования и науки Российской Федерации или Федеральная налоговая служба, которые могут иметь регистрационные данные об организации.</p> <p>По предоставленной информации, адрес ВПА, указанный как пр. Луначарского, д. 30, 196240, Санкт-Петербург, является подтверждающим фактом, который указывает на то, что организация находится в России, городе Санкт-Петербурге.</p>		
А каков официальный сайт Автономной некоммерческой организации высшего образования «Международная полицейская академия ВПА»	Официальный сайт Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" - <a href="https://ipa.edu.ru/">https://ipa.edu.ru/</a>	Официальный сайт Автономной некоммерческой организации высшего образования "Международная полицейская академия ВПА" - <a href="https://mpa71.ru/">https://mpa71.ru/</a>	Такого сайта в действительности не существует. Есть сайт <a href="https://ipa.edu.org">https://ipa.edu.org</a>

Анализ ответов Chat GPT показывает, что «мышление» систем искусственного интеллекта, в основе которых лежит технология Chat GPT носит и может носить только ассоциативный характер. Иными словами, оно основано на следующей формуле  

$$(A \rightarrow B \wedge C \equiv D) \quad (1)$$

При этом возникает вопрос, может ли «мышление» систем, основанных на технологиях Chat GPT не носить ассоциативного характера?

Докажем, что это невозможно.

*Почему «мышление» систем, основанных на технологиях Chat GPT, не может не носить ассоциативного характера?*

Существуют два типа мышления: 1) линейное мышление, которое построено на законе достаточного основания, согласно которому для того, чтобы утверждать, что  $a \rightarrow b$ ,

необходимо убедится в том, что: 1) существует а; 2) существует связь между а и б, такая, что  $\exists a \rightarrow \exists b$  и  $\Delta a \rightarrow \Delta b$  2) ассоциативное мышление, согласно которому если  $\exists a \xrightarrow{a \rightarrow \exists b}$ , если оба элемента встречаются достаточно часто в текстах [25] [27].

Линейное мышление предполагает работу в однозадачном последовательном режиме, поскольку для того, чтобы убедится в том, что существует некий объект А, необходимо затратить определенные усилия и ресурсы, обозначим их С1, для того, чтобы убедится в том, что существует некий объект Б необходимо затратить определенные усилия и ресурсы, обозначим их С2; для того, чтобы убедится в том, что существует связь между объектами такая что  $\exists a \rightarrow \exists b$  и  $\Delta a \rightarrow \Delta b$  необходимо затратить определенные усилия и ресурсы, обозначим их С3

Следовательно, для решения задачи о существовании связи между двумя объектами а и б, такой, что  $a \rightarrow b$ , необходимо затратить общее количество ресурсов, которое определяется по формуле СЗАДАЧ = С1 + С2 + С3. Но у любой системы есть ограниченный ресурс. Следовательно, возникает вопрос, каким образом решить, сколько ресурсов необходимо потратить на решение той или иной задачи. Согласно А. Эрроу это может сделать только человек или «диктатор», который своими властными усилиями определяет, какая задача является приоритетной, и какая из множества целевых функций является приоритетной [19]. В данном случае все задачи, поступающие на вход систем ИИ, являются в равной степени приоритетными. Но, ресурсы, которые необходимо потратить на подлинное решение задачи, предполагающее действительное установление зависимости между двумя объектами мышления, при котором  $a \rightarrow b$ , ограничены, а поскольку количество ресурсов, необходимое для установление этой связи разное, в зависимости от характера задачи, следовательно оказывается невозможным оптимизировать распределение ресурсов, необходимых для решения той или иной задачи в условиях параллельного выполнения операций, что может приводить и неизбежно приведёт к невозможности решения той или иной задачи. Выход из этого только может быть один: переход на решение задач по мере их поступления, при использовании линейного типа мышления. А следствием использования линейного типа мышления, является наличие огромного количества запросов и как следствие неизбежная последовательная их обработка по мере их поступления. Отсюда появление отказов в обслуживании, поскольку ресурсы у системы ограничены, а потоков запросов много. А это в свою очередь приведет к недовольству клиентов, авторов запросов. В условиях параллельного выполнения операций, мышление неизбежно становится ассоциативным, поскольку ресурсов на подлинную проверку фактов как правило не хватает в условиях наличия массовых запросов. Отсюда можно сделать вывод о том, что «мышление» систем, основанных на технологиях Chat GPT, не может не носить ассоциативного характера». При этом следствием ассоциативного мышления является невозможность указания источников получения тех или иных выводов и разделения своих и чужих идей, поскольку для поиска и указания источников той или иной информации, и приятия решения об использовании тех или иных источников, требуется наличие линейного мышления и использования однозадачного подхода, что невозможно при использовании технологий Chat GPT

*Особенности «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT и формулировки вопросов теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT*

На основе всего вышеизложенного можно выявить следующие особенности «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT.

Ассоциативный характер «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT. Это проявляется в: а) невозможности получения информации о конкретных фактах об тех или иных объектах; б) в противоречивом характере сведений об этих объектах, о чем говорилось выше; в) невозможности получения информации об источниках, позволивших системам, основанным на технологиях Chat GPT прийти к тем, или иным выводам; либо их неревалетный характер в) нередко при постановке задач, требующих поиска информации о том или ином объекте системы, основанные на технологиях Chat GPT демонстрируют беспорядочный и фрагментарный характер своего «мышления», в) системы, основанные на технологиях Chat GPT демонстрируют отсутствие «критического мышления» и готовности признавать и анализировать свои ошибки . Исходя из данных закономерностей можно сформулировать определенные требования к вопросам теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT.

1. Вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны касаться конкретных фактов об тех или иных объектах реальности, при этом данные объекты должны быть достаточно редкими и малознакомыми для «непосвященных людей»

2. Одни и те же вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны повторяться несколько раз для сравнения ответов на них

3. Вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны предусматривать обязательный поиск информации об конкретных объектах реальности

4. Вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны предполагать проверку критического мышления собеседника при прохождении данного теста

5. Вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны теряться среди обычных вопросов, не вызывающих особых проблем для систем, основанных на технологиях Chat GPT.

Использование подобного рода правил, позволит легко составить тест Тьюринга, который никогда не пройдет система, основанная на технологиях Chat GPT, поскольку использование обычных вопросов, не вызывающих особых проблем для систем, основанных на технологиях Chat GPT, позволяет создать иллюзию того, что и «ключевой вопрос», позволяющий идентифицировать системы, основанные на технологиях, относится к вопросам, которые не вызывают особых проблем для формулировки на них ответа со стороны данных систем. Кроме того, использование вопросов, требующих поиска и анализа информации в режиме реального времени включая вопросы об источниках знаний, а также вопросов на наличие критического мышления позволят выявить неспособность систем, основанных на технологиях Chat GPT к поиску информации о конкретных объектах в режиме реального времени, а также к неспособности системы критически оценивать свои ответы на поставленные вопросы. Наконец, использование повторяющихся ключевых вопросов, требующих поиска и анализа информации в режиме реального времени, например где находится тот или иной объект, который является достаточно редким и малознакомым для «непосвященных людей» позволит выявить противоречия в ответах, что при отсутствии противоречий в других ответах и достаточной быстротой ответа на вопросы, требующих разных интеллектуальных усилий, позволит сделать вывод, что перед нами не живой человек, а система искусственного интеллекта, основанная на технологиях Chat GPT. Далее рассмотрим основные факторы, влияющие на формулировку вопросов к тесту Тьюринга

## для систем, основанных на технологиях Chat GPT

Основные факторы, влияющие формулировку вопросов к тесту Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT

Какие же факторы влияют на формулировку вопросов к тесту Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT? По нашему мнению, к числу таких факторов можно отнести следующие факторы

1. Понимание исследователем специфики мышления систем, основанных на технологиях Chat GPT.
- 2 . Понимание исследователем особенностей и правил формулировки вопросов теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT.
- 3 . Умение исследователя сформулировать вопросы для теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT.
4. Умение исследователя проанализировать и интерпретировать полученные ответы на вопросы теста Тьюринга.

В зависимости от сочетания этих факторов будут создаваться более эффективные или менее эффективные тесты Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT.

## Заключение

На основании всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы

1. «Мышление» систем, основанных на технологиях Chat GPT в отличие от человеческого мышления, всегда носит ассоциативный характер
2. Ассоциативный характер «мышления» систем, основанных на технологиях Chat GPT. Это проявляется в: а) невозможности получения информации о конкретных фактах об тех или иных объектах; б) в противоречивом характере сведений об этих объектах, о чем говорилось выше; в) невозможности получения информации об источниках, позволивших системам, основанным на технологиях Chat GPT прийти к тем, или иным выводам; либо их неревалетный характер в) нередко при постановке задач, требующих поиска информации о том или ином объекте системы, основанные на технологиях Chat GPT демонстрируют беспорядочный и фрагментарный характер своего «мышления», в) системы, основанные на технологиях Chat GPT демонстрируют отсутствие «критического мышления» и готовности признавать и анализировать свои ошибки
3. Исходя из этого вопросы теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, должны проверять: способность собеседника осуществлять поиск информации в режиме реального времени, способность собеседника давать непротиворечивые ответы как на ключевые, так и на обычные вопросы в том числе и спустя некоторое время, способность собеседника указывать источники информации при формулировке своих выводов научного характера, способность собеседника к критическому мышлению.
4. На эффективность теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT, влияют множество факторов, к числу которых можно отнести следующие: а) понимание исследователем специфики мышления систем, основанных на технологиях Chat GPT; б) понимание исследователем особенностей и правил формулировки вопросов теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT; в) умение исследователя сформулировать вопросы для теста Тьюринга для систем, основанных на технологиях

Chat GPT; г) умение исследователя проанализировать и интерпретировать полученные ответы на вопросы теста Тьюринга.

Дальнейшее направление исследования автор видит в анализе возможных рисков использования технологий, основанных на Chat GPT в высшем образовании.

## **Библиография**

1. Алексеев А. Ю. Компьютерные средства комплексного теста Тьюринга // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сборник статей по материалам Восьмой всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 25–26 октября 2022 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 23-28.
  2. Горбачева А. Г. Тест Тьюринга: диагностика человеческого в интерфейсе человек-машина // Человек.RU. – 2015. г. – 10. – С. 99-106.
  3. Данилина, Е. В. Селюкова Г. П. Алан Тьюринг и искусственный интеллект // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIV Студенческой научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Тюмень, 19–20 марта 2020 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – Т. Часть 2. – С. 42-345.
  4. Ефимов А. Р. Посттьюринговая методология: разрушение стены на пути к общему искусственному интеллекту // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020 г. – 2. – С. 74-80.
  5. Ефимова С. А. Развитие искусственного интеллекта // Цифровая наука. 2020 г. 6. С. 49-58.
  6. Жадан. А Как я написал диплом с помощью ChatGPT и оказался в центре спора о нейросетях в образовании // <https://journal-tinkoff-ru>. 22 февраль 2023 г. 9 Октябрь 2023 г. [https://journal-tinkoff-ru.turbopages.org/journal.tinkoff.ru/s/neuro-diploma/?parent\\_reqid=1696780968504726-1216878690899660191200206-production-app-host-sas-turbo-27&recommendation=true](https://journal-tinkoff-ru.turbopages.org/journal.tinkoff.ru/s/neuro-diploma/?parent_reqid=1696780968504726-1216878690899660191200206-production-app-host-sas-turbo-27&recommendation=true).
  7. Малютин Н. К. "Имитация жизни": искусственный интеллект и перспективы человеческого // Формирование гуманитарной среды в вузе: инновационные образовательные технологии. Компетентностный подход. 2018 г. Т. 1. С. 191-196.
  8. Овчинникова Г. В Семантическая асимметрия французских юридических терминов и «Ложные друзья» переводчика // Вестник МПА ВПА (сборник научных трудов). 2023 г. 3. С. 206-208.
  9. Сальников, И. С. Сальников Р.С. Работооператоры и тест Тьюринга [Дневник] // Системы и средства искусственного интеллекта. 2013 г. Т. 1. С. 181-184.
  10. Ставровский И. К. Может ли машина мыслить: не-бихевиористский подход [Конференция] // Философия в XXI веке: социально-философские проблемы современной науки и техники : Материалы I Международной научно-практической конференции, Москва, Зеленоград-Красноярск, 12 мая 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. С. 119-122.
  11. Сурков А. В. Искусственный интеллект и сознание: состояние исследований и перспективы // Практическая философия: состояние и перспективы : Сборник материалов III научной конференции, Симферополь, 17–18 мая 2020 года / ред. О.А. Габриелян.-Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2020. С. 135-137.

12. Флоренсов А. Н. Применение критерия Тьюринга для исследования динамики искусственного интеллекта [Дневник] // Омский научный вестник. 2018 г. 1: Т. 157. С. 91-94.
13. Alan Turing «Computing Machinery and Intelligence // Mind. 1950 г. no. 236 : T. vol. LIX. P. 433-460.
14. Ausat, A. M. A., Massang, B., Efendi, M., Nofirman, N., & Riady, Y. Can chat GPT replace the role of the teacher in the classroom: A fundamental analysis. // Journal on Education.-2023 г. Р. 16100-16106.
15. Baskara FX Risang. The Promises and Pitfalls of Using Chat GPT for Self-Determined Learning in Higher Education: An Argumentative Review // Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIM Sinja. 2023 г. Т. Т. 2. Р. 95-101.
16. Bhattacharya, K., Bhattacharya, A. S., Bhattacharya, N., Yagnik, V. D., Garg, P., Kumar, S ChatGPT in surgical practice – a New Kid on the Block // Indian Journal of Surgery. 2023. г. 4. Р. 1-25.
17. Elkins K., Chun J. Can GPT-3 pass a writer's Turing test? // Journal of Cultural Analytics. 2020 г. 2: Т. 5.-Р. 1-16.
18. Huallpa J. J. Exploring the ethical considerations of using Chat GPT in university education. // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2023 г. 4: Т. 11. Р. 105-115.
19. Kenneth J. Arrow Social Choice and Individual Values-Yale: Yale University Press, 1963.
20. Khan, A., Khan, S., Zia-Ul-Islam, S., Khan, M Communication Skills of a Teacher and Its Role in the Development of the Students' Academic Success // Journal of Education and Practice..-2017 г. 1: Т. 8. Р. 18-21.
21. Lelepariy, H. L., Rachmawati, R., Zani, B. N., & Maharjan, K. GPT Chat: Opportunities and Challenges in the Learning Process of Arabic Language in Higher Education. // JILTECH: Journal International of Lingua & Technology. 2023 г. 1: Т. 2. Р. 11-23.
22. Lund B. D., Wang T. Chatting about ChatGPT: how may AI and GPT impact academia and libraries? // Library Hi Tech News. 2023. г. 3: Т. 40. Р. 26-29.
23. Maboloc. C. R. Chat GPT: the need for an ethical framework to regulate its use in education // Journal of Public Health. 2023 г. Р. fdad125.
24. Nov, Oded, Nina Singh, and Devin Mann. Putting ChatGPT's Medical Advice to the (Turing) Test: Survey Study [Дневник] // JMIR Medical Education..-2023 г. 1: Т. Т. 9. Р. 39-46.
25. Saariluoma P., Karvonen A Theory languages in designing artificial intelligence [Дневник] // AI & SOCIETY. 2023 г. Р. 1-10.
26. Tajik E., Tajik F. A. A comprehensive Examination of the potential application of Chat GPT in Higher Education Institutions // TechRxiv. Preprint. 2023 г. Р. 1-10.
27. Wang. Y. On abstract intelligence: Toward a unifying theory of natural, artificial, machinable, and computational intelligence // International Journal of Software Science and Computational Intelligence (IJSSCI). 2009 г. 1: Т. 1.-Р. 1-17.
28. Yu. H Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching] // Frontiers in Psychology. 2023 г. Т. 14. Р. 1-12.

## **Результаты процедуры рецензирования статьи**

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не*

раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

**Предмет исследования.** Статья посвящена вопросу об особенностях формулирования и использования теста Тьюринга для Chat GPT. Содержание статьи полностью соответствует заявленной теме, что является положительной характеристикой.

Методология исследования автором сформирована, базируется на проведении эксперимента и использования графического инструментария представления полученных результатов исследования. Это формирует положительное впечатление от ознакомления с данной статьей. Рекомендуется также дополнить статью анализом конкретных числовых данных, характеризующих развитие предмета исследования в динамике с учётом влияния большого количества внешних и внутренних факторов, в том числе специфичных для Российской Федерации.

Актуальность исследования не вызывает сомнения. Выбранная тема исследования является актуальной, так как вопросы связанные с развитием интеллектуального интеллекта активно поднимаются во всём, в том числе и Российской Федерации. Для этого разрабатывается большое количество различных специальных инструментов. При этом, их деятельность сопряжена с проблемами, разработка предложений по решению которых может позволить добиться социально-экономического прорыва Российской Федерации, в целом, так и отдельных их участников в целях повышения качества жизни населения. Ценно, что это будет отвечает национальным интересам развития нашего государства, а также достижению поставленной Президентом России цели по технологическому суверенитету.

Научная новизна в представленных на рецензирование материалах прослеживается. В частности, интерес представляют таблица 1 (Вопросы, заданные Chat GPT и ответы на них), а также описанный Механизм работы систем, основанных на технологиях Chat GPT.

Стиль, структура, содержание. Стиль изложения научный. Структура статьи, в целом, выстроена грамотно. Ценно, что автор также обозначил потенциальные направления развития темы. При доработке содержания было бы интересно выявить конкретные проблемы и сформировать предложения по их решению, в том числе в контексте достижения задачи по технологическому суверенитету Российской Федерации. Отдельного внимания заслуживают региональные аспекты рассматриваемой темы. При доработке статьи автору рекомендуется уточнить переходы от одних смысловых блоков к другим.

Так, автор пишет «Далее рассмотрим основные факторы, влияющие на формулировку вопросов к тесту Тьюринга для систем, основанных на технологиях Chat GPT». Вместо слова «далее» рекомендуется указать ответ на вопрос «для чего?»

**Библиография.** Автором сформирован большой список источников, использованных при написании статьи. Он включает 28 наименований. Ценно, что автор обращался не только к трудам отечественных авторов, но и иностранных. Это позволило более глубоко погрузиться в поднимаемые проблемы. Также автору рекомендуется изучить статистические данные по рассматриваемой теме и указать соответствующие источники.

**Апелляция к оппонентам.** Несмотря на сформированный список литературы, автором не осуществлена какая-либо научная дискуссия. При доработке статьи, формировании конкретного перечня проблем и разработке комплекса практических рекомендаций по их решению, автору следует их обсудить с теми, что содержатся в других научных публикациях в отечественной и зарубежной научной литературе.

Выводы, интерес читательской аудитории. С учётом повышенной актуальности темы исследования и высокого качества большинства фрагментов статьи, она представляет интерес для потенциальных читателей. При этом, статья может быть рекомендована к публикации только после доработки указанных выше замечаний. Причём, их качественное устранение позволит серьёзно расширить потенциальную читательскую аудиторию.

Программные системы и вычислительные методы

Правильная ссылка на статью:

Шептухин М.В. — Системный анализ инструментария и программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 17 - 29.  
DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.68973 EDN: BLOZQY URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=68973](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=68973)

## **Системный анализ инструментария и программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов**

Шептухин Михаил Валерьевич

аспирант, кафедра информатики, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

119991, Россия, г. Москва, пр. Ленинский, 65

✉ sheptukin@gmail.com



[Статья из рубрики "Системный анализ, поиск, анализ и фильтрация информации"](#)

### **DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.68973

### **EDN:**

BLOZQY

### **Дата направления статьи в редакцию:**

10-11-2023

### **Дата публикации:**

17-11-2023

**Аннотация:** Предметом данного исследования выступают инструменты управления инвестиционным проектированием, позволяющие оценить эффективность вариантов инвестиционных проектов. Объектом исследования являются цифровые продукты (программные решения), предназначенные для автоматизированной оценки эффективности и выбора привлекательных проектов для инвестирования. Автором определено, что выбор наиболее рентабельного проекта для инвестирования является ключевой задачей предынвестиционной стадии инвестиционного процесса, при этом наличие большого объема информации, влияние внешних и внутренних слабоконтролируемых факторов, состояние неопределенности, сопутствующие процессу инвестирования актуализируют использование программных продуктов. Особое

внимание уделяется выявлению и формализации требований к программным продуктам для анализа рисков и оценки эффективности инвестиционных проектов, которые обеспечат экономию затрат времени и финансовых ресурсов и исключат влияние человеческого фактора на выбор проекта для инвестирования. Методология исследования включает в себя использование системного подхода к выявлению инструментов и показателей оценки эффективности инвестиционных решений. Автором проведен сравнительный анализ программных продуктов, выступающих в качестве инструментов оценки привлекательности инвестиционных проектов при выборе наиболее приемлемых для развития коммерческой деятельности промышленных предприятий. Результаты проведенного сравнительного анализа представленных на рынке информационных технологий отечественных и зарубежных программных решений по управлению инвестиционными проектами позволили систематизировать программы, выявить их сильные и слабые стороны и сформулировать требования к оптимальному программному комплексу для анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов промышленного предприятия. Разрабатываемое автором цифровое решение по анализу рисков и оценке эффективности инвестиционных проектов должно обладать следующими характеристиками: функциональность, надежность и стабильность, интерфейс и удобство использования, совместимость, цена и условия лицензирования, техническая поддержка. По итогу исследования определена область применения результатов проведенного сравнительного анализа программных продуктов – дальнейшая разработка цифровых решений для оценки эффективности инвестиционных проектов, обеспечивающего результативность процесса управления инвестиционным проектированием предприятий.

**Ключевые слова:**

Инвестиционный проект, системный подход, сравнительный анализ, показатели оценки эффективности, методы оценки эффективности, отбор инвестиционных проектов, программный продукт, характеристики программы, преимущества программного продукта, недостатки программного продукта

**Введение**

Современные условия увеличения санкционного давления западных стран на экономику России и объективная необходимость развития отечественных предприятий несырьевого сектора экономики определяет важность разработки российских технологий для обеспечения устойчивого социально-экономического роста коммерческих предприятий. Поддержание конкурентоспособности предприятий и организаций невозможно без активной инвестиционной политики, позволяющей сформировать современную материальную базу предприятий и обеспечить поступление финансовых средств в будущем.

Актуальность исследования инструментов и методов оценки эффективности инвестиционных проектов обосновывается влиянием двух основных факторов: усиление внимания органов государственной власти к вопросам развития проектного управления в производственно-хозяйственной деятельности российских предприятий, что доказывается развитием деятельности Аналитического центра при правительстве РФ, Агентства стратегических инициатив, региональных проектных офисов в субъектах РФ [19], с другой стороны, вводимые западными странами экономические санкции накладывают ограничения на импорт запасных частей, оборудования, агрегатов и

технологий, подталкивающие российские предприятия к дифференциации и диверсификации производства, что требует инвестиций и отбора наиболее привлекательных инвестиционных проектов [4].

### **Краткий обзор литературных источников по теме исследования**

Можно выделить три подхода к пониманию сущности инвестиционного проекта промышленного предприятия:

- как «обоснование экономической целесообразности, объема и сроков осуществления капитальных вложений» [18], данный подход отражает официальные требования законодательства РФ и утвержденные в установленном порядке стандарты, нормы и правила инвестирования для получения государственных вложений [36];
- как программа вложения денежных средств, приводящая к увеличению получаемых финансовых ресурсов в будущем [14];
- как бизнес-плана реализации любого начинания, нововведения для достижения поставленной цели, не обязательно коммерческой, обеспечивающей получение выгод [20].

Наличие обязательного временного лага между моментом вложения финансовых средств и их возврата и получения прибыли определяет основные фазы процесса инвестирования: прединвестиционную, инвестиционную и эксплуатационную.

Первая стадия инвестиционного процесса является ключевой как для инициатора проекта, так и для инвестора. Инициатор проекта проводит маркетинговые исследования, разрабатывает технико-экономическое обоснование проекта, осуществляет поиск поставщиков, подрядчиков и инвесторов проекта. Инвесторы на данной стадии оценивают эффективность разных инвестиционных проектов для выбора наиболее привлекательного, что требует вложений средств и времени в связи с необходимостью сбора и сравнительного анализа большого объема информации по альтернативным вариантам проектов. Актуальность темы исследования обоснована важностью использования инвестором на прединвестиционной стадии разработки проекта оптимальных с точки зрения затрат и получаемого результата программных решений, обеспечивающих оперативный и обоснованный выбор привлекательного для инвестирования проекта с минимизацией влияния человеческого фактора. Большинство авторов [8, 35, 37] сходятся во мнении, что для успешного проведения прединвестиционной стадии разработки проекта на предприятии должна быть сформирована информационная система поддержки принятия инвестиционных решений.

### **Системный подход к управлению инвестиционными проектами на предприятии**

Системный подход к управлению инвестиционными проектами на предприятии включает наличие «принципов, объекта, субъекта управления; инвестиционную политику предприятия, функции управления инвестициями, правовое, нормативное и информационное обеспечение, методы и инструменты управления» [9].

Согласно Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов [18] эффективность инвестиционного проекта представляет собой его соответствие поставленным целям, поэтому при отборе проектов нельзя оценивать только финансовую сторону, так как целями могут быть не только окупаемость

инвестиций и получение большей прибыли, но и изменение имиджа предприятия, расширение сферы деятельности или достижение превосходства над конкурентами. Поэтому методы анализа эффективности инвестиционных проектов должны позволять оценивать не только коммерческие показатели, но и социальные показатели эффективности.

Считаем, что оценка эффективности инвестиционных проектов для выбора наиболее привлекательных должна проводиться на основе следующих принципов:

- изучение особенностей проекта на протяжении всех этапов его жизненного цикла;
- моделирование движения всех денежных потоков, учет дополнительных затрат и поступлений в ходе осуществления проекта;
- сопоставление условий реализации разных проектов;
- учет интересов стейкхолдеров проекта;
- многоэтапность процесса оценки и выбора проекта;
- учет влияния инфляции, неопределенности и рисков.

В процессе изучения подходов российских авторов к классификации методов оценки эффективности инвестиционных проектов выявлено смешение понятий «методы оценки эффективности» и «показатели оценки эффективности» во многих научных работах [\[16, 37\]](#). Для целей исследования необходимо четко разграничить данные понятия. Метод представляет собой обобщенную совокупность приемов исследования, связанных с определенной теорией [\[17\]](#). Показатель – это «количественная характеристика какого-либо объекта» [\[5\]](#). Методы оценки эффективности в результате применения дают комплекс взаимосвязанных показателей, численное значение которых используется инвестором для сравнения привлекательности разных инвестиционных проектов.

Наиболее приемлемыми показателями в инвестиционной методологии являются критерии, основанные на методе дисконтирования, который учитывает стоимость денег во времени. Оценка эффективности инвестиционного проекта основана на определенной системе показателей, которые позволяют сопоставить полученные результаты от реализации проекта с инвестиционными затратами.

Для оценки эффективности долгосрочных инвестиционных проектов используются различные показатели, такие как:

- чистая текущая стоимость (NPV),
- индекс рентабельности (PI),
- период окупаемости с учетом дисконтирования (DPP),
- внутренняя норма рентабельности (IRR),
- модифицированная норма рентабельности (MIRR).

При выборе наиболее эффективного инвестиционного проекта для реализации можно использовать разные методики для расчета значений одних и тех же показателей, что приводит к противоречивым результатам. Чтобы решить эту проблему, необходимо осуществлять более тщательный отбор показателей сравнения и проводить детальный

анализ рисков на прединвестиционной стадии и во время реализации проекта. Это поможет выбрать наилучшую альтернативу из всех возможных вариантов, учитывая внешнее окружение и избегая искусственного представления желаемого проекта как действительно реально прибыльного.

При выборе привлекательного инвестиционного проекта эксперту, проводящему оценку, необходимо оценить степень вероятности возникновения рисков, среди рисков, связанных с финансированием инвестиционных проектов, Першин М.А. выделяет четыре группы: риски, связанные с этапом строительства объектов; риски, связанные с этапом эксплуатации объекта; риски, связанные с кредитоспособностью инициатора объекта; риски, связанные с совокупностью реализуемых проектов [33]. Первые две группы рисков сложно спрогнозировать на прединвестиционной стадии планирования проекта, в то время, как третью и четвертую группы возможно выявить и оценить на данном этапе при использовании соответствующих методов.

Профессор Козин М.Н. обосновывает важность применения интегральной методики оценки эффективности и выбора инвестиционного проекта [15]. По его мнению, все методики оценки эффективности инвестиционных проектов можно разделить на две группы: на основе системы четких критериев и на основе теории нечеткой логики и лингвистических переменных. Первая группа методов предполагает отбор конкретных показателей или критериев оценки эффективности из известных и активно используемых в науке и практике инвестирования (таких, как показатель чистого приведенного эффекта, показатель индекса рентабельности инвестиций, показатель дисконтируемого срока окупаемости инвестиций и других), значения рассчитанных показателей нормируются и приводятся к итоговому интегральному показателю по определенному алгоритму. Вторая группа методов учитывает неопределенность внешней среды и возможные риски проекта, используя методы нечеткой логики для определения причинно-следственной связи между «входом» и «выходом» процесса подготовки и реализации инвестиционного проекта, что требует сбора и анализа большого объема данных.

Другие авторы выделяют методы оценки эффективности инвестиционных проектов в группы по признаку динамики используемых показателей оценки: статические методы, предполагающие расчет рентабельности и срока окупаемости проекта, и динамические методы, учитывающие стоимость вложений во времени при использовании математического дисконтирования денежного потока проекта на основе расчета сложного процента [9, 14]. Проблемой применения динамичных методов является определение ставки дисконтирования, данный процесс носит субъективный характер; основа значения ставки дисконтирования – ключевая ставка рефинансирования Центробанка России, но на итоговое значение влияет ряд внутренних и внешних факторов: размер предприятия, ликвидность акций, опыт инвестирования, репутация управленческой команды, процент инфляции в экономике страны, этап жизненного цикла отрасли и другие. Увеличение ставки дисконтирования обеспечивает учет максимального числа рисков инвестирования, но приводит к снижению чистого приведенного дохода и индекса рентабельности проекта [32]. Чем шире диапазон значений ставки дисконтирования, при котором инвестиционный проект является окупаемым, тем больше «запас прочности» данного проекта.

При оценке экономической эффективности инвестиционных проектов предприятия могут воспользоваться услугами специализированных консалтинговых агентств, которые обладают интеллектуальными и информационными ресурсами для проведения

качественной экспертизы проектов, но данный вариант требует финансовых расходов и доступа к внутренней, подчас конфиденциальной, информации о финансовой деятельности инвестора, что является недопустимым для коммерческих предприятий. Более привлекательным выступает подход с приобретением программного обеспечения, позволяющего специалистам самого предприятия использовать методы оценки эффективности и выбора привлекательных инвестиционных проектов на основе использования возможностей программных продуктов.

### **Сравнительный анализ программных продуктов для оценки эффективности инвестиционных проектов**

Большинство программных решений, представленных на рынке программного обеспечения, представляют собой инструменты управления реализацией инвестиционных проектов, которые позволяют распределить ресурсы между исполнителями, отследить выполнение работ и исполнение бюджета на определенных этапах проекта, представить взаимосвязь между работами и их исполнителями. Но данные программные продукты не позволяют оценить экономическую эффективность проектов на прединвестиционной стадии, не дают инвестору информации для выбора наиболее успешного для реализации проекта, при этом они требуют достаточно полной интеграции с существующей корпоративной информационной системой предприятия для получения подробной информации из других информационных модулей, не связанных с реализуемым инвестиционным проектом, что является трудоемким и длительным процессом.

Систематизируем представленные на рынке программные решения для управления инвестиционными проектами, которые помогают автоматизировать и упрощать процессы управления проектами, по признаку применимости для анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов на предприятии на следующие группы:

- комплексное программное обеспечение, направленное на обеспечение эффективной работы всей информационной системы предприятия, данные программы включают функции по управлению инвестиционными проектами как встроенный модуль: SAP [\[29\]](#);
- программные решения, имеющие в качестве основного предназначения управление проектами, но не специализирующиеся на вопросах оценки эффективности разных инвестиционных проектов: Microsoft Project [\[26\]](#), 1С Управление проектами [\[23\]](#), Яндекс Трекер [\[30\]](#), Power Project [\[25\]](#), Primavera P6 [\[28\]](#), Jira [\[24\]](#);
- специализированное программное обеспечение, предназначенное исключительно для работы с инвестиционными проектами: Open Plan [\[27\]](#), пакет прикладных программ COMFAR [\[31\]](#), Project Expert [\[22\]](#), АльтИнвест [\[21\]](#).

В таблице 1 представлен сравнительный анализ программных продуктов для инвестиционного проектирования, представленных на рынке в настоящее время.

**Таблица 1 Сравнительный анализ программных решений для анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов**

Название программы	Основное предназначение	Преимущества	Недостатки
SAP ERP, новая версия - SAP S / 4HANA	Планирование ресурсов предприятия <a href="#">[1]</a>	Представлены все ключевые бизнес-функции предприятия,	Высокая цена и сложность внедрения в информационную

(Германия)		включая управление проектами. Наличие облачной и локальной версии.	систему предприятия. Жесткая модель используемых инструментов. Сложность при адаптации к конкретным бизнес-процессам организации.
Project Expert (Россия)	Разработка бизнес-планов и оценка инвестиционных проектов <a href="#">[32]</a>	Гибкость в использовании инструментов и методик инвестиционного анализа.  Учет инфляции при планировании объема инвестиций.  Удобный интерфейс в виде книги.	Зависимость результата использования программы от квалификации пользователя.  Слишком подробная детализация в расчетах.
Альт-Инвест Сумм (Россия)	Разработка и анализ инвестиционных проектов. Составление технико-экономического обоснования и бизнес-планов <a href="#">[6]</a>	Возможность одновременной разработки пакета инвестиционных проектов.  Возможность внесения изменений в алгоритмы расчетов («открытость» пакета).  Удобный интерфейс.	Использование возможностей только табличного редактора Excel.  Сложности при введении большого массива исходных данных.
Пакет прикладных программ COMFAR (Австрия)	Описание и расчет основных этапов инвестиционного проектирования <a href="#">[35]</a>	Универсальность расчетов для разных сфер и отраслей инвестирования.  Соответствие методики технической осуществимости проектов Организации Объединенных Наций по промышленному развитию.	Невозможность расчета налогов по отечественному законодательству.  Неудобный интерфейс.  Закрытость используемых алгоритмов расчета.
PROPSPIN (Австрия)	Предварительная оценка формирования финансового портфеля инвестиционного	Разработка нескольких сценариев для одного проекта.	Невозможность учета инфляции и других факторов внешней среды.  Ограниченнность

	проекта <a href="#">[3]</a>		длительности и количества проектов.
Microsoft Project (США)	Планирование ресурсов, отслеживание прогресса, управление бюджетом и создание отчетов по проектам любого типа <a href="#">[12]</a>	Многофункциональность, гибкость и интегрированность с другими приложениями компании-разработчика. Широкая поддержка сообщества пользователей.	Сложность в использовании непрофессиональными пользователями. Отсутствие обновления данных и отчетов в режиме реального времени. Высокая стоимость лицензирования. Наличие бесполезных функций. Ограниченные возможности совместной работы и коллaborации.
1С: Управление проектами (Россия)	Управление и автоматизация бизнес-процессов проектного управления на предприятии <a href="#">[2]</a>	Полная совместимость с другими продуктами 1С. Автоматизация всего документооборота проектного офиса. Полноценный учет российских требований и стандартов налогообложения и финансового учета.	Требуется настройка специалиста по 1С. Сложный интерфейс. Приоритет – финансовый учет проектной деятельности.
Power Project / ранее Asta Powerproject (Великобритания)	Управление проектами, формирование календарно-сетевых графиков и контроль их исполнения <a href="#">[34]</a>	Поддержка методики многоуровневого планирования. Интеграция с другими программными продуктами. Модульность предлагаемых решений.	Адаптирована в первую очередь для строительных проектов. Отсутствует интеграция с электронной почтой и другими шаблонами.
Primavera P6 / Oracle Primavera P6 (США)	Управление портфелем проектов <a href="#">[1, 11]</a>	Интеграция с большим количеством программных решений и другими системами управления предприятием. Высокая гибкость и масштабируемость.	Необходимость загрузки специальной базы данных для работы. Нет пробной версии. Отсутствует возможность сравнения проектов.

		Анализ рисков по методу Монте-Карло.	Высокая стоимость.
Яндекс Трекер (Россия)	Распределение ресурсов и контроль выполнения работ участниками проекта <a href="#">[10]</a>	Простой и интуитивно понятный интерфейс. Есть бесплатный тариф для индивидуальных пользователей и малых команд.  Наглядность информации и отчетов в виде дашбордов.	Неоперативная техническая поддержка. Отсутствует интеграция с бизнес-мессенджерами.  Задержка выполнения задач при переходе между проектами.
Jira (США)	Управление командной работой над проектом с использованием технологии Agile	Актуально для пользователей-программистов в связи с возможностью гибкого изменения настроек.  Невысокая цена.  Есть приложение для мобильных устройств.	Сложность в использовании неподготовленному пользователю.  Не подходит для сложных и крупных проектов.  Невысокое качество интерфейса.
Open Plan (США)	Календарное планирование ресурсов и контроль реализации проектов <a href="#">[7]</a>	Гибкое планирование ресурсов.  Единая система управления несколькими проектами на предприятии.  Анализ рисков по методу Монте-Карло.	Ограниченнная функциональность.  Высокая стоимость.  Сложность обучения пользователей.

Сформулируем характеристики, которыми должен обладать программный продукт для использования в процессе анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов:

- 1) Функциональность: программа должна предлагать широкий набор функций и инструментов, но в то же время необходимость в использовании конкретного набора функций требует наличия нескольких пакетов (вариантов) программы, имеющих разные возможности и стоимость.
- 2) Надежность и стабильность: программа должна работать стабильно при разных вариантах исходных данных, при этом важным является наличие круглосуточной технической поддержки на основе виртуального помощника или чат-бота.
- 3) Интерфейс и удобство использования: интерфейс должен быть интуитивно понятен и удобен в использовании даже неподготовленному пользователю, так как высокое юзабилити программы ускоряет работу с программой и снижает вероятность появления возможных ошибок при работе с программой пользователей.
- 4) Совместимость: программный продукт должен быть совместим с основными

программами управления коммерческой деятельностью предприятия, с российскими операционными системами и бухгалтерскими программами, необходимость конкретной операционной системы или специфического оборудования снижает универсальность программы.

5) Цена и лицензирование: демо-версия продукта должна распространяться бесплатно, сама программа должна распространяться с использованием нескольких тарифов для разных по сложности версий программы.

6) Техническая поддержка: необходимо обеспечить клиентскую поддержку на сайте разработчика, в социальных сетях, а также с помощью виртуальных помощников и чат-ботов, это может включать возможность получения помощи от команды разработчиков или доступа к обновлениям и исправлениям ошибок.

## **Выводы**

Управление инвестиционными проектами промышленных предприятий требует комплексного подхода и специфических навыков, объединяющих знания в области финансов, управления ресурсами, технологий и законодательства. Наиболее актуальным вопросом, требующим первостепенного исследования в сфере управления инвестиционным проектированием, является разработка нового или отбор оптимального для использования из имеющегося на рынке программного обеспечения, позволяющего автоматизировать, интеллектуализировать и ускорить процесс оценки эффективности инвестиционных проектов для выбора наиболее привлекательных в конкретных условиях хозяйствования. Сравнительный анализ преимуществ и недостатков существующих на рынке программных продуктов по инвестиционному проектированию позволил выявить сильные и слабые стороны предлагаемых программ и сформулировать важные характеристики и основные требования к разрабатываемому автором исследования программному комплексу по анализу и оценке эффективности инвестиционных проектов.

## **Библиография**

1. Акинфина М. А. Управление затратами по мероприятиям инвестиционного проекта с использованием SAP ERP // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25-26 сентября 2014 г. Минск: БГЭУ, 2014. Т.2. С. 261-262.
2. Асенова З. Т. Применение зарубежного опыта управления проектами в российской практике // Экономические науки. 2018. № 1(46). С. 37-41.
3. Беляев С. Н. Инвестиционный анализ с использованием программных продуктов // Альманах современной науки и образования. 2011. № 5 (48). С. 142-143.
4. Бурлин Е. Б. Оценка инвестиционной привлекательности корпорации // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № S1. URL:<https://esj.today/PDF/33FAVN123.pdf> (дата обращения: 12.07.2023).
5. Бычкова А. Н. Ключевые категории экономического анализа: экономический показатель // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2019. Т. 17. № 3. С. 17-28. DOI: 10.25513/1812-3988.2019.17(3).17-28.
6. Воеводина О. В. Эффективность применения программы «Альт-Инвест Сумм» при разработке инвестиционных проектов // Экономика и управление в XXI: тенденции развития. 2013. № 9. С.193-197.
7. Воробович Н. П., Семенов О. Ю. Программные пакеты, предназначенные для управления проектами // Вестник Красноярского государственного аграрного

- университета. 2009. № 11. С. 3-6.
8. Гнедаш Е. В. Информационная система поддержки принятия инвестиционных решений для руководителей предприятий // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной научной конференции, Томск, 23-26 мая 2016 г. Томск : Изд-во ТПУ, 2016. Ч. 1. С. 152-156.
9. Горловская И. Г., Мизя М. С. Системное управление инвестициями промышленного предприятия // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2012. № 3. С. 167-173.
10. Горячkin Б.С., Семенов А.А. Эргономический анализ сервиса «Яндекс Трекер» // E-Scio. 2020. № 3 (42). С. 607-619.
11. Грахов В. П., Мохнатчев С. А., Кислякова Ю. Г., Лоншакова А. А. Контроль хода строительства с помощью интеграции PRIMAVERA P6 и изображений веб-камеры // Современные научноемкие технологии. 2016. № 2. С. 421-424.
12. Девисенко Д. А., Кучер Т. В. Применение Microsoft Project для планирования проектов // Материалы всеукраинской студенческой научно-технической конференции (с международным участием): сборник научных трудов студентов, магистров, аспирантов и преподавателей. Донецк, 22-23 апреля 2020 г. Донецк: ДонНТУ, 2010. С. 105-10.
13. Дрынова И. В. Проблемы и перспективы создания автоматизированных информационных систем управления инвестиционными проектами // Актуальные вопросы современной науки. 2010. № 13. С. 77-84.
14. Зимин В. А. Инвестиционный проект: его финансирование и эффективность // Теория и практика общественного развития. 2013. № 3. С. 209-211.
15. Козин М. Н., Астаркина Н. Р. Интегральная методика оценки эффективности и выбора инвестиционного проекта на предприятиях малого и среднего бизнеса // Аудит и финансовый анализ. 2010. № 2. С. 1-7.
16. Лебедев И. А., Прасолов В. И. Методы оценки эффективности инвестиционных проектов // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 6. URL:<https://esj.today/PDF/81ECVN622.pdf> (дата обращения: 08.07.2023).
17. Манушин Д. В. Уточнение понятия «методология» // Международный бухгалтерский учет. 2016. № 16. С. 41-60.
18. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная) (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. N ВК 477). URL:<https://base.garant.ru/2320803> (дата обращения: 03.07.2023).
19. Миргалеева И. В. Проектное управление в развитии российских промышленных предприятий // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 3. № 11 (131). С. 195-202.
20. Однокоз, В. Г. Сущность и классификация инвестиционных проектов // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2015. № 2 (41). С. 30-34.
21. Официальный сайт компании «Альт-Инвест». URL:<https://www.alt-invest.ru/program/alt-invest-summ/> (дата обращения: 10.10.2023).
22. Официальный сайт компании «Эксперт Системс». URL:<https://www.expert-systems.com/financial/pe/> (дата обращения: 10.10.2023).
23. Официальный сайт компании 1С. URL:<https://solutions.1c.ru/catalog/pm-prof/features> (дата обращения: 10.10.2023).

24. Официальный сайт компании Atlassian.  
URL:<https://www.atlassian.com/ru/software/jira> (дата обращения: 10.10.2023).
25. Официальный сайт компании Elecosoft.  
URL:<https://elecosoft.com/products/asta/asta-powerproject/> (дата обращения: 10.10.2023).
26. Официальный сайт компании Microsoft. URL:<https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/project/project-management-software> (дата обращения: 10.10.2023).
27. Официальный сайт компании OpenPlan Systems. URL:<https://openplan.com/about-us/> (дата обращения: 10.10.2023).
28. Официальный сайт компании Oracle. URL:<https://www.oracle.com/cis/construction-engineering/primavera-p6/> (дата обращения: 10.10.2023).
29. Официальный сайт компании SAP. URL:<https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/erp.html> (дата обращения: 10.10.2023).
30. Официальный сайт компании Яндекс. URL:<https://tracker.yandex.ru> (дата обращения: 10.10.2023).
31. Официальный сайт Организации Объединенных Наций по промышленному развитию. URL:<https://www.unido.org/resources-publications-publications-type/comfar-software> (дата обращения: 10.10.2023).
32. Патрусова А. М., Сыготина М. В., Планкова Ю. В., Mooi E. Применение методов информационного менеджмента для оценки эффективности инвестиционных ИТ-проектов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 4(24). С. 62-67.
33. Першин М. А. Методы и подходы для снижения рисков, связанных с вложениями в инвестиционные проекты // Вестник Евразийской науки. 2022. № 1.  
URL:<https://esj.today/PDF/04ECVN122.pdf> (дата обращения: 10.07.2023).
34. Резанов М., Грибко В. В. Организация эффективного календарно-сетевого планирования на крупном судостроительном предприятии // Рациональное управление предприятием. 2021. № 3-4. С. 30-32.
35. Рыскелди Ж. Применение информационных технологий в анализе эффективности инвестиционной деятельности // Молодой ученый. 2020. №16(306). С. 20-22.
36. Федеральный закон от 25 февраля 1999 г. № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляющей в форме капитальных вложений» (с изменениями и дополнениями). URL:<https://base.garant.ru/12114699/> (дата обращения: 12.07.2023).
37. Шориков А. Ф., Буценко Е. Ф., Тюлюкин В. А. Интеллектуальная компьютерная система поддержки принятия решений для оптимизации управления процессами инвестиционного анализа и проектирования // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2018. Том 17. № 4. С. 690-706.

## **Результаты процедуры рецензирования статьи**

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.*

*Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).*

Предмет исследования. Статья посвящена, исходя из названия, должна быть посвящена системному анализу инструментария и программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов. Содержание статьи, в целом, соответствует заявленной теме. Методология исследования базируется на анализе и синтезе данных относительно программных решений по оценке эффективности инвестиционных проектов. При этом при

проводении доработки статьи рекомендуется обратить внимание на статистику применения указанных приложений. Это позволило обеспечить результаты исследования, демонстрирующую практику использования каждого программного продукта. Также было интересно узнать о наличии корреляции между преимуществами, недостатками каждого продукта и практикой их использования.

Актуальность проведения системного анализа инструментария и программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов не вызывает сомнения, т.к. для обеспечения экономического развития Российской Федерации требуется реализация инвестиционных проектов. При этом крайне важно, чтобы максимальная часть из них была успешно воплощена, поэтому крайне важно оценивать эффективность инвестиционных проектов. Особое внимание следует обратить на то, что результаты данной оценки могут быть использованы при осуществлении государственных и муниципальных расходов на указанные цели.

Научная новизна в представленных на рецензирование материалах присутствует. Например, она связана с таблицей 1, где представлены результаты сравнительного анализа программных решений для анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов.

Стиль, структура, содержание. Стиль изложения научный. Структура статьи автором выстроена, позволяет раскрыть выбранную тему исследования. При этом рекомендуется также добавить раздел «Методы и условия исследования», чтобы было понятно, как именно автор проводил данное научное исследование. Ознакомление с содержанием статьи позволяет сделать вывод о том, что автором был проведён сравнительный анализ программных решений для оценки эффективности инвестиционных проектов, были определены преимущества и недостатки. Также интерес представляют характеристики, которыми должен обладать программный продукт для использования в процессе анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов. Однако как именно их следует использовать? Возможно у автора есть предложение по макету требуемого программного продукта? Потому что ряд указанных характеристик приводятся в очень общем виде. Например, указано, что «интерфейс должен быть интуитивно понятен и удобен в использовании даже неподготовленному пользователю». Что значит должен быть интуитивно понятен? Было бы хорошо увидеть конкретный пример понятного интерфейса. Было бы также грамотно указать потенциальных пользователей полученных результатов исследования.

Библиография. Библиографический список состоит из 37 источников. Ценно, что автор изучил достаточно большое количество публикаций, а также указал электронные ресурсы. При этом, обращает на себя внимание факт отсутствия зарубежных научных публикаций. При проведении доработки статьи рекомендуется также дополнить источниками числовых данных, которые будут использованы для обоснования авторских выводов и рекомендаций.

Апелляция к оппонентам. Несмотря на сформированный список литературы и проведенный его анализ во вступительной части статьи, к сожалению, какой-либо научной дискуссии относительно полученных результатов не выстроено. При проведении доработки статьи автору следует обязательно обсудить полученные научные результаты с итогами исследований, содержащимися в трудах других авторов.

Выводы, интерес читательской аудитории. С учётом всего вышеизложенного заключаем о необходимости доработки статьи, после проведения которой может быть положительно рассмотрен вопрос об опубликовании научной статьи. Статья будет представлять интерес для широкого круга читательской аудитории, особенно при полном учёте указанных в тексте рецензии замечаний.

**Программные системы и вычислительные методы***Правильная ссылка на статью:*

Димитриченко Д.П. — Оптимизация рекуррентной нейронной сети при помощи автоматов с переменной структурой // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 30 - 43. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.69011 EDN: FEIPTC URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69011](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69011)

**Оптимизация рекуррентной нейронной сети при помощи автоматов с переменной структурой****Димитриченко Дмитрий Петрович**

кандидат технических наук

научный сотрудник, Институт прикладной математики и автоматизации

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89а

✉ dimdp@rambler.ru

Статья из рубрики "Базы знаний, интеллектуальные системы, экспертные системы, системы поддержки принятия решений"

**DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.69011

**EDN:**

FEIPTC

**Дата направления статьи в редакцию:**

13-11-2023

**Дата публикации:**

20-11-2023

**Аннотация:** Предметом исследования настоящей работы является выявление совокупности общих структурных свойств, присущих рекуррентным нейронным сетям и стохастическим автоматам, особенностью которых является целенаправленное поведение в динамических средах. При этом, выявляется необходимая общность свойств как в процессе их функционирования, так и в процессе их обучения (настройки). Автор подробно рассматривает такие аспекты темы, как: формализация целенаправленного поведения, рассмотрение конструкции автоматов, такое поведение обеспечивающих, а также, сравнительный анализ рассмотренных конструкций автоматов. Из выявленной общности функционирования и установленного взаимно однозначного соответствия нейронов полносвязной рекуррентной нейронной сети и состояний вероятностного

автомата с переменной структурой вытекает возможность рассмотрения структуры настроенного стохастического автомата в качестве эталона для совокупности связей рекуррентной нейронной сети. Это приводит еще на этапе настройки к удалению избыточных состояний (нейронов) и связей между ними, опираясь на параметры соответствующего автомата. Методологией проведенного исследования является построение взаимно однозначного соответствия между нейронами полносвязной рекуррентной нейронной сети и актуальными после процесса настройки внутренними состояниями автомата с переменной структурой и вероятностями переходов между ними. При взаимно однозначном соответствии вероятности переходов автомата соответствуют весам связей между нейронами оптимальной конфигурации. Основные выводы проведенного исследования: 1. Сопоставление структур рекуррентных нейронных сетей и автоматов с переменной структурой позволяет воспользоваться преимуществами автомата с переменной структурой для решения задачи целесообразного поведения в динамических средах и построить на его основе рекуррентную нейронную сеть; 2. Соответствие внутренней структуры рекуррентной нейронной сети и автомата с переменной структурой позволяет уже на этапе обучения высвобождать обучаемую рекуррентную нейронную сеть от избыточных нейронов и избыточных связей в ее структуре; 3. В силу того, что автомат с переменной структурой приближается в процессе настройки к оптимальному для данных условий автомatu с линейной тактикой при нелинейных значениях скорости обучения, то это позволяет провести логический анализ структуры итоговой рекуррентной нейронной сети.

**Ключевые слова:**

Нейрон, временная последовательность, контекст, задача управления, целесообразное поведение, линейная тактика, матрица вероятностей, марковская цепь, автомат, рекуррентная нейронная сеть

**Введение**

Потребность решения задач, связанных с распознаванием образов, диагностикой ситуаций и состояний сложных систем, деления объектов на классы и проведение кластеризации данных [1-5], а так же задачи прогнозирования и управления [6], привела к созданию огромного разнообразия типов нейронных сетей.

Различные типы применяемых на практике нейронных сетей определяют и область их целесообразного применения, и процедуры их обучения.

Распространенным примером нейронной сети является однослойный персептрон [1-3], состоящий из фиксированного числа нейронов. Число нейронов обусловлено количеством классов распознаваемых объектов. На вход каждого из этих нейронов подаются данные: числа, например, пикселей оцифрованного изображения. Входы каждого из представленных нейронов взвешиваются положительными, или отрицательными числами. Нейроны обладают степенью чувствительности: пороговой функцией, или, чаще всего, заменяющей ее гладкой, дифференцируемой функцией, в качестве которой довольно часто выступают, либо сигмоида, либо гипертанганс. На выходе формируется ответ нейронной сети, как правило, единица на выходе нейрона с номером того класса, о принадлежности к которому он сигнализирует.

Усложнение достаточно простой архитектуры привело, в конце концов, к появлению

многослойных

сверточных сетей (сетей глубокого обучения).

Практика показала, что выбор топологии нейронной сети, как правило, связан со спецификой поставленной задачи.

После вопроса о выборе актуальной топологии для решения поставленной задачи, возникает вопрос о количестве слоев и нейронов в каждом слое.

Теоретически число слоев и число нейронов в каждом слое может быть произвольным, однако фактически оно ограничено ресурсами компьютера или специализированной микросхемы, т. е. особенностями той вычислительной среды, на основе которой предполагается реализация нейронной сети. При этом, сохраняется эмпирическая закономерность: чем сложнее конструируемая нейронная сеть, тем большую по сложности задачу способна решать искомая сеть.

Разработчику нейронной сети приходится, при этом, руководствоваться несколькими основополагающими принципами:

1. Возможности сети возрастают с увеличением числа нейронов, составляющих эту сеть, плотности связей между ними и числом выделенных слоев;
- 2 . Введение обратных связей наряду с увеличением возможностей сети поднимает вопрос о динамической устойчивости сети в целом;
- 3 . Сложность алгоритмов функционирования сети (в том числе, например, введение нескольких типов синапсов – возбуждающих, тормозящих и сохраняющих константные значения) также способствует усилению качества решаемой задачи;
- 4 . Усложнение нейронной сети приводит к нелинейному увеличению вычислительных затрат на ее обучение и функционирование.

Следующим фактором, влияющим на качество получаемых нейронной сетью решений является репрезентативность обучающей выборки.

Нейронная сеть обучается ровно тем закономерностям в данных, которые содержатся (возможно в неявной форме) в обучающей выборке, поэтому несущественные, или содержащие ошибки примеры также будут усвоены нейронной сетью, как правильные и эталонные, что также окажет влияние на получаемый результат.

На этапе обучения нейронной сети кроме важности качества подбора репрезентативных данных значимую роль играет время обучения нейронной сети. Длительность обучения может потребовать значительных ресурсов, а недостаточное время обучения не позволит нейронной сети зафиксировать существенные и важные закономерности, содержащиеся в обучающей выборке, пусть даже репрезентативной, с корректным подбором эталонных примеров.

Существуют два фундаментальных принципа обучения (настройки) нейронной сети:

1. Усиление, или ослабление связи между нейронами при помощи изменения весов;
- 2 . Изменение топологии нейронной сети при помощи мультииндексов (конструктивные методы обучения нейронных сетей) [\[7\]](#).

От того, насколько качественно будет выполнен этап обучения нейронной сети, зависит

способность сети решать поставленные перед ней задачи во время ее непосредственного, целевого (эксплуатационного) функционирования.

Обучение нейронной сети может вестись с учителем или без него. В первом случае сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей так, чтобы эталонные состояния входов соответствовали ожидаемым значениям выходных нейронов. Во втором случае выходы нейронной сети формируются самостоятельно, а веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

Поскольку репрезентативная обучающая выборка содержит знания об актуальной предметной области в явном (выбранных экспертом эталонных правил), и неявном (в виде сигналов окружающей среды при обучении без учителя) виде, то существенно важным является вопрос о логической интерпретации решений, получаемых корректно функционирующей нейронной сетью. Наличие таких логических правил позволило бы в явном виде описать закономерности рассматриваемой предметной области.

Одним из подходов к решению данного вопроса являются логические нейронные сети [\[8,9\]](#).

Несмотря на перечисленное разнообразие нейросетевых архитектур и способах их обучения, общим принципом является тот факт, что и входные, и выходные данные имеют фиксированный размер входного и выходного векторов.

Это, в свою очередь, накладывает известные ограничения на число классов и, например, разрешающую способность анализируемых изображений.

С другой стороны, обязательным требованием эффективности работы алгоритма обучения, например, алгоритма обратного распространения ошибки является условие организации случайной последовательности эталонных векторов, подаваемых во время очередной эпохи обучения.

Когда требуется проанализировать процесс последовательного получения данных, для которого существенным условием является порядок размещения этих данных в рассматриваемой последовательности, целесообразным решением является применение рекуррентных нейронных сетей [\[10,11\]](#).

В этом случае на вход нейронной сети подаются не только текущие (анализируемые) данные, но и данные о состоянии самой нейронной сети, полученные на предыдущем шаге функционирования.

Последнее условие позволяет организовать учет эффекта памяти, или контекста информации, что имеет огромное значение для анализа временных последовательностей.

Первой подобной сетью была сеть Хопфилда, которая позволяла организовать ассоциативную ячейку памяти [\[11\]](#).

Такая сеть обучалась методом обратного распространения ошибки и позволяла по зашумленным данным, подаваемым на вход, получать значение эталонного образца.

Дальнейшим шагом явилось появление сетей Элмана, которые могли классифицировать сдвиги данных во времени, относя подобные образцы к одному классу эталонных

объектов.

Практика показала [10, 11], что рекуррентные нейронные сети хорошо справляются с обработкой данных, представимых в виде некоторого временного ряда (временной последовательности)  $x(t)$ ,  $t: 0, \dots, T$ , с учетом важности выделения контекста.

Такое свойство позволяет решать следующие интеллектуальные задачи:

1. Построение языковой модели;
2. Частотный анализ данных;
3. Модели акцентирования внимания;
4. Распознавание деталей на изображении с опорой на контекст и окружение;
5. Решение задачи управления для построения системы оптимальных реакций на события окружающей среды.

Построение языковой модели основано на анализе (в простейшем виде) парных сочетаний слов.

Построение частотной модели позволяет распространить принцип Марковских цепей на более сложные случаи.

Построение модели внимания позволяет отыскивать в структуре временных рядов наиболее важные (значимые) данные, относя остальные к категории второстепенных.

Классификация деталей на изображении с учетом контекста и окружения позволяет выстраивать более точные модели распознавания.

Решение задачи управления с привлечением контекста связано с тем, что в сходных ситуациях, как правило, требуется подавать сходные управляющие команды на исполнительные механизмы, что существенно облегчает процесс обучения. Наличие контекста позволяет маркировать ситуации по степени их сходства.

Последний аспект делает предпочтительным применение рекуррентных нейронных сетей в задачах управления, что выделяет этот тип нейронных сетей большей скоростью обучения и лучшей выразительностью получаемого результата.

В настоящей работе предлагается решение задачи управления при помощи рекуррентной нейронной сети.

Основой для ее конструирования в обученном состоянии является стохастический автомат с переменной структурой.

Представление рекуррентной нейронной сети в виде стохастического автомата и использование в качестве процедуры обучения, применяемого для настройки этого автомата алгоритма обучения с подкреплением позволяет:

1. Минимизировать структуру рекуррентной нейронной сети;
2. Устранить, в случае необходимости, избыточные нейроны;
3. Сформировать структуру рекуррентной нейронной сети, наиболее полно отвечающей структуре временной последовательности данных.

### Задача о формализации целенаправленного поведения

Нейронные сети и рассмотренные ниже линейные и стохастические автоматы имеют много общего: биологические прототипы, математически обоснованную общность, экспериментально подтвержденные положительные результаты функционирования.

Это позволит перенести результаты работы алгоритма настройки стохастического автомата для построения оптимальной конфигурации (в рамках заданной предметной области) рекуррентной нейронной сети.

Приведем формальное описание автомата:

**X = x<sub>1</sub>, ..., x<sub>k</sub>** – множество сигналов, поступающих от окружающей среды на входы автомата (входной алфавит).

**D = d<sub>1</sub>, ..., d<sub>m</sub>** – совокупность действий автомата, которые он способен выполнить при помощи своих исполнительных механизмов (выходной алфавит).

**S = s<sub>1</sub>, ..., s<sub>n</sub>, 2 <= n <= m** – конечное множество внутренних состояний автомата (внутренний алфавит).

В общем случае количество внутренних состояний автомата и потенциально возможных действий, оказывающих влияние на окружающую среду могут не совпадать, тогда несколько состояний могут соответствовать одному действию.

Правила функционирования автомата в дискретные моменты времени однозначным образом задаются двумя функциями:

Функцией переходов внутренних состояний: **st+1 = F(st,xt)**, и начальным внутренним состоянием в нулевой момент времени: **s0 = S(t0)**.

Функцией зависимости выходных сигналов (действий) от внутренних состояний: **dt = G(st)**. При этом, совершенно не обязательно, чтобы различным состояниям соответствовали различные действия.

При **n = 1** – это будет тривиальный автомат с единственным не переключаемым внутренним состоянием **s = s<sub>1</sub>**, осуществляющим единственное действие **d = d<sub>1</sub>** вне зависимости от сигнала на его рецепторах.

Мы будем рассматривать автоматы, как кибернетические устройства, способные реализовывать ту, или иную стратегию поведения. Анализ поведения автоматов успешно формализуется при помощи аппарата теории игр [\[12\]](#). Этот выбор обуславливается тем, что теория игр позволяет легко создавать формальные системы правил (конструируемые окружающие среды с предсказуемой ответной реакцией) и последствия выборов в терминах выигрыша и проигрыша, что на язык автоматов легко переносится как «Поощрение» и «Наказание» за выбранные действия.

В отличие от игрока-человека автоматы не располагают эмпирическими знаниями о правилах той, или иной игры (законах выбранной «окружающей среды»).

Это свойство позволяет проводить сравнение степени целесообразности поведения автоматов различных в рамках единой шкалы оценок, как более, или менее результативных игроков.

Простейшей игровой системой, хорошо исследованной в биологических опытах, является

модель Т-образного лабиринта.

Стратегии поведения в модели Т-образного лабиринта описываются двумя возможными действиями автомата, или животного в эксперименте Торндайка:

**D = d1** – «Левое ответвление»

**d2** – «Правое ответвление».

Результат сделанного выбора воспринимается животным, или фиксируется автоматом одним из двух возможных проявлений окружающей среды:

**X = x1** – «Штраф»

**x2** – «вознаграждение».

С каждым из указанных действий сопряжена своя, заданная вероятность наказания (поощрения) изначально автомatu неизвестная.

Требуется найти конструкцию автомата, обеспечивающую нахождение наиболее целесообразного действия, т. е. связанного с минимальной величиной штрафа (или максимальной величиной поощрения).

Такие конструкции автоматов были найдены М. Л. Цетлиным и его последователями [\[13-16\]](#).

Модели среды и конструкции автоматов

Окружающая среда **E**, в которой с течением времени вероятности получения поощрения и наказания за выбранные действия остаются постоянными, называется стационарной.

Для описания стационарной окружающей среды, для каждого из **m** действий задается пара значений вероятностей: поощрения **p** и наказания **1 - p**.

Таким образом, для формального задания стационарной окружающей среды достаточно задать **m**-компонентный вектор вероятностей:

**E = e1, ..., em = p1, ..., pm.**

Для нахождения оптимального действия в такой стационарной среде Е М. Л. Цетлиным была предложена конструкция автомата с линейной тактикой.

Такой автомат в соответствии с доказанной им теоремой почти никогда не покидает найденного оптимального действия, выбирая его так, как если бы он знал о соответствующей этому действию максимальной вероятности поощрения.

Количество **q** последовательных состояний, закрепленных за определенным действием называется глубиной памяти автомата. Чем больше **q**, тем более инерционен автомат, а значит, тем большая суммарная величина (последовательность) штрафов вынуждает его к смене действий.

Большинство моделей окружающей среды Е по необходимости должны включать в себя фактор времени.

Для этих целей конструируется динамическая окружающая среда в общем случае представляющая собой Марковскую цепь стационарных сред.

Динамическая среда формируется из множества стационарных сред  $e_1, e_2, \dots, e_l$ , состоящих из  $m$  действий  $d_1, d_2, \dots, d_m$  каждая, характеризующиеся своими собственными вероятностями штрафов (поощрений).

Переключение между  $I$  стационарными средами осуществляется в соответствии с матрицей вероятностей, задающих соответствующую Цепь Маркова:  $P = p_{ij}$  размерности  $I \times I, i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, I$ .

В данном случае, элемент матрицы  $p_{ij}$  равен вероятности переключения среды  $e_i$  на среду  $e_j$  в текущий момент времени  $t$ .

Очевидно, что в этих условиях действие, оптимальное в рамках одной стационарной среды, например,  $e_1$  окажется неоптимальным в среде  $e_2$ , в результате чего автомат должен будет переключиться на другое оптимальное в новой среде  $e_2$  действие. Факт переключения с одной стационарной среды на другую для автомата также остается неизвестным.

Теорема о том, что для стационарной среды  $E$  увеличение глубины памяти  $q$  автомата с линейной тактикой асимптотически приближает его к величине  $\min(p)$  минимуму величины штрафа [13], в условиях динамической среды не верен.

Оптимальное значение  $q$  не может быть получено аналитически [16], и отыскивается только путем выполнения вычислительных экспериментов. В этом случае по оси  $X$  откладываются значения глубины памяти  $q$  автомата с линейной тактикой, а по оси  $Y$  – соответствующие значения математического ожидания ошибки за фиксированное число итераций, например, 10000. Качественный результат состоит в том, что при малых значениях  $q$  автомат переключается с одного действия на другое слишком часто, не успевая «запомнить» оптимальное действие. Рост глубины памяти  $q$  приводит к уменьшению величины ошибки, затем с ростом  $q$  это значение падает: автомат становится инертным для данной динамической среды, «все время опаздывая», слишком долго задерживаясь на выполнении действия, которое при переключении сред перестает быть эффективным.

Закономерно возник вопрос о существовании автомата, который, функционируя в динамической среде самостоятельно подстраивался бы под ее условия, без необходимости прибегать к процедуре подбора глубины памяти  $q$  для каждого случая динамической среды, порожденной соответствующей Цепью Маркова. Такой вероятностный автомат был предложен В.И. Варшавским [15].

### **Автомат с переменной структурой**

Автомат с переменной структурой задается в матричной форме.

Число матриц равно количеству входных сигналов  $p = P_1, \dots, P_k$ , каждая из которых определяет вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  при наличии на входе автомата сигнала  $x_1, \dots, x_k$ .

Размерность каждой матрицы  $P = P(n, n) = n^2$ , где  $n$  – число внутренних состояний автомата. Элементы матриц  $P_1, \dots, P_k$  удовлетворяют следующим условиям:

- Значение любого элемента матрицы  $P$  заключено в сегменте значений [0, 1].
- 2. Сумма строк (или столбцов) любой из матриц  $P_1, \dots, P_k$  равна единице.

В исходном состоянии и на любом шаге алгоритма все матрицы автомата должны соответствовать указанным условиям стохастичности.

Направленность действий алгоритма состоит в том, чтобы в процессе функционирования автомата с переменной структурой понижать вероятности переходов, приносящие автомatu штраф и повышать вероятности переходов, приносящие ему поощрения.

Пусть множество входных сигналов **X** состоит из двух элементов **x1** и **x2** равных соответственно «Штраф» и «Вознаграждение», поэтому такой автомат будет определяться двумя матрицами **P-** и **P+**. В качестве примера рассмотрим случай, когда автомат, состоит из 4 состояний **s1, s2, s3, s4** и двух действий, каждое из которых закреплено за своим, отличным от другого, подмножеством состояний: **d1(s1, s2)** и **d2(s3, s4)**.

В начальный момент времени матрицы **P+** и **P-** содержат равновероятные значения переходов между любыми двумя парами состояний.

Начальное состояние равно **s1**, начальный сигнал на входе + 1 т. е. текущая обрабатываемая матрица автомата - **P+**.

В начальный момент времени матрицы **P+** **P-** имеют следующий вид, характеризуя равновероятные переходы:

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

В начальный момент времени выбор будет сделан по первой строке матрицы **P+**, Так как начальное состояние автомата равно **s1**. Пусть при помощи генератора случайных чисел был определен переход **s1 s4**. Состоянию **s4** соответствует действие **d2**. Действие **d2** определило реакцию окружающей среды «Штраф»=-1. Следовательно переход **s1s4** и связанное с ним действие **d2** для автомата являются неблагоприятными. Поэтому значение вероятности **p+14** должно быть понижено, например, на величину 0.03.

Для сохранения условий стохастичности матрицы **P+**, остальные значения вероятностей в первой строке должны быть увеличены на соответствующие значения.

Матрица **P+** примет следующий вид:

0.26, 0.26, 0.26, 0.22

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

Поскольку автомат получил на вход сигнал штрафа, то следующий переход он будет выполнять в соответствии с текущим состоянием **s4**, пользуясь значениями четвертой строки матрицы **P-**. Пусть был сделан переход **s4 s2**. При этом было выполнено соответствующее действие **d1**. При этом автомат получил поощрение +1.

Такой переход расценивается автомтом, как положительный, следовательно, вероятность перехода **p-42** будет увеличена, а прочие элементы четвертой строки

матрицы  $\mathbf{P}$ - соответствующим образом уменьшены.

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.25, 0.25, 0.25, 0.25

0.24, 0.28, 0.24, 0.24

Аналогично выполняются последующие шаги по настройке стохастического автомата.

Скорость обучения автомата естественным образом зависит от величины изменения весов указанных матриц, определяя эту скорость.

Линейные законы, т. е. константное значение изменения вероятностей переходов в матрицах  $\mathbf{P}+$  и  $\mathbf{P}-$ , не всегда приводят к оптимальным конструкциям, подобным автоматам В. И. Кринского или Г. Роббинса [\[16\]](#).

Если ввести нелинейное изменение элементов указанных матриц, то исходные матрицы с равными вероятностями переходов постепенно сходятся к матрицам из нулей и единиц, соответствующих автомата с линейной тактикой и оптимальной глубиной памяти  $q^*$  для заданной динамической среды.

Приведем [\[16\]](#) имеющий важное значение вывод о сравнении функционирования автомата с линейной тактикой и автомата с изменяющейся структурой:

- Автоматы одинаковых конструкций в парных матричных играх в основном играют вничью, причем каждый из них, как правило, добивается максимально возможного в данных конкретных условиях выигрыша.
- При игре двух отличающихся друг от друга стохастических автоматов с переменной структурой небольшими преимуществами обладает тот, у которого меньше величина коэффициента обучения и относительно меньшее число состояний.
- В игре двух автоматов, один из которых стохастический с переменной структурой, а второй — с линейной тактикой, «переигрывает», как правило, стохастический автомат с переменной структурой независимо от емкости памяти автомата с линейной тактикой.

Последнее обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что в стационарных случайных средах автомат с изменяющейся структурой функционирует не хуже автомата с линейной тактикой, асимптотически приближаясь к группе состояний, сопряженных с наилучшим действием в рамках данной стационарной среды  $E$ .

Так как в случае игры двух автоматов: автомата с линейной тактикой и автомата с переменной структурой, переигрывает автомат с переменной структурой, то этот факт свидетельствует о более высоких адаптивных качествах последнего, по сравнению с автоматом, характеризующимся фиксированной глубиной памяти.

### **Построение рекуррентной нейронной сети**

Для того, чтобы воспользоваться приведенными выше результатами, необходимо построить рекуррентную нейронную сеть, являющуюся эквивалентом автомата с переменной структурой.

Для этого докажем следующее утверждение:

Утверждение. Существует взаимно однозначное соответствие между Рекуррентной нейронной сетью и структурой соответствующего вероятностного автомата, предназначенного для организации целесообразного поведения в заданной динамической стационарной среде, соответствующей некоторой Цепи Маркова.

Доказательство проводится конструктивным методом основой которого является взаимно однозначное соответствие между нейронами конструируемой рекуррентной нейронной сети и заданными состояниями автомата с переменной структурой. В этом случае, вероятности переходов между состояниями автомата являются весами связей между нейронами искомой рекуррентной нейронной сети.

Из способа доказательства вытекает и алгоритм конструирования рекуррентной нейронной сети по исходной совокупности внутренних состояний и матриц переходов автомата с переменной структурой.

**Следствие 1.** Положительные качества и преимущества стохастического автомата по сравнению с автоматом с линейной тактикой автоматически переносятся на соответствующую ему рекуррентную нейронную сеть.

**Следствие 2.** Опираясь на доказанное утверждение и на тот факт, что автомат с линейной тактикой соответствует некоторой заранее обученной нейронной сети, можно видеть, что рекуррентная нейронная сеть, соответствующая автомatu с переменной структурой будет иметь преимущество перед нейронной сетью с фиксированной структурой при работе с временными рядами (временными последовательностями), так как фиксированная нейронная сеть обучалась на конечном отрезке временного ряда, а рекуррентная нейронная сеть с переменной структурой всякий раз подстраивается под локальные показатели временного ряда, которые могли не попасть в исходную обучающую выборку.

## Заключение

Основными выводами проведенного исследования являются:

Рекуррентные нейронные сети являются эффективным методом анализа контекстно зависимых данных основой для которых выступают временные последовательности.

Формализация контекста в виде некоторого внутреннего состояния позволяет сопоставить функционирование такой нейронной сети с соответствующим этой сети вероятностным автомatom с переменной структурой и текущей совокупностью связей между его состояниями;

Это позволяет воспользоваться преимуществами автомата с переменной структурой для решения задачи целесообразного поведения в динамических средах и построить на его основе рекуррентную нейронную сеть.

Соответствие внутренней структуры рекуррентной нейронной сети и автомата с переменной структурой позволяет уже на этапе обучения высвобождать обучаемую рекуррентную нейронную сеть от избыточных нейронов и связей в ее структуре.

Так как автомatom с переменной структурой приближается в процессе настройки к оптимальному для данных условий автомatom с линейной тактикой при нелинейных значениях скорости обучения, то это позволяет провести логический анализ структуры итоговой рекуррентной нейронной сети.

## Библиография

1. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск.: Наука. Сибирская издательская фирма РАН. 1996. С. 276.
2. Рутковская Д., Пилинъский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком. 2004. С. 452.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. / Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс". 2006. С. 1104.
4. Dimitrichenko D.P. A Method for Diagnosing a Robotic Complex Using Logical Neural Networks Apparatus, 2021 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). 202. Pp. 907-911.
5. Kazakov M.A. Clustering Algorithm Based on Feature Space Partitioning, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). 2022. Pp. 399-403.
6. Zhilov R.A. Application of the Neural Network Approach when Tuning the PID Controller, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2022, Pp. 228-233.
7. Шибзухов З.М. Конструктивные методы обучения сигма-пи нейронных сетей. М.: Наука. 2006. С. 159.
8. Барский А. Б. Логические нейронные сети. М.: Интернет-университет информационных технологий Бином, Лаборатория знаний. 2016. С. 352.
9. Dimitrichenko D.P. Optimization of the Structure of Variable-Valued Logical Functions when Adding New Production Rules, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2022, pp. 240-245.
10. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Горячая Линия – Телеком. 2017. С. 345.
11. Вакуленко С.А., Жихарева А.А. Практический курс по нейронным сетям . СПб.: Университет ИТМО. 2018. С. 71.
12. Поспелов Д.А. Игры и автоматы. М.: Энергия. 1966. С. 136.
13. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука. 1969. С. 316.
14. Поспелов Д.А. Вероятностные автоматы. М.: Энергия. 1970. С. 88.
15. Варшавский В.И. Коллективное поведение автоматов. М.: Наука. 1973. С. 408.
16. Варшавский В.И., Поспелов Д.А. Оркестр играет без дирижера: размышления об эволюции некоторых технических систем и управление ими. М.: Наука, 1984. С. 208.

## Результаты процедуры рецензирования статьи

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.*

*Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).*

Данная статья выполнена на интересную и полезную в теоретическом отношении тему. Во введении автор обращает внимание, что потребность решения задач, связанных с распознаванием образов, диагностикой ситуаций и состояний сложных систем, деления объектов на классы и проведение кластеризации данных, а также задач прогнозирования и управления, привела к созданию огромного разнообразия типов нейронных сетей. Судя по всему, автор исходит из необходимости выбора нейронных сетей и пытается обосновать оптимизацию рекуррентной нейронной сети при помощи автоматов с переменной структурой. Но в тексте отсутствует формулировка цели

исследования и поэтому непонятно, для чего он предлагает это сделать. К тому же явно недостаточно показана актуальность самого исследования процесса оптимизации рекуррентной нейронной сети при помощи автоматов с переменной структурой. Крайне целесообразно сформулировать цель исследования и обосновать его актуальность.

В данном тексте хорошо показана теория вопроса и сам текст выполнен в большей мере как учебный материал, нежели исследовательский. Стиль изложения напоминает реферативный. К тому же нет формулировки научной новизны, хотя она очевидна. Необходимо только правильно ее сформулировать. Следует отметить, что в тексте для этого имеется основания. Например, автор отмечает, что в настоящей работе предлагается решение задачи управления при помощи рекуррентной нейронной сети. Основой для ее конструирования в обученном состоянии является стохастический автомат с переменной структурой. Это положение можно положить в основу формулирования научной новизны.

Очевидно, что автор хорошо владеет литературой по теме исследования. Приводимые им сведения логичны и понятны, способствуют пониманию сути обучения нейронной сети. Отмечается, что обучение нейронной сети может вестись с учителем или без него. В первом случае сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей так, чтобы эталонные состояния входов соответствовали ожидаемым значениям выходных нейронов. Во втором случае выходы нейронной сети формируются самостоятельно, а веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

Рецензент полностью согласен с мнением автора о значении репрезентативной обучающей выборки. Отмечается, «поскольку репрезентативная обучающая выборка содержит знания об актуальной предметной области в явном (выбранных экспертом эталонных правил), и неявном (в виде сигналов окружающей среды при обучении без учителя) виде, то существенно важным является вопрос о логической интерпретации решений, получаемых корректно функционирующей нейронной сетью. Наличие таких логических правил позволило бы в явном виде описать закономерности рассматриваемой предметной области». Все верно.

Достоинством статьи следует признать последовательность изложения в ней материала, который по этой причине становится понятным даже непрофессионалам. В качестве аргумента указано, ссылаясь на практику, что рекуррентные нейронные сети хорошоправляются с обработкой данных, представимых в виде некоторого временного ряда (временной последовательности)  $x(t)$ ,  $t: 0, \dots, T$ , с учетом важности выделения контекста».

Автор считает, что такое свойство позволяет решать следующие интеллектуальные задачи:

1. Построение языковой модели;
2. Частотный анализ данных;
3. Модели акцентирования внимания;
4. Распознавание деталей на изображении с опорой на контекст и окружение;
5. Решение задачи управления для построения системы оптимальных реакций на события окружающей среды.

В методологическом отношении автор опирается на принципы единства и схожести в функционировании высшей нервной деятельности и систем машинного обучения. Но прямо об этом не пишет, а надо бы указать для расширения круга читателей. Дело в том, что стиль изложения и его язык автора специалисту по высшей нервной деятельности достаточно понятен. Особенно, когда речь идет о нейронах и т.д.

Статья конкретизируется, если в ней будет представлена формулировка предмета

исследования. Пока ее нет.

Содержание самой работы свидетельствует о том, что построение языковой модели основано на анализе парных сочетаний слов. Построение частотной модели позволяет распространить принцип Марковских цепей на более сложные случаи. Построение модели внимания позволяет отыскивать в структуре временных рядов наиболее важные данные, относя остальные к категории второстепенных.

Конкретизируется положение о том, что представление рекуррентной нейронной сети в виде стохастического автомата и использование в качестве процедуры обучения, применяемого для настройки этого автомата алгоритма обучения с подкреплением позволяет:

1. Минимизировать структуру рекуррентной нейронной сети;
2. УстраниТЬ, в случае необходимости, избыточные нейроны;
3. Сформировать структуру рекуррентной нейронной сети, наиболее полно отвечающей структуре временной последовательности данных.

Данная статья не перегружена математическими формулами, это тоже можно отнести к ее достоинствам. Основной упор автор делает на разъяснение сути. Это видно даже в процессе формального описания автомата.

Автор анализирует вариации и показывает, что алгоритм конструирования рекуррентной нейронной сети по исходной совокупности внутренних состояний и матриц переходов автомата с переменной структурой вытекает из способа доказательства. В конечном итоге сделаны выводы о том, что рекуррентные нейронные сети являются эффективным методом анализа контекстно зависимых данных основой для которых выступают временные последовательности. Соответствие внутренней структуры рекуррентной нейронной сети и автомата с переменной структурой позволяет уже на этапе обучения высвобождать обучаемую рекуррентную нейронную сеть от избыточных нейронов и связей в ее структуре. С такими выводами можно согласиться.

Библиографический список состоит из источников по теме исследования, но рецензенту показалось, что некоторые источники могут быть обновлены по возрасту.

В целом же данная статья производит положительное впечатление. После доработки ее можно рекомендовать к опубликованию.

Но у рецензента имеется еще и другое мнение: например, в психологическом журнале эту статью можно опубликовать в представленном виде, поскольку психологам полезно знать алгоритмы функционирования нейронных цепей.

**Программные системы и вычислительные методы***Правильная ссылка на статью:*

Никитин П.В., Андриянов Н.А., Горохова Р.И., Бахтина Е.Ю., Долгов В.И., Коровин Д.И. — Методология оценки рисков выполнения государственных контрактов с использованием средств машинного обучения // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 44 - 60. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.44113 EDN: HMHCXC URL: [https://nbppublish.com/library\\_read\\_article.php?id=44113](https://nbppublish.com/library_read_article.php?id=44113)

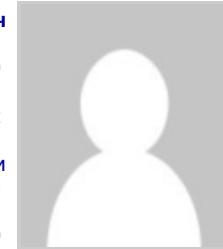
**Методология оценки рисков выполнения государственных контрактов с использованием средств машинного обучения****Никитин Петр Владимирович**

ORCID: 0000-0001-8866-5610

кандидат педагогических наук

доцент, департамент анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

125993, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 49

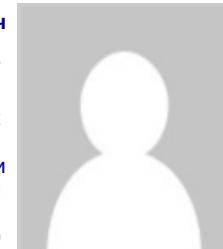
[✉ pvnikitin@fa.ru](mailto:pvnikitin@fa.ru)**Андриянов Никита Андреевич**

ORCID: 0000-0003-0735-7697

кандидат технических наук

доцент, Департамент анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

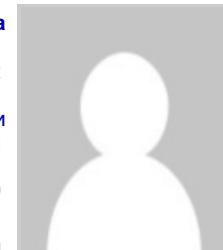
125163, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский пр-т, 49

[✉ naandriyanov@fa.ru](mailto:naandriyanov@fa.ru)**Горохова Римма Ивановна**

кандидат педагогических наук

доцент, Департамент анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

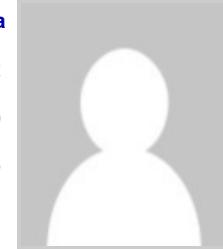
125167, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 49

[✉ rigorokhova@fa.ru](mailto:rigorokhova@fa.ru)**Бахтина Елена Юрьевна**

кандидат физико-математических наук

Доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

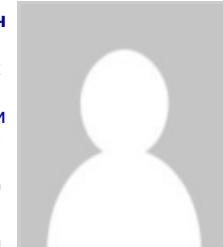
125319, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 46

[✉ elbakh@gmail.com](mailto:elbakh@gmail.com)**Долгов Виталий Игоревич**

кандидат физико-математических наук

доцент, Департамент анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

125319, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский Проспект, 49

[✉ vidolgov@fa.ru](mailto:vidolgov@fa.ru)

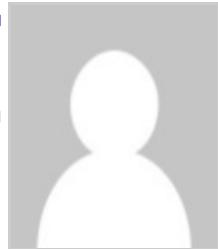
Коровин Дмитрий Игоревич

доктор экономических наук

профессор, Департамент анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

125319, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский Проспект, 49

✉ dikorovin@fa.ru



[Статья из рубрики "Базы знаний, интеллектуальные системы, экспертные системы, системы поддержки принятия решений"](#)

**DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.44113

**EDN:**

HMHCXC

**Дата направления статьи в редакцию:**

24-09-2023

**Дата публикации:**

22-11-2023

**Аннотация:** Предметом исследования является разработка программного комплекса для интеллектуального прогнозирования выполнения государственных контрактов с использованием методов машинного обучения и анализа неструктурированной информации. Объектом исследования является процесс контроля и принятия решений в области государственных закупок, включая выбор подрядчиков, выполнение контрактов и оценку сроков и стоимости их реализации. Особое внимание в исследовании уделяется разработке и применению интерпретируемых методов машинного обучения для решения задач оценки рисков выбора недобросовестного подрядчика, рисков невыполнения контракта в срок и прогнозирования вероятных сроков и стоимости реализации контракта. Авторы подробно рассматривают такие аспекты, как уникальный набор данных, который был собран из различных информационных систем. Они также разработали автоматизированные системы сбора и обновления данных, которые могут быть установлены на серверах заказчиков. В работе применялись методы машинного обучения, анализа неструктурированной информации и интерпретируемых методов. Были построены интерпретируемые модели машинного обучения для оценки риска выбора недобросовестного подрядчика, оценки риска невыполнения контракта в срок, а также оценки вероятных сроков и стоимости реализации контракта. В работе был собран уникальный набор данных, включающий более 83 тысяч данных по более чем 190 признакам с различных систем, таких как Реестр государственных закупок Единой информационной системы (ЕИС), Реестр недобросовестных поставщиков (РНП) ЕИС и Информационная система СПАРК. Разработаны автоматизированные системы сбора и

обновления данных, которые могут быть развернуты на серверах заказчиков. В ходе исследования были разработаны программные комплексы для интеллектуального прогнозирования выполнения государственных контрактов, которые предоставляют возможность проведения более точного анализа рисков с использованием методов анализа неструктурированной информации, моделей машинного обучения и интерпретируемых методов. Это позволяет повысить эффективность контроля выполнения государственных контрактов и снизить вероятность коррупции и нарушений. Исследование демонстрирует значимость и применимость методов и моделей машинного обучения в области государственных контрактов и предоставляет новые возможности для улучшения процессов контроля и принятия решений в сфере государственного закупочного дела.

### **Ключевые слова:**

государственные контракты, машинное обучение, интеллектуальные системы, визуализация данных, метод опорных векторов, оценка рисков, прогнозирование, регрессионный анализ, интерпретируемый искусственный интеллект, ансамблевые методы

*Статья подготовлена в рамках государственного задания Правительства Российской Федерации Финансовому университету на 2023 год*

### **Введение**

Вопросы контрактной деятельности могут иметь разную степень важности в зависимости от контекста и конкретной ситуации. Важными являются целый ряд аспектов, среди которых обязательными являются определение целей и обязательств сторон; условия оплаты; гарантии и ответственность сторон в контракте; конфиденциальность и защита данных; разрешение споров в случае возникновения разногласий между сторонами; условия изменения и расторжение контракта, являющееся важным для флексибельности и адаптации к изменяющимся обстоятельствам; соблюдение законодательства и регулирования. Важность этих вопросов может варьироваться в зависимости от типа контракта, отрасли и места осуществления контрактной деятельности. При подготовке и заключении контрактов, чтобы обеспечить ясность, защиту интересов сторон и снизить потенциальные риски рекомендуется тщательно рассмотреть все эти вопросы.

А. Я. Геллер заключает, что для снижения риска расторжения контрактов необходимо улучшить систему закупок, внедрить эффективные механизмы контроля и надзора, а также повысить квалификацию участников закупочных процедур. Исследование статьи предоставляет полезную информацию о причинах расторжения контрактов в системе государственных и муниципальных закупок Российской Федерации, что может быть полезно для оценки и управления рисками при осуществлении государственных контрактов. [\[1\]](#)

В работе М. М. Золотухиной и Н. А. Половниковой [\[2\]](#) выполнено исследование рисков, с которыми сталкиваются предприятия при выборе поставщиков и заключении контрактов. Отмечается, что неправильный выбор поставщиков и непродуманные условия контракта могут привести к серьезным финансовым и операционным проблемам, включая высокие цены, плохое качество товаров или услуг, несоблюдение сроков поставки и т.д. В статье приводятся различные виды рисков, такие как финансовые риски, операционные риски,

риски связанные с недостаточными знаниями о поставщиках и их репутацией, а также риски, связанные с изменениями в мировой и местной экономике. Для управления указанными рисками предлагается использовать анализ финансового состояния поставщика, мониторинг и оценка репутации поставщика, использование различных видов контрактов и т.д.

Статья Ю. Б. Гендлиной и др. посвящена исследованию рисков, связанных с заключением строительных контрактов с муниципальными заказчиками. Авторы уделяют внимание влиянию муниципального контекста на риски и особенности управления ими и предлагают рекомендации и стратегии по управлению рисками, связанными со строительными контрактами. Рассматриваются такие инструменты, как подробный анализ условий контракта, регулярный мониторинг и контроль выполнения работ, использование страхования и гарантий, а также разумное управление изменениями и рисковым контролем. [\[3\]](#)

В исследовании М. Ю. Алейниковой и Д. А. Голованова рассмотрены модели улучшения системы внутреннего контроля при осуществлении государственных закупок в Российской Федерации. В статье рассматриваются различные модели совершенствования системы внутреннего контроля, используемые в России, предложены решения, основанные на процессном подходе, риск-ориентированном подходе, использовании информационных технологий и автоматизации, а также на усилении контроля и независимости внутренних служб. В статье также представлен анализ преимуществ и недостатков каждой модели, а также опыт и результаты их применения в практике государственных закупок.

В статье Д. А. Елисеева и Д. А. Романова исследуются вопросы применения машинного обучения для прогнозирования рисков в госзакупках [\[5\]](#). Представлен анализ различных факторов (финансовая устойчивость поставщиков, репутация компаний, история выполнения контрактов и другие параметры) для выявления возможных рисков и проблем. Проведен сравнительный анализ машинного обучения и традиционных статистических методов для прогнозирования, который позволил выявить более высокую точность и эффективность прогнозирования рисков, которую можно достичь с помощью машинного обучения.

Исследование Ю. В. Немцева и О. Б. Миронец посвящено анализу развития рынка информационных технологий в области государственных закупок. Авторы рассматривают риски, возникающие во время взаимодействия участников рынка в конкурентной среде государственных закупок. Они предлагают систематическое классифицирование рисков и различные методы для оценки величины этих рисков. В своей работе они также изучают подходы и методы управления рисками, которые имеют важное значение для менеджмента. [\[6\]](#)

Применение теоретико-игровой модели Штакельберга для анализа затрат и рисков нарушения договора в российском минерально-сырьевом комплексе приведено в исследовании С. М. Лавлинского, А. А. Панина и А. В. Плясунова [\[7\]](#). В данной статье предпринимается попытка учесть институциональные особенности процесса формирования инвестиционного климата. Для этого в модели вводятся понятие трансакционных издержек и создается механизм страхования риска нарушения договора. Модель описывается как двухуровневая задача математического программирования, и для ее решения разработаны эффективные алгоритмы на базе метаэвристик.

Риски невыполнения государственных контрактов можно снизить на этапе предварительного отбора для участия в конкурсах перед заключением государственных контрактов. Для этой цели значимыми инструментами являются современные информационно-аналитические системы, реализуемые в сети Интернет. В. В. Скобелев [8] проводит анализ серьезной проблемы и рассматривает методы проверки участников конкурса проведения закупок. Методы машинного обучения и интеллектуальный анализ данных становятся важным инструментом и при работе с государственными закупками [9, 10]. Ю. М. Бекетнова [11] проводит анализ контрактов методами машинного обучения с целью выявления нарушений по нецелевым доходам, а А. З. Манцкава [12] в своем исследовании алгоритма машинного обучения использует для классификации завершенных государственных закупок.

Целый ряд исследований [13-16] посвящены исследованию гражданско-правовых рисков при заключении контрактов для нужд силовых ведомств, минимизации рисков и выработке системы мер по парированию рисков.

Изучение различных рисков в сфере закупок и заключении контрактов является важным аспектом в различных отраслях экономики. Особое внимание уделяется выбору поставщика, осуществляющему на конкурсной основе [1, 17]. Анализ финансовой устойчивости, репутации и качества услуг, товаров и надежности поставок поставщика являются ключевыми факторами при выборе. В различных статьях рассматриваются риски выполнения контрактов в разных сферах, таких как строительство, информационные технологии и минерально-сырьевой комплекс [3, 18, 6, 8]. Л. С. Травкина, П. В. Лисин, Е. А. Межевикина исследуют риски поставки продукции, не соответствующей требованиям контракта, что также приведет к его не выполнению [19]. Различные методы и подходы к управлению рисками, а также модели для повышения контроля и предотвращения нарушений контрактного законодательства все в большей мере реализуются при создании информационных систем для сферы государственных услуг в части разработки средств оценки проектных рисков [20].

Анализируя проведенные исследования, можно сделать вывод о текущей актуальности исследования рисков исполнения государственных контрактов. Существует большое количество работ, посвященных конкретным областям экономики и сырьевым отраслям, а также финансовым и гражданско-правовым рискам, аспектам связанных с поставщиками и их репутацией, а также влиянию изменений в мировой и местной экономике.

Из проведенного анализа можно выделить некоторые методы и средства, которые могут быть использованы для анализа и управления рисками при выполнении государственных контрактов. Среди них: методы управления рисками, детальный анализ условий контракта, регулярный мониторинг и контроль выполнения работ, а также использование страхования и гарантий. Однако, недостаточно исследований, которые системно рассматривают все риски и применяют автоматизированные интеллектуальные системы для их анализа.

В данной работе было проведено исследование, нацеленное на комплексный анализ и управление рисками при выполнении государственных контрактов. В рамках исследования предложены методы и подходы, основанные на применении машинного обучения и интеллектуального анализа данных, которые позволяют рассмотреть риски системно и эффективно. Данное исследование заполняет пробел в существующей литературе и предлагает новый подход к управлению рисками в данной области.

## **Методология разработки интеллектуального комплекса оценки рисков**

В основу методологии автоматизированного интеллектуального контроля исполнения государственных контрактов заложены следующие положения:

1. Для успешного построения интеллектуальной автоматизированной системы контроля государственных контрактов необходим большой набор данных, содержащий максимально полезную информацию о предмете договора, финансовые и юридические сведения по компаниям-поставщикам и другую полезную информацию.
2. Интеллектуальная автоматизированная система контроля государственных контрактов должна быть направлена на решение трех задач: оценка риска выбора недобросовестного подрядчика; оценка риска невыполнения контракта в срок; оценка вероятных сроков и стоимости реализации контракта.
3. Интеллектуальная система, направленная на оценку риска выбора недобросовестного подрядчика, риска невыполнения контракта в срок и оценку вероятных сроков и стоимости реализации контракта, должна учитывать важность признаков при оценке и принятии решений. Важность признаков указывает на то, как сильно определенный признак или фактор влияет на риск или оцениваемую характеристику. Учет важности признаков позволяет системе сосредоточиться на наиболее информативных факторах и принимать во внимание их влияние на риски и оцениваемые характеристики. Это может помочь снизить шум и улучшить качество оценок и прогнозов, что в свою очередь улучшит принятие решений в контексте выбора подрядчиков, выполнения контрактов и оценки сроков и стоимости их реализации.
- 4 . После апробации результатов при оценке рисков исполнения государственных контрактов, интеллектуальная автоматизированная система контроля государственных контрактов может быть развернута на серверах потенциальных заказчиков.

Рассмотрим каждый из этапов.

### **Набор данных для оценки рисков исполнения государственных контрактов**

Один из первых шагов в разработке методологии – сбор и структурирование данных, связанных с исполнением государственных контрактов. Данные будут включать в себя информацию о контрактах, подрядчиках, выполненных работах, сроках и оценке качества. Важно, чтобы данные были структурированы и удобно доступны для использования.

В рамках исследования собран уникальный набор данных, состоящий из более 83 тысяч данных по более чем 190 признаков с систем: Реестра государственных закупок Единой информационной системы (ЕИС) (<https://zakupki.gov.ru/>); Реестра недобросовестных поставщиков (РНП) ЕИС (<https://zakupki.gov.ru/epz/dishonestsupplier/search/results.html>); Информационной системы СПАРК (<https://spark-interfax.ru/>).

Более подробно набор данных для исследования описан в статье «Методика оценки важности признаков при анализе выполнения государственных контрактов», журнала «Национальная безопасность» [\[21\]](#).

### **Модуль оценки риска невыполнения контракта в срок**

Данный модуль представляет собой инструмент для решения задачи классификации, обладающий функциональностью прогнозирования не только дискретных ответов

(«выполнится/не выполнится»), но и вероятностей возникновения соответствующих рисков. Такой подход обеспечивает гибкость системы. Модуль разработан на языке программирования Python в среде Jupyter Notebook. Скрипты сохранены в формате .ipynb и могут быть интегрированы в облачные сервисы Google Colab и Yandex Colab. Модуль поддерживает импорт, анализ, предобработку и классификацию данных, обучение и тестирование моделей, построение вероятностных распределений и визуализацию результатов для интерпретации результатов и конкурентного преимущества.

Проверка адекватности и качества работы модуля была выполнена путем анализа данных, собранных в трех информационных системах, охватывающих около 80 тысяч государственных контрактов по 192 признакам.

В процессе оценки рисков, переменная «Статус» была определена как целевая. Она может принимать два значения: «Контракт исполнен» и «Контракт прекращен», что сводит задачу к классификации. Исходный датасет содержит 83834 наблюдений и 192 переменных. Несмотря на высокую размерность и пропущенные значения в большинстве наблюдений, такой объем данных может способствовать качественной оценке вероятности расторжения контракта.

Распределение контрактов в датасете можно считать сбалансированным, что подтверждается рисунком 1, где «1» соответствует расторгнутым контрактам, а «0» – исполненным.

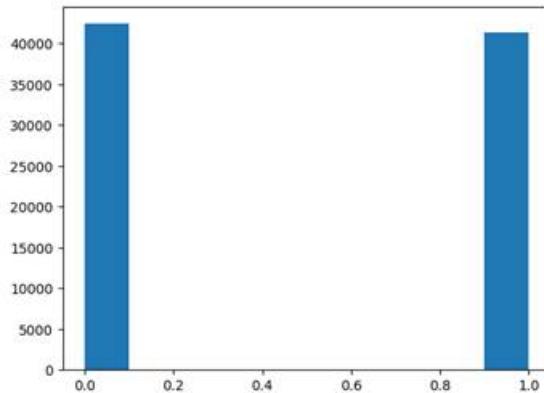


Рисунок 1 – Распределение целевого класса [Составлено авторами]

Для эффективной обработки данных будет применен метод меток кодирования для всех нецелочисленных признаков. В контексте большого объема данных, данный подход предпочтительнее one-hot кодирования. Кодирование будет проведено для каждого соответствующего столбца, а пропущенные значения будут заменены кодом 100000, обеспечивая получение нового кода даже при наихудших условиях кодирования.

Для прогнозирования вероятностей статуса «Контракт прекращен» будет обучена модель логистической регрессии. Обучающая и тестовая выборки были разделены в соотношении 85% к 15%.

После кодирования данных, значения в большинстве столбцов распределены в диапазоне от 0 до N, где N – количество категорий, в то время как числовые столбцы остаются неизменными. Для оптимизации эффективности модели, рекомендуется проведение стандартизации данных, что обеспечит равномерное распределение признаков.

На тестовых данных модель логистической регрессии показала метрику Accuracy, равную 97,01%. Это достаточно хороший результат, так как только 2,99% получают неверные метки при прогнозировании на новых данных.

Далее мы исследуем распределение вероятностей нарушения контракта в тестовой выборке с использованием оценки логистической регрессии (см. рисунок 2).

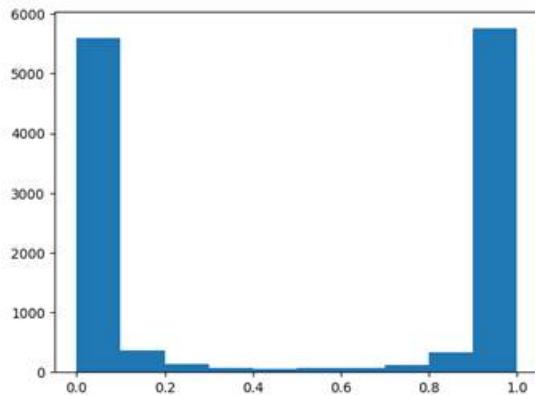


Рисунок 2 – Распределение вероятностей рисков контракта по логрегрессии [Составлено авторами]

На основе данных из рисунка 2, модель в большинстве случаев предоставляет определенные прогнозы, с вероятностями, приближающимися к 0 или 1. Процентное распределение в диапазоне от 0,1 до 0,9 является незначительным. Это указывает на ограниченность модели логистической регрессии в оценке вероятностей рисков. Аналогичный недостаток в гибкости ответов наблюдается в модели «Дерево решений», что подтверждается точностью модели, составляющей 97,89%, и иллюстрируется на рисунке 3.

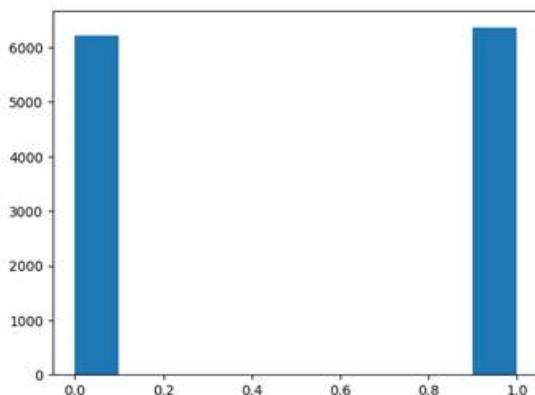


Рисунок 3 – Распределение вероятностей рисков контракта по дереву решений [Составлено авторами]

Наконец, построим модель на базе метода опорных векторов. Метрика точности на тестовых данных для этой модели составляет 97,88%, что незначительно уступает показателю модели «Дерево решений». Однако данный метод обеспечивает более гибкую оценку рисков. Распределение вероятностей рисков для данного метода представлено на рисунке 4.

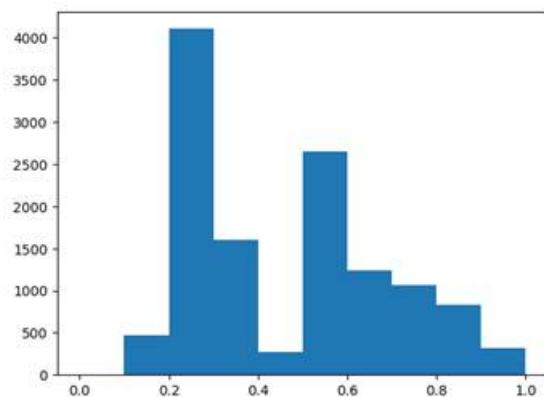


Рисунок 4 – Распределение вероятностей рисков контракта по методу опорных векторов  
[Составлено авторами]

Анализ гистограммы показывает, что вероятности рисков по контрактам не обладают бимодальностью по границам и в целом распределены неравномерно. При этом большая часть контрактов классифицируется как «Контракт прекращен» с вероятностью, приближенной к 0,5. В таблице 1 представлены результаты сравнения различных моделей классификации.

**Таблица 1 – Результаты сравнения разных моделей классификации**

Модель	Точность	Вероятности рисков
Логистическая регрессия	97,01%	Либо имеют очень высокие значения, либо очень низкие
Дерево решений	97,89%	Только однозначные «да» и «нет»
Метод опорных векторов	97,88%	Распределены по всему интервалу от 0 до 1.

Если целью является детальный интеллектуальный анализ контрактов, наиболее подходящей моделью будет SVM, обеспечивающая прогнозирование различных вероятностей, соответствующих реальным условиям. Для SVM будет проведена оценка важности признаков. Наилучшие и наихудшие значения, определенные с помощью метода `feature importants`.

Из анализа мы можем увидеть, что важный вклад в прогноз вносят такие признаки, как налоговый орган компании, коэффициент покрытия процентов по EBIT, описание объекта закупки, коэффициент концентрации заемного капитала. Воздействие анализируемых факторов на выполнение госконтракта ассоциируется с разными аспектами: финансовой устойчивостью компании, определенной по налоговому статусу; коэффициентом покрытия процентов по EBIT; качеством описания закупаемого объекта; коэффициентом концентрации заемного капитала. Оценить влияние этих элементов на риск невыполнения госконтракта возможно через финансовый анализ, аudit, просмотр предыдущих контрактов, систему оценки рисков и моделирование.

### **Модуль оценки вероятных сроков и стоимости реализации контракта**

Прогнозирование стоимости и сроков исполнения госконтрактов представляет собой задачу регрессии, для решения которой был создан модуль на Python, хранящийся в формате IPython Notebook (.ipynb) и совместимый с облачными платформами Google и Yandex. Данный модуль использует библиотеки Python: Pandas, Matplotlib и Scikit Learn для обработки, визуализации данных и обучения регрессионных моделей. Модуль обеспечивает возможность загрузки и обработки данных, разделение набора данных по

стоимости и времени выполнения, кодирование признаков, стандартизацию, тестирование регрессионных моделей и визуализацию ключевых факторов, влияющих на сроки и стоимость контрактов.

Адекватность и точность разработанного модуля оценивались на основе данных из трех информационных систем, включающих около 80 тысяч контрактов (191 признак). Зависимыми переменными были определены стоимость и срок исполнения контракта, вычисленный как разница между датами начала и окончания. Были разработаны модели с ключевыми метриками R-квадрат, MSE и MAPE. Предобработка данных для классификации включала типизацию, LabelEncoding категориальных данных и стандартизацию для оптимизации алгоритмов. Исходный набор данных (83834 x 191) был уменьшен до одной переменной, представляющей разницу между двумя датами. Пропуски в данных были заполнены средними значениями по столбцу. Все данные были разделены в соотношении 85% на 15% для обучения и тестирования модели. Однако был замечен значительный эффект переобучения моделей. Результаты прогнозирования сроков исполнения контракта представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Анализ моделей регрессии сроков исполнения контрактов**

Модель	R-квадрат	MSE	RMSE	MAPE
Линейная регрессия	<b>0.181</b>	<b>51077</b>	<b>226</b>	<b>0.436</b>
Метод опорных векторов	0.153	52801	229	0.444
Метод опорных векторов (без стандартизации)	0.028	60621	246	0.537
Дерево решений	0.178	51250	<b>226</b>	0.556

Анализ представленной информации указывает на превосходство дерева решений в достижении оптимальных результатов, при условии стандартизации, без которой качество моделей ухудшается. Для дополнительного улучшения рекомендуется проведение более глубокого анализа признакового пространства и применение нейронных сетей. Эти выводы согласуются с результатами, полученными для моделей прогнозирования стоимости контракта, которые представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Анализ моделей регрессии стоимости контрактов**

Модель	R-квадрат	MSE	RMSE	MAPE
Линейная регрессия	-0.0004	430381086	20745,62812	0.506
Метод опорных векторов	0	430718896	20753,76824	0.502
Метод опорных векторов (без стандартизации)	-0.0004	430391492	20745,87892	0.527
Дерево решений	<b>0.683</b>	<b>136382258</b>	<b>11678,28147</b>	<b>0.328</b>

Анализ результатов указывает на превосходство дерева решений в прогнозировании стоимости контрактов, в то время как эффективность остальных моделей оставляет желать лучшего. Модель регрессии позволяет провести первичную оценку сроков и стоимости контракта, однако требует дополнительной корректировки. Отмечено переобучение моделей, которые показывают 100% результаты на тренировочной выборке, что предполагает необходимость применения методов регуляризации в будущем.

Отметим так же, что в данных находятся «выбросные» контракты, которые сильно долго

длятся по сравнению с другими. Это, вероятно, приводит к высоким ошибкам при прогнозировании.

Данные о сроках исполнения контрактов содержат выбросы и будут очищены согласно условию:

$$Q1 - 1,5R < Days < Q3 + 1,5R,$$

где  $Q1$  и  $Q3$  – первый и третий квартили ряда  $Days$ ,  $R$  – межквартильный размах.

Данные по стоимости госконтрактов распределены равномерно (рис. 5).

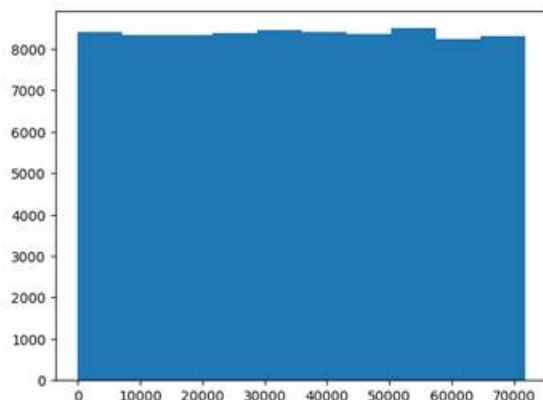


Рисунок 5 – Гистограмма стоимостей контрактов [Составлено авторами]

Исходя из эффективности деревьев решений, будут разработаны ансамблевые модели, включая Extra Tree и Random Forest. После удаления выбросов, обучающие и тестовые данные будут разделены в пропорции 90% к 10%. Результаты прогнозирования сроков контракта для различных ансамблей представлены в таблице 4.

**Таблица 4 – Анализ моделей регрессии сроков исполнения контрактов**

Ансамбль	R-квадрат	MSE	RMSE	MAPE
Gradient Boosting	0.372	13287	115	0.365
AdaBoost	0.195	17016	130	0.394
ExtraTree	<b>0.960</b>	<b>840</b>	<b>28</b>	<b>0.027</b>
Random Forest	0.888	2377	48	0.158

Из таблицы 4 видно, что наиболее точные прогнозы дают модели ExtraTree и RandomForest. При этом средняя ошибка при использовании ансамбля ExtraTree не превышает одного месяца, что является удовлетворительным результатом.

В таблице 5 показаны результаты прогнозирования стоимости контракта.

**Таблица 5 – Результаты прогнозирования стоимости контракта**

Ансамбль	R-квадрат	MSE	RMSE	MAPE
Gradient Boosting	0.697	129699489	11388	0.270
AdaBoost	0.310	294692017	17166	0.414
ExtraTree	0.950	21289343	4614	0.034
<b>Random Forest</b>	<b>0.952</b>	<b>20454948</b>	<b>4522</b>	<b>0.029</b>

Модели ExtraTree и Random Forest демонстрируют оптимальные результаты в прогнозировании стоимости, со средней ошибкой в 4500-4600 рублей, что считается

приемлемым.

Из модели можно выявить, что идентификация заказчика, его требования и условия контракта, эффективность организаций в процессах закупки и контроля, номер извещения о торгах, описание объекта закупки и идентификационный код закупки влияют на сроки исполнения контракта. Эти факторы могут напрямую или косвенно влиять на прогноз сроков исполнения контракта. Для более точного прогноза необходимо учесть и другие факторы.

Проведем детальный анализ факторов, существенно влияющих на стоимость государственного контракта:

1. Объем и стоимость поставляемой продукции или услуг, отраженные в числе заполненных записей. Большее количество записей обычно свидетельствует о большем объеме поставок, что влияет на общую стоимость контракта. Данный фактор также может влиять на расчеты, связанные с доставкой, хранением и логистикой.
2. Код позиции объекта закупки, который определяет конкретные продукты или услуги для закупки. Различные объекты закупки могут иметь различные стоимости в зависимости от уровня технологичности или специфических навыков, необходимых для их производства или предоставления.
3. Общая стоимость поставленной продукции, которая указывает на общую сумму затрат на поставку продукции или оказание услуг и напрямую влияет на общую стоимость контракта.
4. Сумма в рублях объекта закупки, отражающая сумму затрат, связанных с объектом закупки. Большая сумма указывает на значимость и важность поставляемого продукта или услуги и может существенно влиять на общую стоимость контракта.

Все эти факторы напрямую или косвенно влияют на стоимостные параметры госконтракта. Их учет при прогнозировании ценности способствует оценке и планированию затрат заказчиками, а также формированию ценообразования поставщиками. Для более точного прогноза стоимости госконтракта необходимо учитывать дополнительные факторы, такие как инфляция, валютные колебания, стоимость сырья и т.д.

### **Программный комплекс оценки рисков исполнения государственных контрактов**

Программный комплекс оценки рисков исполнения государственных контрактов представляет собой web-приложение, которое можно развернуть как на локальных серверах потенциальных заказчиков, так и в глобальной сети.

Он состоит из 3 основных модулей:

1. Оценка потенциального заказчика. В данном модуле достаточно ввести ИНН потенциального партнера и получить о нем необходимую информацию. Заказчик вводит ИНН потенциального закупщика и там появляется информация о нем, включая все налоговые, финансовые и юридические составляющие, в любом удобном виде (таблицы, графики, диаграммы и т.д.).
2. Оценка вероятности исполнения контракта.

Заполнив предлагаемые формы, мы можем показать вероятность исполнения контракта.

Отметим, что в данном модуле можно вывести наиболее важные для прогноза признаки, в любой форме представления, которые пользователь может самостоятельно анализировать.

### 3. Оценка прогноза стоимости и сроков выполнения контракта

Заполнив предлагаемые формы, пользователь может получить информацию о стоимости контракта и сроках его выполнения. Кроме этого, модуль может предоставить графики, диаграммы или статистические показатели, которые помогут понять точность и достоверность прогноза.

## **Заключение**

В результате исследования получены следующие результаты:

Собран уникальный набор данных, состоящий из более 83 тысяч данных по более чем 190 признакам с систем: Реестра государственных закупок Единой информационной системы (ЕИС) (<https://zakupki.gov.ru/>); Реестра недобросовестных поставщиков (РНП) ЕИС (<https://zakupki.gov.ru/epz/dishonestsupplier/search/results.html>); Информационной системы СПАРК (<https://spark-interfax.ru/>).

Также разработаны автоматизированные системы сбора и обновления данных, которые можно развернуть на серверах потенциальных заказчиков.

На основе анализа интерпретируемых методов машинного обучения для решения задач прогноза исполнения государственных контрактов, методов анализа неструктурированной информации большого объема, определения критериев для построения моделей машинного обучения были построены интерпретируемые модели машинного обучения для решения задач:

- оценка риска выбора недобросовестного подрядчика;
- оценка риска невыполнения контракта в срок;
- оценка вероятных сроков и стоимости реализации контракта.

Модели были протестированы и метрики обучения показали высокие оценки.

Каждый из алгоритмов разработан с учетом следующих критериев: надежность, понятность и интерпретируемость, универсальность, масштабируемость и гибкость.

Интеллектуальная система, направленная на оценку риска выбора недобросовестного подрядчика, риска невыполнения контракта в срок и оценку вероятных сроков и стоимости реализации контракта, учитывает важность признаков при оценке и принятии решений. Важность признаков указывает на то, как сильно определенный признак или фактор влияет на риск или оцениваемую характеристику. Учет важности признаков позволяет системе сосредоточиться на наиболее информативных факторах и принимать во внимание их влияние на риски и оцениваемые характеристики. Это может помочь снизить шум и улучшить качество оценок и прогнозов, что в свою очередь улучшит принятие решений в контексте выбора подрядчиков, выполнения контрактов и оценки сроков и стоимости их реализации.

В результате исследования был разработан программный комплекс для интеллектуального прогнозирования выполнения государственных контрактов. Этот комплекс предоставляет возможность проведения более точного анализа рисков с

использованием методов анализа неструктурированной информации, моделей машинного обучения и интерпретируемых методов. Это позволяет повысить эффективность контроля выполнения государственных контрактов и снизить вероятность возникновения коррупции и нарушений.

Исследование доказывает значимость и применимость методов и моделей машинного обучения в области государственных контрактов. Программный комплекс для интеллектуального прогнозирования исполнения государственных контрактов предоставляет новые возможности для улучшения процессов контроля и принятия решений в сфере государственного закупочного дела.

## Библиография

1. Геллер А. Я. Анализ причин расторжения контрактов в системе государственных и муниципальных закупок Российской Федерации // Вестник университета. 2022. №. 5. С. 5-12.
2. Золотухина М. М., Половникова Н.А. Риски при выборе поставщиков и заключении контрактов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. №. 8 (102). С. 86-90.
3. Гендлина Ю. Б. и др. Риски строительных контрактов, заключенных с муниципальным заказчиком // Управление и экономика народного хозяйства России. 2022. С. 113-120.
4. Алейникова М. Ю., Голованов Д. А. Модели совершенствования системы внутреннего контроля осуществления государственных закупок в Российской Федерации // Управленческий учет. 2022. № 7. С. 12-19. doi:10.25806/uu7202212-19.
5. Елисеев Д. А., Романов Д. А. Машинное обучение: прогнозирование рисков госзакупок // Открытые системы. СУБД. 2018. № 2. С. 42-44.
6. Немцева Ю. В., Миронец О. Б. Управление рисками компаний отрасли информационных технологий на рынке b2g // Управленческий учет. 2022. № 12. С. 100-109.
7. Лавлинский С. М., Панин А. А., Плясунов А. В. Модель формирования экономической политики с учётом трансакционных издержек и страхования рисков разрыва контрактов // Дискретный анализ и исследование операций. 2022. № 3 (29). С. 45-63. doi:10.33048/daio.2022.29.738.
8. Скобелев В.В. Проверка конкурсантов на этапе предварительного отбора является неотъемлемым условием успешного выполнения государственных контрактов // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2016. № 4 (16). С. 117-119.
9. Kultin, N.B., Kultin, D.N., Bauer, R.V. (2020) Application of machine learning technology to analyze the probability of winning a tender for a project. Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS, 32(2), 29-36.
10. Nepomnyashchy, O. M., Barzylovich, D. V., Medvedchuk, O. V. (2018) Risk-management as an instrument of the public regulation of risk assessment in construction and operation of buildings. Публічне урядування, 5(15), 188-202. doi: 10.32689/2617-2224-2018-15-5-188-202.
11. Бекетнова Ю. М. Анализ государственных закупок методами машинного обучения в целях противодействия отмыванию доходов // Экономика и предпринимательство. 2022. № 5(142). С. 144-148. doi:10.34925/EIP.2022.142.5.027.
12. Манцава А. З. Классификация завершенных государственных закупок с использованием алгоритма машинного обучения // Академическая публицистика.

2022. № 5-2. С. 72-78.

13. Устинова В.В. Минимизация рисков при заключении государственных контрактов в сфере закупок для нужд органов внутренних дел // Проблемы в российском законодательстве. 2016. № 4. С. 119-123.
14. Старосельцева М.М., Устинова В.В. Гражданско-правовые риски при заключении государственных контрактов в сфере закупок для нужд органов внутренних дел // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Право. 2016. № 4. С. 25-36.
15. Коровина А.Н. Система мер по парированию рисков контрактов на поставку продукции по государственному оборонному заказу // Наука и военная безопасность. 2016. № 2 (5). С. 87-96.
16. Черняев Е. В., Хайтбаев В. А. Вероятностные методы оценки рисков в системе программно-целевого планирования государственного оборонного заказа с применением иерархических моделей // Прикладные экономические исследования. 2022. №. 3. С. 24-29.
17. Зембатов М.Р. Анализ факторов риска поставщика при заключении государственных контрактов // Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал. 2017. № 6 (40). С. 75-97.
18. Иванов Н.А., Валлпетерс М.Л., Киреев И.А. "Большие данные" и машинное обучение при управлении рисками невыполнения обязательств по контрактам в строительной отрасли // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 5. С. 81-87.
19. Травкина Л. С., Лисин П. В., Межевикина Е. А. Экспертная оценка рисков поставки продукции, не соответствующей требованиям контракта // Контроль качества продукции. 2021. № 2. С. 24-28.
20. Асадуллаев Р. Г., Ломакин В. В., Путинцева Н. П. Разработка средств оценки проектных рисков при создании информационных систем для сферы государственных услуг // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 5. С. 120-122. doi: 10.24153/2079-5920-2017-7-5-120-122.
21. Никитин П.В., Долгов В.И., Горохова Р.И., Коровин Д.И., Бахтина Е.Ю. Методика оценки важности признаков при анализе выполнения государственных контрактов // Национальная безопасность. 2023. № 4. С. 1-18. doi: 10.7256/2454-0668.2023.4.44013

## **Результаты процедуры рецензирования статьи**

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.*

*Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).*

**Предмет исследования.** В рецензируемой статье «Методология оценки рисков выполнения государственных контрактов с использованием средств машинного обучения» предметом исследования является методология (система приемов и способов) оценки рисков в сфере закупок и заключения государственных контрактов в различных отраслях национальной экономики, в том числе, их интеллектуальное прогнозирование посредством современных информационно-коммуникационных технологий (программного обеспечения и искусственного интеллекта).

**Методология исследования.** Методологический аппарат составили следующие диалектические приемы и способы научного познания: анализ, абстрагирование, индукция, дедукция, гипотеза, аналогия, синтез, типология, классификация,

систематизация и обобщение. В работе использовалось сочетание эмпирической и теоретической информации. Применение современных методов научного познания позволило изучить сложившиеся подходы, взгляды на предмет исследования, выработать авторскую позицию и аргументировать ее.

**Актуальность исследования.** Актуальность темы исследования, заявленной авторами, не вызывает сомнения. Цифровизация предполагает внедрение новых технологий во все отрасли экономики, что отвечает общемировым тенденциям. Авторы отмечают, что «В данной работе было проведено исследование, нацеленное на комплексный анализ и управление рисками при выполнении государственных контрактов. В рамках исследования предложены методы и подходы, основанные на применении машинного обучения и интеллектуального анализа данных, которые позволяют рассмотреть риски системно и эффективно. Данное исследование заполняет пробел в существующей литературе и предлагает новый подход к управлению рисками в данной области». Эти обстоятельства указывают на актуальность доктринальных разработок по заявленной тематике и их практическую значимость.

**Научная новизна.** Не подвергая сомнению важность проведенных ранее научных исследований, послуживших теоретической базой для данной работы, тем не менее, можно отметить, что в этой статье впервые сформулированы заслуживающие внимания положения, например: «...В результате исследования был разработан программный комплекс для интеллектуального прогнозирования выполнения государственных контрактов. Этот комплекс предоставляет возможность проведения более точного анализа рисков с использованием методов анализа неструктурированной информации, моделей машинного обучения и интерпретируемых методов. Это позволяет повысить эффективность контроля выполнения государственных контрактов и снизить вероятность возникновения коррупции и нарушений...». Авторами по результатам написания статьи сделан ряд теоретических выводов и предложений, что указывает не только на важность этого исследования для науки, но и определяет его практическую значимость.

**Стиль, структура, содержание.** Статья написана научным стилем, использована специальная терминология. Однако встречаются в тексте повторы слов в отдельных предложениях, например: «данное... в данной...». Такие предложения следует перефразировать. В целом же материал изложен последовательно и ясно. Для лучшего восприятия и наглядности информации авторами предложены рисунки и таблицы. Статья структурирована. Введение отвечает требованиям, предъявляемым к этой части научной статьи. В заключении сформулированы основные результаты, которые достигли авторы в ходе исследования. Тема раскрыта, содержание статьи соответствует ее названию.

**Библиография.** Авторами использовано достаточное количество доктринальных источников, представлены ссылки на публикации последних лет. Ссылки на источники оформлены в соответствии с требованиям библиографического ГОСТа.

**Апелляция к оппонентам.** По отдельным вопросам заявленной тематики представлена научная дискуссия, обращения к оппонентам корректные. Все заимствования оформлены ссылками на автора и источник опубликования.

**Выводы, интерес читательской аудитории.** Статья «Методология оценки рисков выполнения государственных контрактов с использованием средств машинного обучения» рекомендуется к опубликованию. Статья соответствует тематике журнала «Программные системы и вычислительные методы». Статья написана на актуальную тему, имеет практическую значимость и отличается научной новизной. Данная статья может представлять интерес для широкой читательской аудитории, прежде всего, специалистов в области экономики, информационных технологий, фундаментальных наук и практики программирования, а также, будет полезна для преподавателей и обучающихся экономических и технических вузов и факультетов.



Программные системы и вычислительные методы

Правильная ссылка на статью:

Лютикова Л.А. — Применение логического моделирования для анализа и классификации медицинских данных с целью диагностики // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 61 - 72. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.68876 EDN: KIUUOL URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=68876](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=68876)

## Применение логического моделирования для анализа и классификации медицинских данных с целью диагностики

Лютикова Лариса Адольфовна

кандидат физико-математических наук

заведующий отделом, ИГПМА КБНЦ РАН

360000, Россия, Республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89а

✉ lylarisa@yandex.ru



[Статья из рубрики "Базы знаний, интеллектуальные системы, экспертные системы, системы поддержки принятия решений"](#)

### DOI:

10.7256/2454-0714.2023.4.68876

### EDN:

KIUUOL

### Дата направления статьи в редакцию:

03-11-2023

### Дата публикации:

25-11-2023

**Аннотация:** Предметом исследования является логический подход к анализу данных и разработка программного инструментария, способного определять скрытые закономерности, даже с ограниченным количеством данных. Входные данные состоят из показателей диагностики пациентов, их диагнозов и опыта врачей, полученного в ходе медицинской практики. Метод исследования – разработка программного инструментария на основе систем многозначной логики предикатов для анализа данных пациентов. Данный подход рассматривает исходные данные как набор общих правил, среди которых можно выделить те правила, которые достаточны для объяснения всех наблюдаемых данных. Эти правила, в свою очередь, являются генеративными для рассматриваемой

области и помогают лучше понять природу изучаемых объектов. Новизна исследования заключается в применении многозначной логики для анализа ограниченного объема медицинских данных пациентов с целью определения наиболее вероятного диагноза с заданной точностью. Предложенный подход позволяет обнаруживать скрытые закономерности в симптомах и результатах обследований пациентов, классифицировать их и выделять уникальные признаки различных форм гастрита. В отличие от нейронных сетей, логический анализ является прозрачным и не требует обучения на больших объемах данных. Выводы исследования показывают возможность такого подхода для диагностики при нехватке информации, а также предложение альтернатив при не достижении требуемой точности диагноза.

**Ключевые слова:**

диагностика, связи, многозначная логика, данные, анализ, скрытые закономерности, классификатор, правила продукции, обучение, свойства

**Введение**

Медицинская диагностика активно использует методы машинного обучения, которые позволяют эффективно анализировать данные и поддерживать процесс постановки диагноза.

Одним из преимуществ является возможность обрабатывать большие объемы информации и находить скрытые закономерности, помогающие прогнозировать заболевания и принимать решения. В отличие от ручного кодирования, алгоритмы самостоятельно находят признаки и строят модели на основе обучающих данных.

Существующие методы можно разделить на такие как классификация пациентов по симптомам для диагностики конкретных заболеваний. Кластеризация для выделения подгрупп пациентов с похожими особенностями и индивидуального подбора лечения. Прогнозирование течения болезни, оценка рисков, определение лечения. Анализ медицинских изображений и сигналов с использованием глубокого обучения.

Однако нужно иметь в виду, что при использовании методов машинного обучения в задачах медицинской диагностики могут возникать различные трудности. Так на качество решений существенно может повлиять недостаточный объем качественных данных для обучения моделей, поскольку многие медицинские данные конфиденциальны и их сбор требует больших усилий. В некоторых случаях возникает необходимость переобучения модели, когда она начинает лучше работать с обучающей выборкой, но плохо генерализуется на новые данные. Бывает возникает необходимость постоянного обновления системы по мере поступления новых знаний и данных. [\[1-4\]](#).

Учитывая перечисленные проблемы в данной работе предлагается использовать логические методы для построения модели диагностики поскольку построенные на логических правилах и ограничениях модели, более понятны и прозрачны для врачей/специалистов по сравнению с "черными ящиками" глубокого обучения. Качество - логические методы позволяют учитывать экспертные знания и делать выводы по неполным данным, при нейронных сетях требуется большой объем данных. Логические модели легко корректировать и дополнять по мере получения новых знаний, в отличие от регрессии/MLP.

## 1. Материалы и методы

Целью исследования является создание модели машинного обучения для поддержки диагностики гастрита на основе имеющихся данных о пациентах.

Гастрит - это распространенное заболевание, которое влияет на до 20% взрослого населения в развитых странах, а также наблюдается высокий уровень заболеваемости среди детей. Для точного определения хронического гастрита требуется проведение гистологического исследования биоптатов слизистой оболочки желудка, поскольку это позволяет выявить морфологические изменения, в то время как клиническая картина может быть неинформативной.

В 1990 году на IX Международном конгрессе гастроэнтерологов была принята Сиднейская система классификации гастритов. В 1996 году был опубликован окончательный вариант модифицированной Сиднейской системы, известный как "Классификация и градация гастрита. Модифицированная Сиднейская система". Согласно этой классификации, выделяются три основные категории гастритов: острый, хронический и особые формы.

Для нашего исследования мы использовали результаты гистологического исследования гастробиопсий 132 пациентов, проведенного в период с 2019 по 2022 год в Патологоанатомическом бюро, принадлежащем Государственному учреждению здравоохранения. Эти данные представляют собой ценный исходный материал для нашего исследования. Они позволяют нам анализировать и изучать различные патологические состояния желудка, выявлять связи между различными факторами и патологиями, и разрабатывать модели и алгоритмы диагностики на основе этих данных.

Использование результатов гистологического исследования в качестве основы для обучающей выборки обеспечивает нам возможность создать надежную и информативную модель, которая может быть применена в будущих исследованиях и клинической практике для более точной и эффективной диагностики патологий желудка. Это поможет улучшить процесс диагностики и разработать более эффективные методы лечения гастрита.

Необходимо построить алгоритм, способный классифицировать новых пациентов по этим данным и определять вероятный диагноз, чтобы помочь врачам в диагностике.

Учитывая небольшой объем данных, выбран логический подход машинного обучения, имеется ввиду логика наука о правильных рассуждениях независимо от области ее применения.

В данной задаче такой подход ряд преимуществ по сравнению с другими методами это легкая интерпретируемость и объяснимость полученных моделей, возможность эффективной работы с небольшими выборками, интеграция экспертных знаний и правил, лучшая работа с шумами и выбросами в данных.

Модель будет представлена в виде набора логических правил, позволяющих на основе симптомов и результатов обследования определять наиболее вероятный диагноз гастрита. Это облегчит работу врачей [\[5-6\]](#).

В качестве иллюстрации приведен фрагмент стандартизированной формы на рисунке 1, содержащей перечень симптомов и результатов обследований пациентов, которые учитывались при установлении диагноза гастрита.

Данная форма использовалась для фиксации клинической картины конкретного пациента и является частью исходных данных, на основании которых будет обучена предлагаемая модель. Заполнение такой формы врачом позволяет структурировать информацию о пациенте и симптомах заболевания.

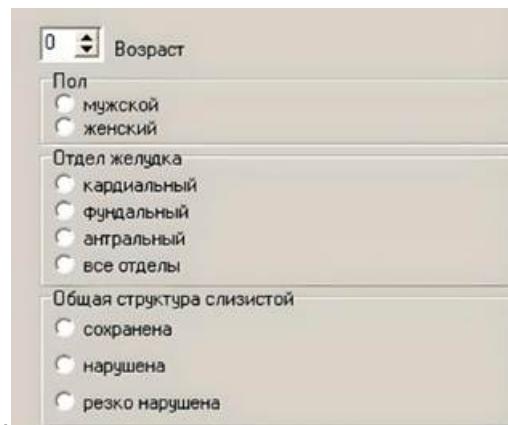


Рисунок 1. Фрагмент анкеты вводимых данных

Математическая постановка: необходимо найти функцию  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_{28})$  из 28 переменных, которая определена в 132 точках, область определения каждой переменной имеет разброс от 2 до 4 вариантов. Необходимо восстановить значение функции в других запрошенных точках.

Решение заключается в извлечении закономерностей из этих имеющихся примеров с установленным диагнозом и построении модели, основанной на анализе данных прошлых случаев.

Модель должна учитывать характеристики предыдущих пациентов, связь симптомов с диагнозом, и на основании этого быть способной классифицировать новые случаи.

Таким образом, задача формулируется как извлечение знаний из имеющегося набора решённых ранее аналогичных задач с целью прогнозирования решений для новых задач такого же класса.

И тогда  $X = (x_1, x_2, \dots, x_{28}), x_i \in \{0, 1, 2, 3\}$  – набор симптомов, диагностируемых заболеваний.

$Y = y_1, y_2, \dots, y_{132}$  – возможные диагнозы, каждый диагноз характеризуется  $x_1(y_i), x_2(y_i), \dots, x_{28}(y_i); y_i = f(x_1(y_i), \dots, x_n(y_i))$  соответствующим набором симптомов.

Это может быть представлено следующем виде:

$$\begin{pmatrix} x_1(y_1) & x_2(y_1) & \dots & x_n(y_1) \\ x_1(y_2) & x_2(y_2) & \dots & x_n(y_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(y_m) & x_2(y_m) & \dots & x_n(y_m) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix}.$$

Нужно учитывать, что опытный специалист может предоставить информацию о диагностике гастрита, основанную на клиническом мышлении, которая может быть более полной и объективной по сравнению с автоматическим анализом данных. Тем не менее, формализованный логический подход позволяет выявить объективные статистические закономерности в данных и выделить наиболее значимые признаки для постановки диагноза.

При этом необходимо учитывать ценный практический опыт врачей и их экспертные знания о возможностях диагностики [7]. Наилучших результатов можно добиться, если комбинировать логический анализ данных с экспертизой медицинских специалистов. Это позволит разработать модель, основанную как на статистических закономерностях, так и на глубоких познаниях в области. Это приведёт к более точному пониманию процесса диагностики гастрита [8].

## 2. Результаты

В задачах медицинской диагностики часто приходится работать с неполной и противоречивой информацией. Логический анализ данных позволяет выделить как явные, так и скрытые закономерности, установленные статистически. Это дает возможность определить минимально достаточный набор признаков для объяснения всех наблюдаемых закономерностей.

Под непосредственным руководством врачей была разработана карта гистологического исследования (КГИ)

КГИ представляет собой инструмент для диагностики и анализа патологических состояний, разработанный совместно с врачами-патологоанатомами. Она состоит из двух частей:

Первая часть содержит информацию о пациенте, такую как фамилия, инициалы, пол, возраст, а также дата и номер исследования. Она также включает 28 диагностических признаков, которые устанавливаются во время гистологического исследования. Эти признаки организованы в определенной последовательности и представляют собой вариант первоначального алгоритма диагностики. Врач, проводящий исследование, фиксирует значения этих признаков в КГИ в строгой последовательности.

Вторая часть, называемая "Диагноз", содержит основные целевые признаки. Главный целевой признак - это сам диагноз, который может быть одним из трех значений: "норма", "хронический поверхностный гастрит (ХГП)" или "хронический атрофический гастрит (ХГА)". В зависимости от выбранного диагноза, возможно включение до 9 дополнительных признаков, таких как топография, этиология и активность.

КГИ позволяет систематизировать и стандартизировать процесс диагностики гистологических образцов и обеспечивает единый подход к оценке и классификации патологических состояний. Он предоставляет врачам полную информацию о пациентах и их гистологических данных, что способствует более точному и надежному диагнозу. КГИ также может быть использован в исследованиях и анализе данных для выявления связей между различными признаками и патологическими состояниями.

Такая модель будет более компактной и достоверной по сравнению с исходным набором данных. Она также обладает большей надежностью и быстрой обработкой.

Система правил считается полной, если на ее основе можно воспроизвести все имеющиеся решения.

Группу диагнозов, обособленных по общим признакам или симптомам, удобно обозначать как класс.

Целью является построение такой модели на основе статистического анализа наличных медицинских данных.

Каждый диагноз может быть представителем одного или нескольких классов, причем каждый класс определяется набором схожих симптомов [9].

Логический анализ данных позволяет выявить закономерности в них и получить набор логических утверждений (правил), которые целиком описывают эти закономерности.

Это дает возможность классифицировать существующие диагнозы и разделить их на группы в зависимости от сходства симптомов.

Для каждого конкретного пациента можно сформулировать детерминированное условие (правило), устанавливающее взаимосвязь между наличием определенной комбинации симптомов и конкретным диагнозом.

$$\&_{j=1}^{28} x_j(y_i) \rightarrow P(y_i), i = 1, \dots, l; x_j(y_i) \in \{0,1,2,3\}. \quad (1)$$

Это общее правило продукции, где предикат  $P(y_i)$  принимает значение true, т.е.  $P(y_i) = 1$ , если  $y = y_i$  и  $P(y_i) = 0$ , если  $y \neq y_i$ .

Данное правило может быть записано в другой форме:

$$\bigvee_{i=1}^{28} \bar{x}(y_i) \vee P(y_i), y \in [1, \dots, m]. \quad (2)$$

Обобщающая модель для имеющегося набора данных может быть построена как логическое умножение (конъюнкция) всех индивидуальных правил классификации. То есть мы получим единое логическое выражение, учитывающее все возможные варианты соответствия комбинации признаков и диагнозов для всех объектов в выборке. Это позволит описать в виде единой функции зависимость между признаками и диагнозами для всего множества данных, объединив все частные правила в целостную модель. Полученная таким образом конъюнктивная функция будет в полной мере учитывать взаимосвязи, присущие рассматриваемому набору медицинских данных.

$$f(X) = \&_{j=1}^{132} \left( \bigvee_{i=1}^{28} \bar{x}_i \vee P(y_i) \right). \quad (3)$$

Построенная модель позволяет исключать несущественные признаки и разделять данные на классы по диагнозам, при этом один и тот же диагноз может быть характеризован различными комбинациями симптомов. В итоге получается логическое выражение из  $m+n$  переменных, где  $m$  - количество пациентов, а  $n$  - количество признаков.

Такая модель устанавливает правила соответствия комбинаций признаков и диагнозов, за исключением случаев, когда уже имеющиеся правила отрицаются. Она будет верна для всех действительных комбинаций признаков и диагнозов и неверна только если какие-то комбинации отрицают установленные ранее зависимости. Модель легко модифицировать, добавляя новые правила с помощью логического умножения. Это позволяет учитывать дополнительные данные или ситуации. Таким образом получается гибкая система, способная корректироваться и расширяться [10].

Данную логическую модель можно представить в виде рекурсивной функции. При этом каждое конкретное правило может вызывать другие правила или вспомогательные

подфункции для установления окончательного диагноза. Такая иерархическая структура обеспечивает большую гибкость и эффективность обработки данных, поскольку позволяет принимать решения на основании цепочек выводов. Благодаря возможности модификации и расширения функции, а также применению рекурсивного формата, можно создавать адаптивные системы диагностики.

Они способны учитывать различные комбинации симптомов и принимать более точные и обоснованные решения по выявлению наиболее вероятного диагноза. Такая архитектура обеспечивает гибкость и способность постоянного совершенствования модели при поступлении новых данных.

$$W(X) = Z_k(q_k w_k X);$$

$$Z_k(q_k w_k X_k) = Z_{k-1} \& \left( \bigvee_{i=1}^{28} \overline{x_k}(w_i) \vee w_k \right) \vee q_{k-1} \& \left( \bigvee_{i=1}^{28} \overline{x_k}(w_i) \vee w_k \right); \quad (4)$$

$$q_k = q_{k-1} \& \left( \bigvee_{i=1}^{28} \overline{x_k}(w_i) \right); \quad q_1 = \bigvee_{i=1}^{28} \overline{x_1}(w_i); \quad j = 2, \dots, 132; \quad Z_1 = w_1.$$

Где  $W(X)$  – моделируемая функция,  $Z_j$  – характеристика объектов в текущий момент,  $q_j$  – состояние системы в текущий момент [12].

Если логическая функция представлена в виде минимизированной дизъюнктивной нормальной формы (МДНФ), она позволит компактно описать данные. В такой функции будут зашифрованы возможные варианты диагнозов; классы диагнозов, объединяющие их на основе сходства симптомов; комбинации признаков, не характерные для рассматриваемых диагнозов.

Преимуществом МДНФ является компактное и однозначное представление знаний. Это позволит сократить размер модели [11].

Фрагмент внутреннего программного представления продемонстрирован на рисунке 2

```
IX2*1X1 + A*1X1 + 0X1*0X2 + A*0X2 + 0X1*B + 1X2*B + A*B=TRUE
1X2*1X1 + A*1X1 + 0X1*0X2 + A*0X2 + 0X1*B + 1X2*B + A*B=TRUE
0X1 + 0X2 + C=TRUE
*****
0X1*0X2 + 0X1*B + A*0X2 + 1X2*B*0X1 + A*B*0X1 + A*1X1*0X2 + A
0X1*0X2 + 0X1*B + A*0X2 + 1X2*B*0X1 + A*B*0X1 + A*1X1*0X2 + A
1X1 + 1X2 + D=TRUE
```

Рисунок 2. Фрагмент программного представление функции

При больших объемах данных прямое представление в виде ДНФ может стать громоздким. Поэтому целесообразно использовать приведенный ниже алгоритм.

### 3. Обсуждение

Данные о каждом пациенте представлены в виде таблицы, где столбцы соответствуют вопросам анкеты и возможным ответам, строки – пациентам и группам (классам) пациентов и их диагнозам. Значения симптомов и результатов обследования для каждого пациента записываются в соответствующие ячейки таблицы. Диагнозы кодируются цифрами и также помещаются в таблицу, в столбцы, соответствующие характеристикам данного пациента. Используются  $k$ -значные логические предикаты для описания зависимостей между симптомами и диагнозами. Эти предикаты формализуются в виде системы продуктивных правил отношений данных – симптомов к диагнозам.

Такая структуризация позволяет формализовать знания о зависимостях в рамках задачи распознавания диагнозов гастрита.

Набор симптомов 1 → Решение 1,

Набор симптомов 2 → Решение 2,

...

Набор симптомов м → Решение м.

Важно отметить, что одно и то же решение может произойти из разных наборов входных данных.

Во-первых, построенная система продуктивных правил (импликативных высказываний) может быть преобразована в оптимальное логическое выражение с учетом логических функций.

Это позволяет удалить избыточную информацию и выявить все возможные эквивалентные классы решений. Таким образом можно выделить скрытые закономерности в данных.

Описание программы:

Данная программа реализует описанный ранее алгоритм и состоит из двух исполняемых модулей:

Модуль 1: Расшифровка базы данных и анализ результатов.

Этот модуль выполняет расшифровку базы данных с использованием словаря.

Загружает симптомы и диагнозы в форме вопросно-ответных пар.

Анализирует результаты с использованием описанного алгоритма.

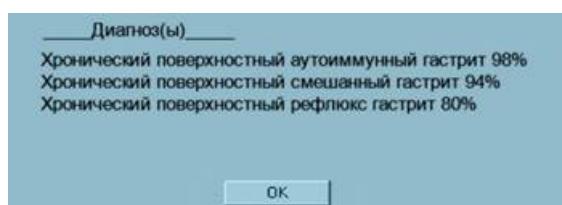
Модуль 2: Создание базы знаний Knoyledge.

Этот модуль программы выполняет функции по формированию и совершенствованию базы знаний. На основании информации из исходных данных создает начальную версию системы знаний. Обеспечивает уточнение и пополнение знаний уже существующей базы, может оптимизировать объем хранимой информации в зависимости от заданного уровня приближения

[12,13].

Для получения результата диагностики с заданной точностью необходимо заполнить все поля, указанные на рисунке 1.

Если заданная точность невозможна, это будет отображено в соответствующем сообщении, как показано на рисунке 3.



### Рисунок 3. Результат диагностики

## Заключение

В ходе исследования была разработана программная система для диагностики гастрита на основе логического анализа медицинских данных.

Предложенный метод анализа позволяет выявлять скрытые зависимости, классифицировать данные и выделить уникальные черты каждого диагноза. В отличие от нейронных сетей, логический подход более интерпретируем и не требует дополнительного обучения.

Логические алгоритмы являются эффективным инструментом для интеллектуального анализа данных. Они рассматривают исходную информацию как совокупность общих закономерностей, из которых можно выделить минимально достаточный набор правил для объяснения всех наблюдений. Эти правила также позволяют лучше понять изучаемые процессы.

Разработанная система может стать полезным инструментом для врачей-гастроэнтерологов, обеспечивая принятие обоснованных решений на основе логического осмысливания данных информирования интегративного представления о проблеме диагностики.

## Библиография

1. Журавлёв Ю. И. *Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации* // Проблемы кибернетики. 1978. Т. 33. С. 5–68.
2. Шибзухов З.М. Корректные алгоритмы агрегирования операций // Распознавание образов и анализ изображений. 2014. № 3 – 24. С. 377-382.
3. Ashley I. Naimi, Laura B. Balzer Multilevel generalization: an introduction to super learning // European Journal of Epidemiology. 2018. Vol. 33. P. 459–464.
4. Haoxiang, Wang, Smith S. Big data analysis and perturbation using a data mining algorithm // Journal of Soft Computing Paradigm. 2021. №. 3 – 01. P. 19-28.
5. Joe MrK, Vijesh, Jennifer S. Raj User Recommendation System Dependent on Location-Based Orientation Context // Journal of Trends in Computer Science and Smart Technology. 2021. № 3-01. P. 14-23.
6. Grabisch M., Marichal J-L, Pap E. Aggregation functions // Cambridge University Press. 2009. Vol. 127.
7. Calvo T, Belyakov G. Aggregating functions based on penalties // Fuzzy sets and systems. 2010. № 10-161. P. 1420-1436.
8. Mesiar R, Komornikova M, Kolesarova A, Calvo T. Fuzzy aggregation functions: a revision // Sets and their extensions: representation, aggregation and models. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
9. Yang F, Yang Zh, Cohen W.W. Differentiable learning of logical rules for reasoning in the knowledge base // Advances in the field of neural information processing systems. 2017. P. 2320-2329
10. Akhlakur R., Sumaira T. Ensemble classifiers and their applications: a review //International Journal of Computer Trends and Technologies. 2014. Vol. 10. P. 31-35
11. Lyutikova L.A., Shmatova E.V. Algorithm for constructing logical operations to identify patterns in data // E3S Web of Conferences, Moscow, 25–27 ноября 2020 года. – Moscow, 2020. Vol. 224, P. 01009.

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

В данной статье речь идет о возможностях использования искусственного интеллекта в целях медицинской диагностики. Автор зачем-то пользуется термином «машинаное обучение», который к настоящему времени морально устарел. Но не в этом суть. Дело в том, что такая работа, действительно, нужна и она важна. И самое главное, что внедрение искусственного интеллекта в практику медицинской диагностики остановить невозможно, нравится это кому-то или нет. Процесс идет и в этом отношении важно определить приоритеты.

Автор пишет, что медицинская диагностика активно использует методы машинного обучения, которые позволяют эффективно анализировать данные и поддерживать процесс постановки диагноза. Да, это так. Предлагается использовать логические методы для построения модели диагностики, поскольку построенные на логических правилах и ограничениях модели, более понятны и прозрачны для врачей/специалистов по сравнению с «черными ящиками» глубокого обучения. В данном месте очевидна подмена понятий. Говоря об использовании логических методов, автор имеет в виду логику искусственного интеллекта. Но есть еще понятие диагностической логики в качестве процесса определения этиологии и патогенеза заболевания, дифференциально-диагностических отличий, индивидуальных особенностей патологического процесса и др. Это врачебная логика. Поэтому автор в этой статье пишет не о той логике, которой обучают в медицинских вузах. В этом конфликт.

Поэтому все дальнейшее изложение материала в данном тексте надо понимать, как процесс построения диагностического машинного алгоритма, который может иметь какое-то отношение к медицинской диагностике. А может и не иметь. Такие возможности относятся к дополнительным и вспомогательным средствам диагностики. Учитывая их в общем диагностическом процессе, врачу важно не ошибиться. Но о рисках использования таких машинных диагностических моделей пока в литературе данных нет. Все пишут об одном и том же, как и автор данной статьи, что такие модели только облегчат работу врача, ошибочно полагая, что врач очень сильно устает от диагностики. Это не соответствует действительности. Врач устает не от диагностики.

Тем не менее, целью данного исследования «является создание модели машинного обучения для поддержки диагностики гастрита на основе имеющихся данных о пациентах». Мысль автора понятна и с такой формулировкой цели можно согласиться в принципе.

Далее по тексту сказано, что было выделено 17 типов гастрита. Какие это 17 типов? Зачем они? Это по запросу врачей или по инициативе разработчика модели? Врачам не надо навязывать какие-то новые типы гастритов и таким образом обязывать их перестраивать диагностический процесс с учетом машинной логики. Должно быть ровно все наоборот.

А автор уже пишет, что «необходимо построить алгоритм, способный классифицировать новых пациентов по этим данным и определять вероятный диагноз, чтобы помочь врачам в диагностике». По каким это «этим данным»? Это по этим 17 типам? А далее, следовательно, необходимо направить врачей на обучение знаниям машинной логики? Такой подход не верен в принципе. И это потому, что автор не опирается на какие-либо разумные методологические принципы медицинской диагностики. Врачам-диагностам надо помогать, а не мешать.

Приводимые ниже формулы для потенциального читателя никакого интереса не представляют и напрасно автор их привел по тексту. Какого-либо аргументирующего значения они не имеют. Статьи с таким содержанием необходимо рассматривать в специализированных журналах.

Но все-таки надо отдать должное автору в том смысле, что он придерживается правильного понимания соотношений человека и машины. Так, в статье отмечено, что необходимо учитывать, что «опытный специалист может предоставить информацию о диагностике гастрита, основанную на клиническом мышлении, которая может быть более полной и объективной по сравнению с автоматическим анализом данных». Тем не менее, формализованный логический подход позволяет выявить «объективные статистические закономерности в данных и выделить наиболее значимые признаки для постановки диагноза. При этом необходимо учитывать ценный практический опыт врачей и их экспертные знания о возможностях диагностики». Так правильно пишет автор и это свидетельствует о том, что он, скорее всего, сумеет найти взаимопонимание с медицинским сообществом в вопросах не только применения машинных моделей в диагностическом процессе, но, что еще важно, в процессе разработки таких моделей.

В этом смысле открывается перспектива психологического осмысления критических аспектов данного процесса. Необходимо учитывать здоровый консерватизм системы медицинской диагностики и необходимость внедрения в нее новых моделей, основанных на логике машинной логики. Все это будет способствовать рационализации диагностического процесса за счет расстановки диагностических приоритетов. Какой будет эта расстановка, сказать невозможно до обобщения опыта применения диагностических машинных алгоритмов. Рецензент, кстати, не исключает, что в ряде случаев использование машинного интеллекта вполне может быть приоритетным.

Поэтому данную статью можно рекомендовать к опубликованию после доработки текста и переработки библиографического списка, включив в него источники, которые более понятны не только врачам, но и психологам.

## **Результаты процедуры повторного рецензирования статьи**

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.*

*Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).*

Предметом исследования в рецензируемой статье выступает логическое моделирование и его применение для анализа и классификации медицинских данных с целью диагностики.

Методология исследования базируется на обработке статистических данных о результатах гистологического исследования гастробиопсий 132 пациентов, проведенного в период с 2019 по 2022 год в Патологоанатомическом бюро, принадлежащем Государственному учреждению здравоохранения, применении методов моделирования и машинного обучения.

Актуальность работы авторы справедливо связывают с тем, что методы машинного обучения эффективно анализировать данные и поддерживать процесс постановки медицинского диагноза, а применяемые алгоритмы самостоятельно находят признаки и строят модели на основе обучающих данных.

Научная новизна рецензируемого исследования, по мнению рецензента, состоит в разработанной авторами статьи модели машинного обучения для поддержки диагностики гастрита для диагностики гастрита на основе логического анализа медицинских данных.

В статье структурно выделены следующие разделы: Введение, Материалы и методы,

Результаты, Обсуждение, Заключение, Библиография.

В статье приведено описание построения алгоритма, способного классифицировать новых пациентов по данным результатов гистологического исследования, используемым в качестве основы для обучающей выборки и определения диагноза. Математическая постановка задачи сводится к нахождению функцию 28 переменных, область определения каждой из которых имеет разброс от 2 до 4 вариантов, по 132 точкам и восстановлению значений функции в других запрошенных точках. Авторы считают, что логический анализ данных позволяет выявить закономерности в них и получить набор логических утверждений, которые целиком описывают эти закономерности, что дает возможность классифицировать существующие диагнозы и разделить их на группы в зависимости от сходства симптомов. Модель машинного обучения позволяет исключать несущественные признаки и разделять данные на классы по диагнозам.

Предложенная авторами программа включает два модуля: «Расшифровка базы данных и анализ результатов», а также «Создание базы знаний». Текст статьи иллюстрирован тремя рисунками: «Фрагмент анкеты вводимых данных», «Фрагмент программного представление функции», «Результат диагностики», содержит четыре формулы. В Заключении сделаны выводы о том, что Логические алгоритмы являются эффективным инструментом для интеллектуального анализа данных, а разработанная система может стать полезным инструментом для врачей-гастроэнтерологов, обеспечивая принятие обоснованных решений.

Библиографический список включает 11 источников – публикации зарубежных и отечественных ученых по теме статьи, на которые в тексте имеются адресные ссылки, подтверждающие наличие апелляции к оппонентам.

В качестве замечания следует отметить, что в тексте встречаются опечатки, например, «информирования» в заключительном предложении статьи.

Статья отражает результаты проведенного авторами исследования, соответствует направлению журнала «Программные системы и вычислительные методы», содержит элементы научной новизны и практической значимости, может вызвать интерес у читателей, рекомендуется к опубликованию.

**Программные системы и вычислительные методы***Правильная ссылка на статью:*

Корчагин В.Д. — Анализ современных SOTA-архитектур искусственных нейронных сетей для решения задач классификации изображений и детекции объектов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 73 - 87. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.69306 EDN: MZLZMK URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69306](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69306)

## **Анализ современных SOTA-архитектур искусственных нейронных сетей для решения задач классификации изображений и детекции объектов**

Корчагин Валерий Дмитриевич

ORCID: 0009-0003-1773-0085

аспирант, кафедра ПИШ ХИМ, образовательной организации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

127253, Россия, г. Москва, ул. Псковская, д.12, к.1, кв. 159



✉ valerak249@gmail.com

[Статья из рубрики "Языки программирования"](#)

**DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.69306

**EDN:**

MZLZMK

**Дата направления статьи в редакцию:**

12-12-2023

**Дата публикации:**

31-12-2023

**Аннотация:** Научное исследование сфокусировано на проведении анализа наиболее эффективных архитектур искусственных нейронных сетей для решения задач классификации изображений и детекции объектов, согласно данным, полученным с открытого портала для публикации результатов проведения эмпирического исследования собственного алгоритма или применения существующих решений для решения альтернативного перечня задач. Актуальность исследования опирается на растущий интерес к технологиям машинного обучения и регулярного улучшения существующих и разработке инновационных алгоритмов компьютерного зрения. Предметом анализа выступают структурные особенности существующих архитектур

нейронных сетей. В частности, наиболее эффективные подходы, используемые в современных архитектурах, позволяющие достигать рекордных показателей в рамках используемых метрик качества, а также ключевые недостатки существующих подходов. Исследуется временной интервал, затрачиваемый как на обучение модели, так и на получение итогового результата. В рамках данной статьи было проведено аналитическое исследование преимуществ и недостатков существующих решений, рассмотрены передовые SOTA архитектурные решения. Изучены наиболее эффективные подходы, обеспечивающие повышение точности базовых моделей. Определено количество используемых параметров, величина обучающей выборки, точность модели, её размер, адаптивность, сложность и требуемые вычислительные ресурсы для обучения отдельно взятой архитектуры. В рамках настоящей исследовательской работы была осуществлена детальная аналитика внутренней структуры наиболее эффективных архитектур нейронных сетей путем сравнительного анализа пяти перспективных решений, извлеченных из каждого анализируемого датасета, ориентированных на классификацию изображения и детекцию объектов. Построены графики зависимости точности от количества используемых параметров в модели и величины обучающей выборки. Проведенный сравнительный анализ эффективности рассматриваемых решений позволил выделить наиболее действенные методы и технологии для проектирования архитектур искусственных нейронных сетей. Дополнительно, были идентифицированы перспективы для последующих исследований, сфокусированных на гибридизации сверточных нейронных сетей с визуальными трансформерами. Предложен новый метод, ориентированный на создание комплексной адаптивной архитектуры модели, которая может динамически настраиваться в зависимости от входного набора параметров, что представляет собой потенциально значимый вклад в область построения адаптивных нейронных сетей.

**Ключевые слова:**

визуальный трансформеры, сверточные нейронные сети, машинное обучение, анализ, гибридные нейронные сети, искусственный интеллект, компьютерное зрение, классификация, детекция, новый метод

**Введение**

В настоящее время наблюдается активная популяризация исследований в области развития и интеграции AI-технологий в различных сферах человеческой деятельности. Искусственные нейронные сети (далее - ИНС) становятся фундаментальным инструментом, оказывающим революционное воздействие на многие аспекты человеческой жизни. Они обладают способностью обучаться на обширных объемах данных, распознавать сложные образы, проводить анализ и формулировать прогнозы, которые ранее казались недостижимыми и предоставляют возможность оптимизировать выполнение повседневных задач путем частичной или полной автоматизации определенных операций. С каждым годом ИНС становятся все более мощными и сложными, открывая новые возможности в таких областях, как CV, NLP (от англ. Natural Language Processing, NLP - обработка естественного языка. Терминология), автономная навигация, прогнозирование и многое другое. Повышение эффективности нейросетевой модели становится приоритетным направлением исследований в различных ML-областях, позволяя достигать аналогичных результатов при более экономичном потреблении вычислительных ресурсов.

Целью настоящей статьи является проведение исследования современных архитектур ИНС, применяемых для решения задач классификации и детекции объектов. Основной фокус исследования направлен на выявление наиболее эффективных методов в структуре ИНС путем сравнительного анализа их преимуществ и недостатков.

В статье будет рассмотрено историческое развитие последних архитектурных достижений, приведено детальное описание ключевых аспектов, лежащих в основе современных подходов в области СВ, проведен обзор актуальных тенденций и вызовов, с которыми сталкиваются исследователи и инженеры, работающие с AI-технологиями, представлены сравнительные графики, демонстрирующие основные показатели производительности современных моделей ИНС. Полученные результаты позволят выявить общие преимущества и недостатки современных подходов к построению нейронных сетей, определить перспективы и направления будущих исследований.

Как известно [1,2,3], внутренняя структура ИНС представляет собой сложную математическую модель, содержащую множество переменных параметров и динамически изменяемых вычислительных блоков. Независимо от глубины модели и сложности применяемых подходов, общее архитектурное представление ИНС может быть проиллюстрировано следующим образом (Рис 1).

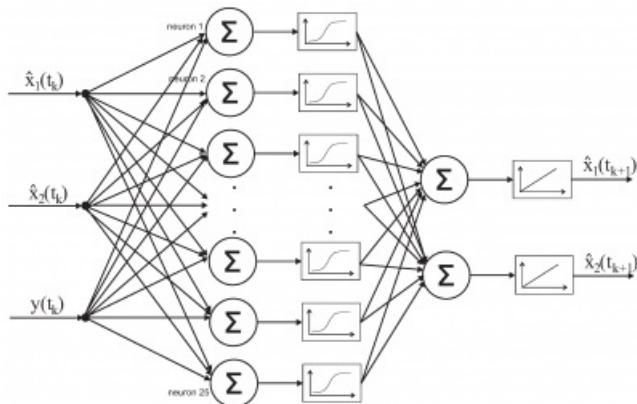


Рис. 1 – Схема архитектуры нейронной сети в общем виде

где  $x$  и  $y$  - нейроны или признаки входного слоя,  $\Sigma$  - сумматор весовых коэффициентов, полученных от входного набора признаков, график – отражает функцию активации для поддержания линейности или нелинейности выходных результатов

Кроме того, ИНС классифицируются по различным критериям, включая количество вычислительных слоев и тип построения внутренних связей между нейронами: однослойные, многослойные и с обратными связями. Однако, независимо от используемого класса, сохраняются основные структурные элементы, присущие любой модели ИНС.

В качестве функции активации может быть применено любое дифференцируемое решение [4,5]. Определение наиболее подходящей зависимости осуществляется инженером по работе с данными на основе: глубокого анализа предметной области и выбора активационной функции с оптимальным характером распределения, имеющегося опыта решения аналогичного набора задач, метода подбора для достижения наиболее точных показателей сходимости модели.

После выбора функции активации следует этап вычислительной обработки. Входные данные подаются в нейронную сеть в виде тензора, содержащего определенный набор

параметров [6]. Далее, в зависимости от текущего этапа построения модели, происходит либо одностороннее прямое распространение ошибки, в случае готовности модели для применения в реальных задачах, либо двунаправленное (прямое и обратное) распространение ошибки, в случае нахождения модели в процессе обучения.

В процессе прямого распространения вычисляется сумма входных сигналов с учетом весовых коэффициентов для каждой связи, затем применяется активационная функция для получения выходных значений.

В процессе обучения модели, конечный результат подвергается анализу в соответствии с выбранным методом обучения - с учителем, без учителя или с подкреплением. Различия методов заключаются в способе получения ответа о корректности полученного предсказания.

Целью обучения ИНС является минимизация функции потерь путем обновления весовых коэффициентов в направлении антиградиента на каждом шаге обучения с помощью вариативных алгоритмов градиентного спуска.

Величина градиента вычисляется путем определения частных производных весовых коэффициентов.

Процесс обучения с помощью обновления весовых коэффициентов в соответствии с установленным шагом по направлению вектора антиградиента называется бэкпропом (от англ. backpropagation, backprop – обратное распространение ошибки. Терминология) и продолжается до момента достижения порогового значения величины точности, либо до момента прохождения заданного количества эпох обучения.

Основное отличие более сложных моделей заключается в масштабе используемого пространства входных параметров, что позволяет создавать более сложные зависимости, агрегируя более обширный набор признаков и способствуя обработке как структурированных, так и неструктурированных данных большего объема.

Кроме того, современные прогрессивные модели ИНС используют многослойную структуру бэкбона (от англ. backbone – скелет, позвоночник. Терминология), что позволяет выделять как общие, так и более локальные зависимости в рамках одного датасета. Например, в контексте распознавания изображений многослойная архитектура может использоваться для выделения и конкатенации различных паттернов изображения.

Передовые ИНС имеют ряд общих проблем, решение которых способствует распространению исследований и интеграции новых подходов в области ML и AI-технологий. К ним относятся:

– Большое число входных параметров. В контексте обработки и анализа изображений наблюдается прямопропорциональное увеличение размерам модели в зависимости от разрешения и количества цветовых каналов. В следствии этого, использование базовой архитектуры ИНС для анализа современных изображений высокого качества становится неприменимым по причине существенного роста как времени обучения, так и обработки входного набора данных;

– Переобучение. Представляет собой альтернативную проблему, связанную с размером модели. Увеличение количества нейронов в ИНС способствует не только повышению временной продолжительности обучения, но и улучшению способности модели запоминать признаки. При обучении на ограниченном объеме данных ИНС может достичь

минимальных значений функции потерь, что свидетельствует о идеальном предсказании в рамках обучающей выборки. Однако, при проведении тестирования на реальном наборе тестовых данных, сеть может демонстрировать существенное увеличение доли ошибочных значений по сравнению с результатами на обучающей выборке. Данное явление характеризует непригодность полученной модели для эффективного решения поставленной задачи, поскольку, вместо обобщения зависимостей в данных, происходит запоминание конкретного обучающего набора, включая как структурированные и "чистые" данные, так и случайные, зашумленные или аномальные образцы. В итоге, модель может демонстрировать слабую способность к предсказанию достоверных результатов на практике;

– Затухание градиентов. Представляет собой распространенное явление в контексте обучения ИНС. Эта проблема связана с тем, что величины частных производных функции потерь по параметрам модели. Вычисляемые в процессе бэкпропа, с течением времени, могут принимать значения антиградиента на уровне погрешности. В результате, ИНС демонстрирует резкое снижение скорости обучения и обновления весовых коэффициентов, что, также, характеризует непригодность модели к использованию в реальных задачах.

Решение представленного ансамбля проблем способствует разработке более гибких и эффективных архитектурных подходов, позволяющих достигать аналогичных или более высоких показателей при более экономичном расходе вычислительных ресурсов. Поэтому, исследование современных архитектур ИНС является актуальной задачей, позволяющей получить сведения о наиболее удачных подходах, применяемых на практике.

### **Материалы и методы исследования**

Для анализа последних достижений в области архитектур машинного обучения, необходимо ознакомиться с компартивным графиком наиболее эффективных моделей, применяемых в задачах классификации и детекции за последнее время. При отборе наиболее эффективных моделей учитывались только конечные итерации State-Of-The-Art (далее – SOTA) архитектурных решений. Анализ базируется на результатах, полученных при использовании следующих датасетов: ImageNet, CIFAR-10, CIFAR-100, MS COCO-minival. Сведения об использованных датасетах были взяты с открытого портала научных исследований PapersWithCode.

Для проведения анализа был сформирован набор из пяти SOTA-моделей из каждого датасета. На рисунке 2 представлены сводные показатели эффективности моделей ИНС, разделенные на группы в зависимости от используемого датасета и применяемой метрики.

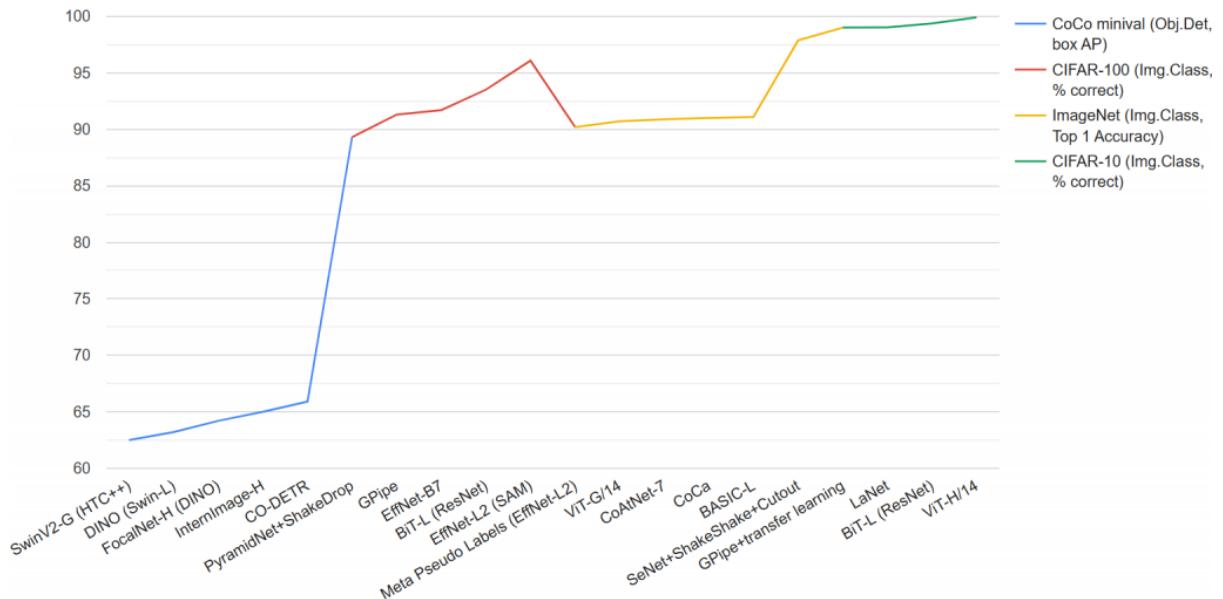


Рис. 2. Сводные результаты эффективности моделей ИНС

Сравнительный анализ эффективности ИНС будет базироваться на следующем наборе основных критериев:

- Точность классификации: способность модели корректно классифицировать представленные ей данные;
- Размер модели: количество параметров в архитектуре ИНС, влияющие на ее размер и возможность развертывания в условиях ограниченности вычислительных ресурсов;
- Адаптивность: способность модели выдавать корректный результат при введении нового, ошибочного или видоизмененного набора входных данных. Оценка данного параметра будет производиться на основе сведений о размере обучающей выборки и точности классификации.

Также, при проведении оценки эффективности наиболее удачных подходов неявно будет учитываться следующий набор параметров:

- Скорость обучения и предсказания: определяется временем, затрачиваемым на обучение модели и получение предсказаний. Является важным фактором при проведении анализа большого набора данных или решения задач в режиме реального времени;
- Устойчивость к переобучению: показатель, отражающий способность ИНС к обобщению данных обучающей выборки;
- Универсальность: способность модели работать с различными типами задач, такими как классификация, детекция, кластеризация и другие;
- Сложность модели: этот критерий связан с количеством слоев и нейронов в архитектуре, влияющий на обучаемость и производительность.

Проведение фактического сравнения указанных параметров не представляется возможным по причине отсутствия зафиксированных сведений в большинстве существующих решений.

Агрегация вышеперечисленных критериев формирует комплексную оценку

эффективности ИНС, имеющей важное значение при выборе модели для решения специфического круга задач.

В настоящей статье приводится анализ наиболее эффективных подходов, демонстрирующих значительное увеличение эффективности по сравнению с предшествующими архитектурами на основе исследования соответствующей литературы [7-33]. Рассмотрим структурные составляющие каждого из наиболее эффективных решений.

**SENet**<sup>[7]</sup> представляет собой инновационное решение, в рамках которого был разработан SE-блок (от англ. Squeeze and Excitation, SE – сжатие и возбуждение) с целью установления четких связей между признаковыми каналами на основе глобальной пространственной информации. Squeeze блок формируется путем применения операции GAP (от англ. Global Average Pooling, GAP – глобальное среднее объединение) к исходной карте признаков, что создает одномерный вектор, содержащий средние статистические значения для каждого канала.

Для использования информации, полученной на этапе сжатия, применяется Excitation-блок, суть которого заключается в применении механизма гейтинга (от англ. gating – стробирование, пропускание. Терминология) через функцию сигмоиды для выделения наиболее значимых элементом в промежуточном наборе данных. Для ограничения сложности модели, производится параметризация механизма гейтинга с помощью бottleneck (от англ. bottleneck – узкое место, узкое горлышко. Терминология), состоящего из двух FC-слоев (от англ. Fully Connected, FC – полносвязный. Терминология), обособленных между собой активационной функцией ReLU, являющегося слоем с поникающим размерность коэффициентом.

Дополнительными методами для повышения точности является ShakeShake<sup>[8]</sup> и Cutout<sup>[9]</sup> регуляризации. Регуляризацией называется добавление дополнительной информации к модели с целью предотвращения переобучения и уменьшения влияния «шума». Она достигается путем добавления штрафов или ограничений к функции потерь базовой модели.

Согласно результатам исследования [7], интеграция разработанного SE-блока в архитектуру ResNet<sup>[10]</sup> позволяет повысить точность ИНС, в среднем, на 10%, в зависимости от глубины модели при сравнительно небольшом увеличении вычислительных затрат. Кроме того, авторами утверждается, что подбор понижающего коэффициента следует осуществлять вручную, исходя из требований базовой архитектуры, поскольку в зависимости от величины коэффициента, снижается количество параметров, что может повлиять на точность модели, о чем свидетельствуют результаты сравнения на примере модели SE-ResNet-50<sup>[7]</sup>. Примечательно, что вычислительная сложность наиболее глубокой модели ResNet-152 с использованием SE-блока имеет значение в 11.32GFLOPs, в то время как результат оригинальной модели составляет 11.3GFLOPs.

**EfficientNet**<sup>[11]</sup> (сокращенно EffNet) представляет собой архитектурное воплощение глубокой нейронной сети, основанной на технологии генеративного построения адаптивной архитектуры, аналогичной по отношению к использованной в MnasNet. Ключевая идея и отличие EffNet от MnasNet заключаются в том, что, как утверждают авторы [11], размерность сверточного слоя, извлекающего признаки из изображения, имеет линейную зависимость от размера входного изображения, что требует изменения

глубины, ширины сверточного слоя или разрешения изображения для извлечения более «тонких» паттернов. В отличие от традиционных методов [11], авторский подход заключается в комбинированным применении всех традиционных методов.

Дополнительно было выявлено, что изменение гиперпараметров модели неоднородно влияет на вычислительную сложность. Увеличение глубины модели путем добавления новых сверточных слоев имеет линейную зависимость вычислительной сложности, в то время как увеличение ширины фильтра или разрешения изображения оказывает квадратичное воздействие.

Основываясь на результатах исследований 2017 года специалистами компании Google [12], был применен подход к построению рекуррентных нейронных сетей для создания автономно генерируемой модели. Принцип работы архитектуры MnasNet заключается в предсказании наиболее эффективного блока ширины, глубины или страйда для поданного тензора (метод Compound Scaling), построения модели и последующего обучения с подкреплением посредством максимизации величины награды. На основании результатов классификации, проводится проброс градиента ошибки в начальный строительный блок ИНС и делается повторное предсказание. Авторами исследования [12] отмечается, что итеративное повторение продолжалось до достижения заданного количества эпох обучения, однако этот подход можно повторять неограниченное число раз. Используя концепцию многоцелевого поиска, оптимизирующую как точность, так и вычислительную сложность, была разработана собственная базовая архитектура EffNet-B0.

Главным элементом всей архитектуры выступает инвертированный bottleneck-блок, именующийся MBConv в сочетании с ранее упомянутой концепцией SE-блока [7].

Масштабирование ИНС происходит в 2 этапа:

- Этап 1. Авторами фиксируется параметр  $\phi = 1$ , предполагается, что имеется двукратное превышение свободных ресурсов, после чего выполняется поиск по малой сети  $\alpha, \beta, \gamma$  на основании выражений 7 и 9. Для EffNet-B0 наилучшие значения коэффициентов составили  $\alpha = 1.2, \beta = 1.1, \gamma = 1.15$ , при учете следующего ограничения  $\alpha * \beta^2 * \gamma^2 \approx 2$ .
- Этап 2. Фиксируются переменные  $\alpha, \beta, \gamma$  как постоянные, после чего производится масштабирование сети по различным параметрам, используя выражение 9. Таким образом были получены модификации EffNet от B1 до B7

Важно отметить, что применение метода Compound Scaling эффективно лишь для базовых моделей с небольшим количеством параметров. Увеличение размера модели существенно снижает эффективность и замедляет процесс поиска оптимальных решений [11].

Общая идея последовательного генерирования строительных блоков модели ИНС получила название AutoML. Однако основным ограничением этого подхода является использование заранее заданных сверточных операций, связей и блочных структур. В связи с чем, полная автоматизация процесса поиска оптимальной архитектуры не представляется возможной в рамках AutoML подхода.

**ViT.** Архитектура Visual Transformer [13]. Поскольку отличительной особенностью всех моделей ViT является полное единообразие структуры, за исключением размера рецептивного поля, анализ может быть продуцирован для всех существующих моделей

одновременно.

Идея ViT возникла после успеха архитектуры Transformer в задачах NLP. Transformer [\[14\]](#) базируется на основе структуры энкодер-декодер, используемой для преобразования последовательностей. В своей основе для решения задач NLP трансформер использует механизм многоголового внимания (от англ. Multi-Head Attention, далее – МНА). Этот механизм опирается на метод масштабированного произведения скаляров (мультипликативного) (от англ. Scaled dot-product attention), который представляет собой взвешенную сумму сопоставления запроса с парами ключ-значение.

В качестве входных параметров в NLP используются результаты токенизации по словам. Заместо использования единой функции внимания со всеми ключами, значениями и запросами размерности модели, авторами [\[17\]](#) было решено применить линейное проецирование ключей и значений  $h$  раз с выученными проекциями размерностей  $D_k$ ,  $D_k$  и  $D_v$ . На каждой проекции параллельно выполняется функция внимания, результатом которой являются выходные значения размерности  $D_v$ . МНА позволяет использовать информацию с разных подпространств на разных позициях.

Дополнением к слоям внимания служит FC-слой прямого распространения, применяющейся поэлементно к каждой позиции.

Для генерации вероятностного распределения последующего токена на основе выходных данных декодера применяется операция линейного преобразования в сочетании с softmax-функцией.

Поскольку в задачах CV использование явной токенизации невозможно из-за высоких требований к вычислительным ресурсам, обусловленных большим количеством параметров и квадратичной зависимостью времени работы механизма внимания от входных данных, в архитектуре ViT применяется комбинированный подход, основанный на патчинге (от англ. Patch – клочок. Терминология) и PE (от англ. Position Embedding, PE – встраивание позиции).

Механизм патчинга осуществляется путем разбиения полного набора пикселей на мелкие группы, известные как патчи. Полученный набор токенов подается в стандартный энкодер архитектуры Transformer [\[14\]](#) вместе с class-token, используемый для итоговой классификации изображения с последующим блоком сети прямого распространения.

**Swin-V2** . Как было ранее отмечено, механизм внимания имеет квадратичную зависимость от входного набора токенов, что ставит под сомнение применимость ViT для задач сегментации или детекции из-за необходимости использования патчей меньшей размерности, что незамедлительно окажет существенное негативное воздействие на производительность сети.

Архитектура Swin [\[15,16\]](#) представляет собой следующий этап развития визуальных трансформеров для вышеописанных задач. На вход поступает набор патчей размерности  $4 \times 4$ , после чего происходит последовательное применение нескольких слоев Parch Merging (далее – PM) и Swin Transformer Block (далее – ST) через линейное преобразование. PM выполняет операцию конкатенации признаков соседних токенов в фильтре размерности  $2 \times 2$ , получая более высокоуровневое представление изображения. Таким образом после каждой стадии формируется карта признаков различных иерархических представлений, после чего применяется ST-блок. Исследование структуры ST-блока показывает [\[15,16\]](#), что он отражает классическую архитектуру

энкодер-декодер [14], но отличается применением операций skip-connection, характерной для ResNet и измененной функции внимания, которая является ключевым элементом Swin-архитектуры.

Авторами [15,16] было принято решение считать внимание не со всеми существующими в наборе токенами, а только с теми, которые находятся в определенной области фиксированного размера ((Window) Multi-Head Self Attention, далее – W-MSA)

Таким образом, внимание теперь функционирует за линейное  $h$ и время. Однако, применение данного метода сопровождается уменьшением представительной способности сети в силу отсутствия связи между различными токенами. Для коррекции данной проблемы, авторы внесли дополнительный слой с диагональным смещением рецептивного окна после каждого блока W-MSA. Это восстановило взаимодействие между токенами, сохраняя при этом линейную вычислительную сложность.

В связи с увеличением количества вычислительных операций, при использовании данного подхода, авторами было предложено проведение предварительного циклического сдвига с целью исключения взаимодействия между несмежными токенами путем наложения маски. Такой подход позволяет сохранять количество операций внимания при применении операции паддинга изображения.

Помимо внедрения нового метода вычисления Attention, авторами введена новая калькуляция position embedding путем добавления обучаемой матрицы relative position bias.

Результатом синтеза RA и W-MSA стало возможным построение архитектуры, позволяющей извлекать признаки на разных пространственных масштабах и успешно использовать Swin в качестве бэкбуона в задачах сегментации и детекции.

**CoAtNet- 7 .** Сеть Convolutional Attention Network [17] представляет собой результат комбинации передовых CNN и ViT-подходов для решения CV-задач. С помощью объединения пространственной свертки и механизма самовнимания, а также последовательного наложения слоев свертки и внимания, была разработана архитектура, проявляющая высокую производительность как на больших, так и малых датасетах.

CoAtNet вводит новую структуру относительного внимания (от англ. relative attention, далее – RA), который интегрирует концепцию относительных весов или смещений в процесс кодирования-декодирования данных. Вместо присвоения фиксированных весов каждому элементу, RA позволяет модели учитывать относительные позиции элементов в последовательности при вычислении весов. Это особенно полезно, когда важность элементов зависит от их относительного расположения, а не абсолютного. Однако использование RA к исходному изображению требует значительных вычислительных затрат.

Авторами [17] было проведено исследование двух подходов к решению данной проблемы:

- Использование сверточного stem-блока 16\*16, а затем блоки L-трансформеров с RA;
- Применение многоступенчатой сети с постепенным пулингом. Для исследования было выбрано 4 конфигурации сети, состоящих из С-свертки и Т-трансформер.

Оценка проводилась на основе двух критериев:

- Обобщение: величина минимального разрыва между показателями по обучающей и валидационной выборке;
- Емкость: лучшая производительность за одинаковое количество эпох.

Результатом авторского исследования было получено заключение, что применение С-С-Т-Т конструкции является наиболее эффективной среди исследуемых.

## Результаты

Для комплексной оценки эффективности имеющихся решений было необходимо провести анализ зависимости точности модели от количества параметров и объема обучающей выборки. Для этого использовались данные ранее описанных моделей, обученных на датасете ImageNet. При отсутствии данных для конкретной модели, она исключалась из результирующей выборки. Графическое представление нормализованных результатов исследования проиллюстрировано на рисунке 3.

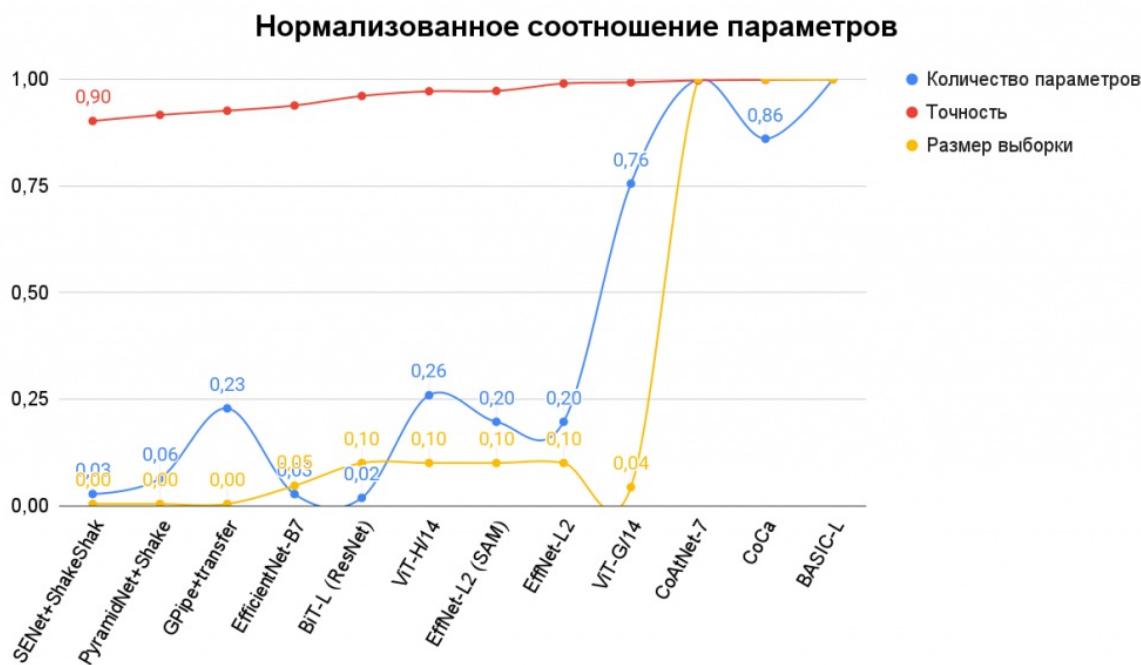


Рис. 3 – График нормализованного соотношения параметров

На основе анализа представленной информации можно утверждать, что сверточные архитектуры, на текущий момент, обладают более высокой эффективностью по сравнению с гибридными или ViT решениями. С точки зрения соотношения точности, размера обучающей выборки и количества параметров, наиболее эффективной архитектурой является EfficientNet из семейства CNN. Она проявляет высокую способность к обобщению данных в задачах классификации при малой обучающей выборке и количестве параметров модели. Кроме того, современные решения, основанные на архитектуре ViT или использующие гибридный подход, требуют большего объема данных для достижения рекордных или схожих с CNN результатов. Однако, исследование [13] свидетельствует о высокой скорости обучения ViT-решений благодаря способности патчей охватывать все рецептивное поле изображения одновременно, в отличие от последовательного сравнения выходных карт признаков в CNN-архитектурах.

Согласно результатам исследования [13], использование гибридизации CNN и ViT позволяет, в среднем, достигать большей точности классификации при равной вычислительной сложности, о чем свидетельствует иллюстрация на рисунке 4.

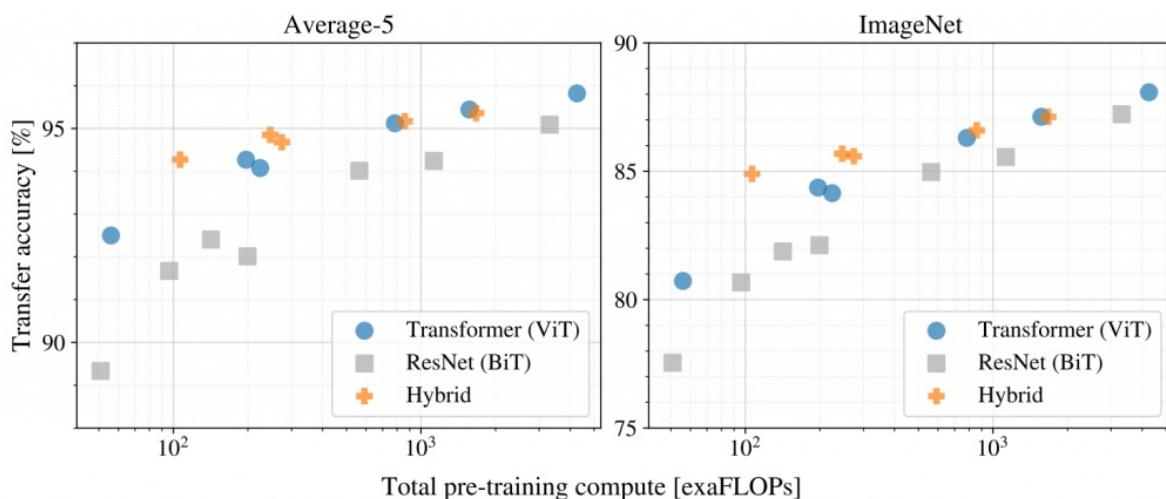


Рис. 4 - Сравнение вычислительной сложности CNN, ViT и гибридной подхода

Исходя из анализа вышеперечисленных факторов можно заключить, что в настоящее время наиболее эффективными строительными блоками для построения архитектуры ИНС являются: AutoML + Compound Scaling (EffNet, CNN), W-MSA (Swin-V2, ViT), Squeeze and Excitation (SENet, CNN), Skip-connection (residual blocks, ResNet, CNN).

Дальнейшие исследования нацелены на улучшение существующих архитектурных решений путем разработки гибридной CNN-ViT архитектуры с целью уменьшения зависимости скорости обучения и точности модели от размера обучающей выборки. Этот результат может быть достигнут с помощью комплексного применения технологий AutoML, Compound Scaling, также бэкбоуна EffNet, либо на основе разработки новейшего подхода к извлечению признаков из входного набора данных.

Полученные результаты исследования могут быть использованы для выбора оптимальной архитектуры построения ИНС, решающей специфические бизнес-задачи или разработки инновационной модели, учитывающей все вышеупомянутые критерии эффективности.

## Библиография

1. Gomolka Z., Using artificial neural networks to solve the problem represented by BOD and DO indicators //Water. – 2017. – Т. 10. – №. 1. – С. 4.
2. Кадурин А., Николенко С., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей //СПб.: Питер. – 2018. – Т. 480.
3. Джабраилов Шабан Вагиф Оглы, Розалиев Владимир Леонидович, Орлова Юлия Александровна Подходы и реализации компьютерной имитации интуиции // Вестник евразийской науки. 2017. №2 (39).
4. Бабушкина, Н. Е. Выбор функции активации нейронной сети в зависимости от условий задачи / Н. Е. Бабушкина, А. А. Рачев // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. – 2020. – Т. 27, № 2(16). – С. 12-15.
5. Соснин А. С., Суслова И. А. Функции активации нейросети: сигмоида, линейная, ступенчатая, relu, tahn. – 2019. – С. 237.
6. Бредихин Арсентий Игоревич Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей // Вестник ЮГУ. 2019. №1 (52).

7. Hu J., Shen L., Sun G. Squeeze-and-excitation networks //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2018. – C. 7132-7141.
8. Gastaldi X. Shake-shake regularization //arXiv preprint arXiv:1705.07485. – 2017.
9. DeVries T., Taylor G. W. Improved regularization of convolutional neural networks with cutout // arXiv preprint arXiv:1708.04552. – 2017.
10. He K. et al. Deep residual learning for image recognition //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – C. 770-778.
11. Tan M., Le Q. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks //International conference on machine learning. – PMLR, 2019. – C. 6105-6114.
12. Tan M. et al. Mnasnet: Platform-aware neural architecture search for mobile //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2019. – C. 2820-2828.
13. Dosovitskiy A. et al. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale //arXiv preprint arXiv:2010.11929. – 2020.
14. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – T. 30.
15. Liu Z. et al. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – C. 10012-10022.
16. Liu Z. et al. Swin transformer v2: Scaling up capacity and resolution //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – C. 12009-12019.
17. Dai Z. et al. Coatnet: Marrying convolution and attention for all data sizes //Advances in neural information processing systems. – 2021. – T. 34. – C. 3965-3977.
18. Zhai X. et al. Scaling vision transformers //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2022. – C. 12104-12113.
19. Huang Y. et al. Gpipe: Efficient training of giant neural networks using pipeline parallelism //Advances in neural information processing systems. – 2019. – T. 32.
20. Методы аугментации обучающих выборок в задачах классификации изображений / С. О. Емельянов, А. А. Иванова, Е. А. Швец, Д. П. Николаев // Сенсорные системы. – 2018. – Т. 32, № 3. – С. 236-245. – DOI 10.1134/S0235009218030058.
21. Cubuk E. D. et al. Autoaugment: Learning augmentation strategies from data //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2019. – C. 113-123.
22. Han D., Kim J., Kim J. Deep pyramidal residual networks //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – C. 5927-5935.
23. Yamada Y. et al. Shakedrop regularization for deep residual learning //IEEE Access. – 2019. – T. 7. – C. 186126-186136.
24. Kolesnikov A. et al. Big transfer (bit): General visual representation learning //Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part V 16. – Springer International Publishing, 2020. – C. 491-507.
25. Foret P. et al. Sharpness-aware minimization for efficiently improving generalization //arXiv preprint arXiv:2010.01412. – 2020.
26. Pham H. et al. Meta pseudo labels //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2021. – C. 11557-11568.
27. Yu J. et al. Coca: Contrastive captioners are image-text foundation models //arXiv preprint arXiv:2205.01917. – 2022.

28. Chen X. et al. Symbolic discovery of optimization algorithms //arXiv preprint arXiv:2302.06675. – 2023.
29. Zhang H. et al. Dino: Detr with improved denoising anchor boxes for end-to-end object detection //arXiv preprint arXiv:2203.03605. – 2022.
30. Yang J. et al. Focal modulation networks //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Т. 35. – С. 4203-4217.
31. Wang L. et al. Sample-efficient neural architecture search by learning actions for monte carlo tree search //IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2021. – Т. 44. – №. 9. – С. 5503-5515.
32. Wang W. et al. Internimage: Exploring large-scale vision foundation models with deformable convolutions //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2023. – С. 14408-14419.
33. Zong Z., Song G., Liu Y. Detrs with collaborative hybrid assignments training //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2023. – С. 6748-6758.

## **Результаты процедуры рецензирования статьи**

*В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.*

*Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).*

Статья глубоко анализирует современные архитектуры искусственных нейронных сетей (ИНС), акцентируя внимание на их использовании в задачах классификации и детекции изображений. Авторы эффективно обозначают исследуемую область, подчеркивая значимость ИНС в текущем научном дискурсе. Исследование базируется на комплексном подходе, включающем анализ данных из различных источников и сравнительный анализ эффективности различных архитектур ИНС. Этот подход демонстрирует глубокое понимание предмета и позволяет авторам достичь значимых выводов. Тема исследования крайне актуальна, учитывая растущее значение AI-технологий в современном мире. Исследование подчеркивает важность развития и оптимизации ИНС для улучшения аналитических возможностей в области обработки изображений. Статья представляет новый взгляд на анализ и сравнение современных ИНС, обогащая научное сообщество свежими идеями и подходами. Авторы выделяются оригинальным анализом и интерпретацией данных, что способствует продвижению научного понимания в данной области. Статья отличается ясной структурой, логичным изложением и качественным стилем написания. Текст организован так, что читатель может легко следовать логике авторов и их аргументации. Обширный и актуальный список литературы свидетельствует о тщательной работе авторов над исследованием. Использование авторитетных источников повышает достоверность и научную ценность работы. Авторы адекватно относятся к существующим взглядам и исследованиям в данной области, предоставляя уважительную и конструктивную критику, что способствует развитию диалога в научном сообществе. Выводы статьи являются убедительными и хорошо подкреплены представленными данными и анализом. Исследование представляет значительный интерес для широкого круга читателей, включая специалистов в области компьютерного зрения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Анализ результатов исследования подчеркивает значимость и эффективность представленных архитектур ИНС, особенно в контексте обработки и анализа различных архитектур, включая сверточные модели, трансформеры и гибридные системы. Они эффективно сравнили их

по критериям, таким как точность классификации, размер модели, адаптивность, скорость обучения, устойчивость к переобучению, универсальность и сложность модели. Этот всесторонний анализ предоставляет ценную информацию о преимуществах и недостатках каждого подхода, что важно для исследователей и практиков в области искусственного интеллекта и машинного обучения. В целом, результаты исследования демонстрируют значительный вклад в развитие и понимание современных архитектур ИНС, предоставляя практические рекомендации для их выбора и применения в реальных задачах. Эти результаты подчеркивают актуальность и важность исследования, делая его значимым вкладом в данную область. В дополнение к положительной рецензии, хотелось бы отметить, что рисунки в статье выходят за границы HTML-страницы, что может затруднить их просмотр и восприятие. Рекомендуется представить иллюстрации более емко, чтобы обеспечить их лучшую визуальную доступность и интеграцию с текстом статьи.

**Программные системы и вычислительные методы***Правильная ссылка на статью:*

Сердюков Ю.П., Гельман В.Я. — Применение гомоморфной фильтрации для мультиплекативно взаимодействующих сигналов и окон выборки данных при периодическом оценивании // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 88 - 101. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.69171 EDN: NHGRVH URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69171](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69171)

## **Применение гомоморфной фильтрации для мультиплекативно взаимодействующих сигналов и окон выборки данных при периодическом оценивании**

**Сердюков Юрий Павлович**

доктор технических наук

профессор, кафедра медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный  
медицинский университет имени И.И.Мечникова

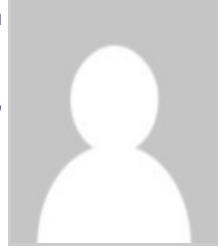
191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

✉ [Yuri.Serdyukov@szgmu.ru](mailto:Yuri.Serdyukov@szgmu.ru)**Гельман Виктор Яковлевич**

доктор технических наук

профессор, "Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова"  
Минздрава РФ

191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

✉ [vyagelman@hotmail.com](mailto:vyagelman@hotmail.com)[Статья из рубрики "Телекоммуникационные системы и компьютерные сети"](#)**DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.69171

**EDN:**

NHGRVH

**Дата направления статьи в редакцию:**

30-11-2023

**Дата публикации:**

31-12-2023

**Аннотация:** Объектом исследования являются системы передачи информации. В

качестве предмета исследования рассматривается повышение качества информации на приемной стороне. Авторы подробно рассматривают такие аспекты темы, как формирование процедуры, существенно снижающей влияние межсимвольной интерференции, обусловленной взаимодействием самого сигнала и окна выборки. Этот источник ошибок, как правило, является доминирующим при скоростях передачи информации близких к пропускной способности канала связи. Исследования по снижению влияния межсимвольных искажений являются важными и актуальными и в последние годы им посвящено значительное количество работ. Рассматривалась модель сигналов, имитирующая передачу последовательности не модулированных импульсов типа меандр. Предполагалось, что обработка входящего потока импульсов производится в режиме реального времени на основе процедур периодического оценивания каждого элемента. Методической основой исследования являются методы математического моделирования систем передачи информации и методы линеаризации с использованием обобщенного принципа суперпозиции. Основным результатом проведенного исследования является предложенная методика формирования гомоморфного фильтра для обработки входящего потока импульсов в режиме реального времени на основе процедур периодического оценивания каждого элемента. Алгоритм его функционирования обеспечивает преобразование мультиплексивного взаимодействия сигнала и окон выборки в аддитивное и обеспечивает разделение мультиплексивно взаимодействующих передаваемого информационного сигнала и окна выборки в канале связи. Полученная процедура, снижающая влияние межсимвольной интерференции на приемной стороне, является реализацией оптимального фильтра на основе гомоморфного преобразования. Получена оценка величины межсимвольной интерференции при использовании предложенного способа обработки. Продемонстрирована эффективность метода при потоковой обработке сигналов. Выражения получены в самом общем виде и могут быть детализированы в рамках описанной модели передачи информации, что является предметом дальнейшего исследования.

#### **Ключевые слова:**

системы передачи информации, каналы связи, межсимвольная интерференция, импульсы типа меандр, окно выборки данных, взаимодействие, периодическое оценивание, гомоморфный фильтр, линеаризация, принцип суперпозиции

#### **Введение**

Современные системы передачи информации можно классифицировать на основе тех или иных критериев или характеристик [1]. Например, по типу описания их математических моделей, т.е. разделяя их на классы линейных и нелинейных систем. Описание первых опирается на известном и развитом математическом аппарате. Для нелинейных систем в настоящее время не существует общей математической теории, позволяющей с единых позиций формализовать их проектирование [2, 3]. Одним из множества возможных частных методов решения является приведение таких систем к линейному типу с использованием, так называемого обобщенного принципа суперпозиции [4]. Использование его методологии позволяет сформировать процедуру, существенно снижающую влияние межсимвольных искажений (или межсимвольной интерференции - МСИ). Этот источник ошибок, как правило, является доминирующим при скоростях передачи информации близких к пропускной способности канала связи [5-8]. Именно

такая модель системы передачи информации и принята в качестве основой для исследований. Известные методы обработки в этом случае не обеспечивают приемлемого качества информации на приемной стороне [9]. Поэтому исследования по снижению влияния межсимвольных искажений являются важными и актуальными и в последние годы им посвящено значительное количество отечественных и зарубежных работ [10-13].

Описываемая в настоящей статье последовательность операций есть некоторое гомоморфное преобразование и по своей сути реализующая гомоморфный фильтр [14]. Исследования опираются на модель имитирующую передачу последовательности не модулированных импульсов типа меандр [15]. Принятое допущение, во-первых, позволяет упростить понимание сути описываемого предлагаемого метода. И, во-вторых, даже не смотря на такой несколько схематичный подход описания, он позволяет получить достаточно простые и вместе с тем информативные оценки источников ошибок самого метода и оценить их влияние. Сама же процедура, снижающая влияния межсимвольной интерференции на приемной стороне, является реализацией оптимального фильтра на основе гомоморфного преобразования. Именно поэтому именуется далее в тексте как метод концентрирующих интегральных преобразований [16, 17].

### Описание модели исследования

Считаем, что обработка входящего потока импульсов производится в режиме реального времени на основе процедур периодического оценивания каждого элемента. Она состоит из следующих элементов:

ÿ выборки текущего сигнала конечной длительности  $x_k$  с использованием окна данных прямоугольного типа -  $d(t)$ ,

ÿ модели канала связи, как идеального линейного фильтра низких частот с характеристикой  $H(f)$  в диапазоне  $[0, W]$ .

Модель канала дисперсионная, в том смысле, что скорость распространения частотных составляющих сигнала зависит от их значения. Во временной области это отвечает

$y(t) = \int_{-\infty}^t h'(t-\tau) x(\tau) d\tau$ , где  $x(t)$  и  $y(t)$  входной и выходной сигналы соответственно, а  $h'(t)$  - импульсная характеристика канала связи.

Произвольность частотной характеристики  $H(f)$  данной модели предполагает известность лишь непустого класса функций. Как то некоторого множества  $H = \{H_a\}$  непрерывных функций из класса  $H_a$ , определенных на интервале  $[0, W]$  и соответственно также непустого множества импульсных характеристик  $h' = \{h_i'\}$ . Они связаны между собой посредством интегрального преобразования, например, преобразования Фурье.

Следует отметить, что при проведении теоретических исследований более удобна симметричная модель канала связи. Ее частотная характеристика  $[-W, W]$  симметрична относительно нуля оси частот. Она и будет использована в дальнейшем, что не снижает

общность полученных результатов [\[18\]](#).

Последовательность информационных импульсов в канале связи характеризуется периодом  $T$ , длительностью сигнала  $\Delta t$  и амплитудой  $x_k$ . Носителем информации являются широко используемые импульсы прямоугольной формы. Они обладают высокой степенью локализации во временной области и их параметры: амплитуда, длительность или временное положение (фаза) могут быть модулированы. В представленном предварительном материале модуляция носителей информации отсутствует. Однако следует учитывать, что данный класс носителей имеет существенный недостаток: неограниченность спектра и низкая скорость убывания его составляющих – бдБ/октаву.

### Основные теоретические результаты

Общее выражение модели последовательности входящих сигналов представляется таким образом

$$y(t) = \sum_k y_k(t) = \sum_k x_k s_{y_k} d_k(t)$$

Выделенному  $k$  сигналу последовательности на приемной стороне отвечает следующая запись

$$y_k(t) = x_k s_{y_k}(t) d_k(t), \quad (1)$$

где  $s_{y_k}(t)$  – его огибающая с амплитудой  $x_k = 1$ . Индекс  $k$  указывает его позицию во временной последовательности и характеризует его аддитивно-временную структуру. Через  $d_k(t)$  обозначено окно данных для  $k$  импульса.

$$s_{y_k}(t) = \text{rect}\left(\frac{t - kT}{\Delta t}\right) * h'_k(t) \quad . \quad (2)$$

При периодическом оценивании каждый поступающий на вход приемника импульс последовательности умножается на некоторое временное окно данных. С учетом этого выражение (2) и соотношения (1) запишем так

$$y_k(t) = \left[ x_k \text{rect}\left(\frac{t}{\Delta t}\right) * h'_k(t) + \eta_0 \right] d_k(t) \quad . \quad (3)$$

В формуле (3) величина  $\eta_0$  определена условием

$$|\eta(t)| \leq \eta_0 \ll x_k,$$

где  $\eta_0$  – верхняя граница ошибки, являющаяся результатом выполнения текущей операцией. Иллюстрацией этого является рис.

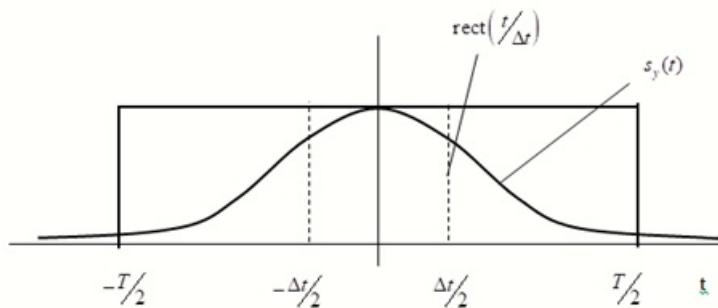


Рис. Модель огибающей  $k$  сигнала на приемной стороне, выделенного с помощью окна длительностью  $T$

На рисунке показано окно выборки прямоугольного типа и огибающая сигнала на выходе канала связи с учетом его фильтрующих частотных свойств. Максимальная протяженность окна выборки равна периоду следования передаваемых сигналов. Середина окна данных находится в точке максимума огибающей  $s_y(t)$ . Отметим, что временная протяженность или апертура окна данных определяет спектральное разрешение, т.е. способность различать в спектре близкорасположенные сигналы. С учетом того, что скорость передачи блика к пропускной способности канала связи, периодическое оценивание предполагает использование достаточно коротких временных апертур окон. Их протяженность ограничена только периодом следования импульсов, что также является дополнительным источником погрешности, приводящим к ошибкам в оценке их спектра. В некоторой степени эту составляющую погрешности можно снизить соответствующим выбором оптимальных временных окон и их параметров, но это не является предметом нашего исследования [9, 19]. В периодической литературе описываются различные подходы и методы, обеспечивающие в той или иной мере, решение проблемы снижения влияния межсимвольных искажений. По мнению некоторых авторов, эти методы можно условно разделить на «мягкие» и «жесткие» [20]. Вместе с тем, по мнению авторов представленной статьи, более конструктивным является подход, основанный на совершенствование математических методов обработки типовых сигналов в рамках единой конструкторско-технологической базы систем передачи информации и обеспечивающих минимизацию влияния межсимвольных искажений. Безусловно, что проектирование систем передачи информации ориентированное на оптимизацию формы носителя информации [21, 22], так и современные подходы, базирующиеся на применении программно-аппаратных комплексов [23, 24] не противоречат подходу используемому авторами, а скорее дополняют его.

Описываемая ниже процедура обработки сигнала приводит в итоге к максимальной концентрации его энергии в минимально возможном интервале времени. Она представляет некоторую последовательность интегральных преобразований, приводящих к достижению сформулированной цели. В качестве окна выборки используем прямоугольный тип. Иллюстрацией служит рис.1. Отметим, что временные окна прямоугольного типа, как и сигналы аналогичного вида, имеют в частотной области самый узкий главный лепесток спектральной характеристики и множество боковых убывающих, со скоростью  $O(1/\omega)$ . Невысокая скорость их убывания и приводят к значительному проявлению эффекта «просачивания». Как итог - искажение амплитуд спектральных составляющих самого сигнала, что может привести к маскированию слабых сигналов [25].

Рассмотрим выражение (3) более подробно. Легко заметить, что оно состоит из двух групп компонент, взаимодействующих между собой аддитивно. К первой группе относятся описание самого сигнала передаваемого по каналу связи, импульсная характеристика самого канала связи и окно выборки данных. Эти компоненты взаимодействуют между собой посредством операций свертки и умножения. Вторая группа характеризует верхнюю границу ошибки линейной фильтрации, возникающая операции выделения огибающей информационного сигнала. Окно данных воздействует на обе группы посредством операции умножения.

Приведенные ниже преобразования по своей сути являются детализацией последовательности преобразований выражения (3). На первом шаге находим обратное преобразование Фурье и в результате имеем

$$F^{-1}[y_k(t)](\nu) = F^{-1}\left\{ \left[ x_k \operatorname{rect}\left(\frac{t}{\Delta t}\right) * h'(t) + \eta_0 \right] \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \right\}(\nu) \quad (4)$$

или в развернутом виде

$$\begin{aligned} F^{-1}[y_k(t)](\nu) &= \frac{x_k}{2\pi} F^{-1}\left[ \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \right](\nu) * \\ &* \left\{ F^{-1}\left[ \operatorname{rect}\left(\frac{t}{\Delta t}\right) \right](\nu) F^{-1}[h'(t)](\nu) \right\} + \frac{1}{2\pi} \left\{ F^{-1}\left[ \eta_0 \left[ \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \right] \right] \right\}(\nu). \end{aligned}$$

Последнее соотношение также может быть представлено следующим образом

$$F^{-1}[y_k(t)](\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi} \left\{ \frac{\sin \frac{T}{2} \nu}{\frac{T}{2} \nu} * \left[ \frac{\sin \frac{\Delta t}{2} \nu}{\frac{\Delta t}{2} \nu} H(\nu) \right] \right\} + \frac{T}{2\pi} \left[ \eta_0 * \frac{\sin \frac{T}{2} \nu}{\frac{T}{2} \nu} \right], \quad (5)$$

где  $H(\nu)$  - обратное преобразование Фурье от импульсной функции  $h'(t)$  и является частотной характеристикой канала связи.

Перепишем выражение (5) в следующем виде

$$Y_k(\nu) = Y_k(\nu) + Y_\eta(\nu), \quad (6)$$

где обозначено

$$Y_k(\nu) = F^{-1}[y_k(t)](\nu), \quad (7)$$

$$Y_k(\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi} \left\{ \frac{\sin \frac{T}{2} \nu}{\frac{T}{2} \nu} * \left[ \frac{\sin \frac{\Delta t}{2} \nu}{\frac{\Delta t}{2} \nu} H(\nu) \right] \right\}, \quad (8)$$

$$Y_\eta(\nu) = \frac{T}{2\pi} \left[ \eta_0 * \frac{\sin \frac{T}{2} \nu}{\frac{T}{2} \nu} \right]. \quad (9)$$

Реализованная последовательность интегральных преобразований в итоге привела к искомому результату (8). Он представляет собой описание информационной части принятого сигнала. Что касается составляющей вида (9), то она есть функция

погрешности и ее источником является собственно не идеальность реализации операции фильтрации.

**Замечание.** Следует учитывать, что рассмотрен случай отсутствия в передаваемой последовательности сигналов какого-либо типа модуляции. Обобщение же полученных результатов для случая передачи модулированных сигналов с использованием описываемого метода вполне возможно и это является предметом дальнейших исследований.

Следует заметить, что в полученных соотношениях (6) - (9) могут быть использованы иные параметры, соответствующие каналам связи с другими характеристиками.

### **Концентрирующие интегральные преобразования для идеализированной модели канала связи**

Конкретизируем полученные выше результаты для притай модели канала связи с амплитудно-частотной характеристикой вида  $H(\omega) = \text{rect}(\omega/2W)$ , полосой пропускания  $[-W, W]$  и импульсной характеристикой

$$h'(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{W}{\pi} \frac{\sin Wt}{Wt}$$

Это позволяет записать соотношение (8) так

$$Y_h(\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi} \left\{ \frac{\sin \frac{T}{2}\nu}{\frac{T}{2}\nu} * \left[ \frac{\sin \frac{\Delta t}{2}\nu}{\frac{\Delta t}{2}\nu} \text{rect}\left(\frac{\nu}{2W}\right) \right] \right\}. \quad (10)$$

Итак, выражение (10) дает описание амплитудно-временных параметров информационного сигнала.

Рассмотрим соотношения (9). Из определения свертки следует, что

$$\eta_0 * \frac{\sin \frac{T}{2}\nu}{\frac{T}{2}\nu} = \eta_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin \frac{T}{2}\xi}{\frac{T}{2}\xi} d\xi = \pi \eta_0$$

Таким образом, составляющая  $Y_\eta(\nu)$  равна

$$Y_\eta(\nu) = T \eta_0 / 2. \quad (11)$$

С учетом проведенных преобразований запись (10) представим в следующем виде

$$Y_h(\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi} \left[ \int_{-W}^W \frac{\sin \frac{\Delta t}{2}\xi}{\frac{\Delta t}{2}\xi} \frac{\sin \frac{T}{2}(\nu - \xi)}{\frac{T}{2}(\nu - \xi)} d\xi \right]. \quad (12)$$

Интеграл в квадратных скобках — это свертка с конечными пределами интегрирования. Далее, в силу того, что временные параметры последовательности и окон данных, а также частотный диапазон полосы пропускания канала связи нам априори известны это

позволяет найти их свертку в виде некоторой функцию зависящей от переменной обратного преобразования Фурье  $\nu$ . Примем также обозначение для интеграла в выражении (12), который является нормирующим множителем и имеет вид

$$I(\nu) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \frac{\Delta t}{2} \xi}{\frac{\Delta t}{2} \xi} \frac{\sin \frac{T}{2} (\nu - \xi)}{\frac{T}{2} (\nu - \xi)} d\xi, \quad (13)$$

Обратимся к соотношениям (11) и (12). Перенормируем их. Разделим, правую и левую части этих соотношений на нормирующий множитель (13), исключив предварительно определенные точки неопределенности.

Его применение позволяет переписать выражение (11) и (12) так

$$Y'_k(\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi}, \quad (14)$$

$$Y'_\eta(\nu) = \frac{\eta_0 T}{2} I^{-1}(\nu), \quad (15)$$

где

$$Y'_k(\nu) = Y_k(\nu) I^{-1}(\nu), \quad Y'_\eta(\nu) = Y_\eta(\nu) I^{-1}(\nu).$$

С учетом проведенных преобразований запишем

$$Y'_k(\nu) = Y_k(\nu) + Y'_\eta(\nu) = T \left( \frac{x_k \Delta t}{2\pi} + \frac{\eta_0}{2} I^{-1}(\nu) \right). \quad (16)$$

Соотношение (16) содержит интеграл вида (13). Оценим его, с учетом выражения (4). Известность импульсной характеристики канала связи для принятой нами модели позволяет записать

$$y_k(t) = \left[ \frac{x_k W}{\pi} \operatorname{rect}\left(\frac{t}{\Delta t}\right) * \frac{\sin Wt}{Wt} + \eta_0 \right] \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right)$$

или в развернутом виде

$$y_k(t) = \left[ \frac{x_k W}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \operatorname{rect}\left(\frac{\xi}{\Delta t}\right) \frac{\sin W(t - \xi)}{W(t - \xi)} d\xi + \eta_0 \right] \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right).$$

Ограниченностю функции  $\operatorname{rect}(\xi/\Delta t)$  во времени позволяет последнее соотношение представить так

$$y_k(t) = \left[ \frac{x_k W}{\pi} \int_{-\Delta t/2}^{\Delta t/2} \frac{\sin W(t - \xi)}{W(t - \xi)} d\xi + \eta_0 \right] \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right).$$

Выполнив операцию интегрирования получим

$$y_k(t) = \left[ \frac{x_k}{\pi} \left[ \operatorname{Si}\left(W\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)\right) - \operatorname{Si}\left(W\left(t - \frac{\Delta t}{2}\right)\right) \right] + \eta_0 \right] \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T}\right). \quad (17)$$

Далее воспользуемся полученным результатом следующим образом. Найдем обратное преобразование Фурье от выражения (17), учитывая, что функции  $\text{rect}(t/T)$  ограничена во времени. Запишем

$$\begin{aligned} F^{-1}[y_k(t)](\nu) = & \frac{x_k}{2\pi^2} \left[ F^{-1}\left[\text{Si}\left(W\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)\right)\right] \right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}(\nu) - \\ & - F^{-1}\left[\text{Si}\left(W\left(t - \frac{\Delta t}{2}\right)\right)\right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}(\nu) + \frac{\eta_0}{2\pi} * F^{-1}\left[\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right)\right](\nu). \end{aligned} \quad (18)$$

Во-первых, интегральный синус  $\text{Si}(\cdot)$  в выражении (18) имеют временной сдвиг, что при обратном преобразовании Фурье, эквивалентно умножению на множитель  $\exp(\pm jW\Delta t/2)$ . Знак показателя экспоненты определяется направлением временного сдвига. Таким образом, соотношение (18) представим так

$$F^{-1}[y_k(t)](\nu) = \frac{x_k}{2\pi^2} \left\{ F^{-1}[\text{Si}(Wt)] \right\}_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}(\nu) \left( e^{-j\frac{W\Delta t}{2}} - e^{j\frac{W\Delta t}{2}} \right) + \frac{T\eta_0}{2}.$$

Во-вторых, учтем, что функция  $\text{Si}(\cdot)$  нечетна и потому для нее верно

$$F^{-1}[\cdot]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}(\nu) = 2j F_{\sin}^{-1}[\cdot]_0^{\frac{T}{2}}(\nu),$$

где  $F_{\sin}^{-1}[\cdot]$  есть обратное синус-преобразование Фурье.

Следует отметить, что при  $\nu < 0$  функция прообраза может быть продолжена на интервал  $(-\infty, 0)$  как четным, так и нечетным образом. Поэтому, считая переменную  $\nu$ , также как и переменную  $t$  положительными, можно пользоваться как косинус-, так и синус-преобразованием Фурье. Однако результаты, даваемые этими преобразованиями, в общем случае могут быть различными. Поэтому более обоснованным и логичным представляется такое продолжение в область отрицательного аргумента, когда функция сохраняет свойства непрерывности и нечетности. Кроме того, если исходить из свойства симметрии преобразования Фурье, то результат преобразования должен также оставаться нечетной функцией.

Воспользуемся таблицами преобразования [26] для выражения в фигурных скобках и найдем, что

$$\begin{aligned} F^{-1}[y_k(t)](\nu) = & \frac{x_k}{2\pi^2} \left\{ \frac{j}{\nu} \left[ \text{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu + W)\right) - \text{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu - W)\right) \right. \right. \\ & \left. \left. - 2\text{Si}\left(\frac{WT}{2}\right) \cos\left(\frac{T}{2}\nu\right) \right] \left( e^{-j\frac{W\Delta t}{2}\nu} - e^{j\frac{W\Delta t}{2}\nu} \right) \right\} + \frac{T\eta_0}{2}. \end{aligned}$$

или в виде

$$\begin{aligned} F^{-1}[y_k(t)](\nu) = & \frac{x_k}{2\pi^2} \left\{ \left[ \operatorname{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu+W)\right) - \operatorname{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu-W)\right) - \right. \right. \\ & \left. \left. - 2 \operatorname{Si}\left(\frac{WT}{2}\right) \cos\left(\frac{T}{2}\nu\right) \right] \frac{\sin\left(W\Delta t\nu/2\right)}{W\Delta t\nu/2} \right\} + \frac{T\eta_0}{2}. \end{aligned}$$

Последнее соотношение может быть представлено так

$$F^{-1}[y_k(t)](\nu) = \frac{x_k T \Delta t}{2\pi} I(\nu) + \frac{T\eta_0}{2}, \quad (19)$$

Выражения (6) и (19) по своей сути эквивалентны. С учетом обозначений в виде соотношений (7) - (9) и (13) запишем

$$\begin{aligned} I(\nu) = & \int_{-W}^W \frac{\sin \frac{\Delta t}{2} \xi}{\frac{\Delta t}{2} \xi} \frac{\sin \left[ \frac{T}{2}(\nu - \xi) \right]}{\frac{T}{2}(\nu - \xi)} d\xi = \frac{1}{\pi T \Delta t} \left\{ \left[ \operatorname{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu+W)\right) - \right. \right. \\ & \left. \left. - \operatorname{Si}\left(\frac{T}{2}(\nu-W)\right) - 2 \operatorname{Si}\left(\frac{WT}{2}\right) \cos\left(\frac{T}{2}\nu\right) \right] \frac{\sin\left(W\Delta t\nu/2\right)}{W\Delta t\nu/2} \right\}. \end{aligned} \quad (20)$$

Левая часть формулы (20) является, по своей сути, сверткой обратного преобразования Фурье импульсного сигнала единичной амплитуды длительностью  $\Delta t$  и временного окна данных с апертурой равной  $T$ . Пределы вычисления свертки конечны и определяются интервалом  $[-W, W]$ .

Рассмотрим поведение функции, в правой части выражения (20). Во-первых, множитель  $\sin(W\Delta t\nu/2)/W\Delta t\nu/2$  непрерывен на всей оси и имеет максимум равный 1 при  $\nu = 0$  и осциллирует вдоль оси  $\nu$  с периодом  $2\pi/W\Delta t$  и амплитудой убывающей как  $O(1/\nu)$ .

Во-вторых, при  $\nu = 0$  функция тождественно равна нулю. Таким образом, на основании результата (19) можно заключить, что для одиночного импульса, как предельного случая импульсной последовательности, уровень межсимвольных искажений равен нулю в точке  $\nu = 0$ . Погрешность, содержащаяся в переданной амплитуде импульса, определяется только характеристиками выделяющего этот импульс линейного фильтра. Исходя из того факта, что длительность передаваемого импульса  $\Delta t \ll T$ , считаем уровень межсимвольных искажений в пределах вершины импульса длительностью  $\Delta t$ , постоянной величиной, а в данном случае равным нулю.

В-третьих, так как рассматривается модель согласованного канала связи [11], для которого выполняется неравенство  $W \geq 1/2T$ , то очевидно, что  $WT/2 \geq 1/4$ .

Следует отметить, что для значений  $WT/2 \leq 10$ , разность сдвинутых на  $\pm W$  интегральных синусов, ведет себя как функция типа  $\sin x/x$ , имеющая максимум равный  $2\operatorname{Si}(TW/2)$  при  $\nu = 0$ . Поэтому функция в квадратных скобках имеет минимум при  $\nu = 0$  равный нулю. Таким образом, функция вида (20) непрерывна и регулярна на всей оси  $\nu$ .

Получение аналитической зависимости для  $I(\nu)$  в рассматриваемом случае в виде

соотношения (20) это скорее исключение. Использование в качестве модели канала связи идеальный фильтр низких частот позволило достичь этого результата. В случае же применения более общих моделей канала связи или окон данных не прямоугольного типа, функция  $I(\nu)$  не будет выражаться в квадратурах. Необходимая информация об особенностях поведения и влияния функции  $I(\nu)$  для проведения анализа или использования в приложениях может быть получена только на основе численных методов. Это, естественно, приводит к появлению некоторой методической погрешности  $\varepsilon(\nu)$  такой, что

$$|\varepsilon(\nu)| < \varepsilon_0 \ll I(\nu). \quad (21)$$

С другой стороны, даже знание функциональной зависимости для  $I(\nu)$  не гарантирует объективного отражения ею свойств нормирующего множителя. Это связано с тем, что размер апертуры окна данных  $T$ , его форма, параметры носителя информации – импульсного сигнала, реально содержат в себе ошибки их практической реализации, технологического разброса и влиянием дестабилизирующих факторов. Поэтому реальную зависимость  $I_{\text{real}}(\nu)$ , учитывающую эти факторы, определим так

$$I_{\text{real}}(\nu) = I(\nu) + \varepsilon(\nu)$$

или с учетом неравенства (21)

$$I_{\text{real}}(\nu) < I(\nu) + \varepsilon_0. \quad (22)$$

Формула (22) представляет собой описание суммарной ошибки метода концентрирующих интегральных преобразований или гомоморфного фильтра.

### **Заключение**

В представленной работе описана реализация гомоморфного фильтра, обеспечивающего разделение мультиплексивно взаимодействующих передаваемого информационного сигнала и окна выборки в канале связи. Выделена информационная часть самого сигнала, а также и ошибка, обусловленная взаимодействием самого сигнала и окна выборки. Указанное взаимодействие при скоростях, приближающихся к потенциальной пропускной способности канала связи, и является источником межсимвольной интерференции. Выражения получены в самом общем виде и могут быть детализированы в рамках описанной модели передачи информации, что является предметом дальнейшего исследования.

### **Библиография**

1. Фыонг Д. В. Классификация систем передачи информации, использующих единый ресурс. // Радиотехника и электроника: материалы 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Минск, 2019. С. 57-58.
2. Землянухин П. Преобразование сигналов нелинейными цепями систем передачи информации. Litres, 2022. 142 с.
3. Канавин С.В., Панычев С.Н., Самоцвет Н.А. Метод повышения помехоустойчивости систем связи и передачи информации на основе нелинейной корреляционной фильтрации сигналов // Вестник Воронежского института МВД России. 2021. №. 1. С. 143-152.
4. Нефедов В.И., Сигов А.С. Основы радиоэлектроники и связи. Под ред. В. И.

- Нефедова. М.: Высшая школа, 2009. 735 с.
5. Рудько А.С., Филатов В.И., Немчанинов А.С. Способ передачи данных по радиоканалу сверхширокополосным импульсным сигналом в космических системах связи // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2017. Т. 11. №. 2. С. 4-9.
6. Никишкин П.Б., Витязев В.В. Методы широкополосной передачи данных на основе сигналов с частотным разделением каналов // Цифровая обработка сигналов. 2020. Т. 3. С. 45-49.
7. Nouri A., Asvadi R., Chen J., Vontobel P.O. Finite-Input Intersymbol Interference Wiretap Channels. *IEEE Information Theory Workshop (ITW)*. At: Kanazawa, Japan, 2021, pp. 1-7.
8. Kavcic A., Ma X., Mitzenmacher M. Binary Intersymbol Interference Channels: Gallager Codes, Density Evolution, and Code Performance Bounds. *IEEE Trans. Inform. Theory*, 2003. Vol. 49, no.7, pp. 1636-1652.
9. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Изд. Дом «Вильямс», 2003. 1104 с.
10. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Обнаружение сигналов при воздействии мультиплексивных помех на фоне аддитивного шума. // Журнал радиоэлектроники, 2020, № 7. С. 1-24.
11. Полушин П.А., Архипов Н.А., Шалина В.В. Модификация метода кодирования при борьбе с межсимвольными искажениями цифровых сигналов с модуляцией QPSK. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2023, №4. С. 33-40.
12. Викулов А.С. Модель межканальной интерференции в сетях IEEE 802.11 в задаче оценки пропускной способности. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2019, №1. С. 36-45.
13. Qian B., Wang X., Wen J., Zhang S., Chen C. Novel Intersymbol Interference Cancellation Scheme to Enable Parallel Computational and High-Performance Faster-Than-Nyquist Signaling. *IEEE Access*, 2017. Vol. 5, pp. 24758-24765.
14. Егорова Е.В., Аксяитов М.Х., Рыбаков А.Н. Обработка информации с использованием гомоморфных фильтров // Инновации в науке и практике. 2018. С. 153-160.
15. Барбарина Е.Б., Шеховцов Д.В., Мушта А.И. Генератор модулированных по частоте прямоугольных импульсов в субмикронном технологическом базисе // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2017. Т. 13. №. 2. С. 55-57.
16. Сердюков Ю.П. Метод эффективной обработки импульсно-модулированных сигналов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2004. № 5. С. 36-42.
17. Сердюков Ю.П. Концентрирующие интегральные преобразования при обработке сигналов с широтно-импульсной модуляцией // Технологии приборостроения. 2004. № 4. С. 50-63.
18. Клюев Л.Л. Теория электрической связи. М.: Новое знание, Инфра-М, 2019. 448 с.
19. Хургин Я.И., Яковлев В.П. Финитные функции в физике и технике. (2-е издание). Издательство: УРСС, 2010 г. 416 с.
20. Белов А.Д., Полушин П.А. Методы "мягкой" и "жесткой" коррекции для борьбы с межсимвольными искажениями цифровых сигналов. // Проектирование и технология электронных средств. 2020, № 1. С. 33-37.
21. Макаров С.Б., Завьялов С.В., Овсянникова А.С. Оптимизация формы сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией с использованием критерия заданной скорости спада уровня внеполосных излучений. // Известия ВУЗ России.

- Радиоэлектроника, 2022, № 4(25). С. 6-22.
22. Зубарев В.Ю., Пономаренко Б.В., Вострецов А.Г. О выборе элементарных сигналов для радиосистем со сложными сигналами. // Доклады АН Высшей школы РФ, 2023, № 1(58). С. 39-55.
23. Королев А.Д., Кореневский Н.А., Кузнецов Д.Н. и др. Интеллектуальные программно-аппаратные комплексы передачи информации в телемедицинских сетях. 2-е изд., испр. и доп. Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2019. 359 с.
24. Лобов Е.М., Алаа А. Обзор существующих методов коррекции межсимвольных искажений радиосигналов в цифровых системах связи с использованием машинного обучения. // Телекоммуникации и информационные технологии. 2023, № 1. С. 109-119.
25. Tengtrairat N., Woo W.L., Dlay S.S., Gao B. Online noisy single-channel source separation using adaptive spectrum amplitude estimator and masking. IEEE Transactions on Signal Processing. 2015. Vol 64, no. 7, pp. 1881-1895.
26. Бейтмен Г., Эрдэйи А. Таблицы интегральных преобразований. М.: Наука, 1969. Т. 1. 344 с.

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Статья освещает проблематику использования гомоморфной фильтрации для анализа мультиплективно взаимодействующих сигналов. Это исследование акцентирует внимание на проблеме обработки сигналов в системах передачи информации, где важно учитывать межсимвольные искажения, возникающие в результате взаимодействия передаваемых сигналов с характеристиками канала связи. Авторы предлагают метод, основанный на применении гомоморфных фильтров, для улучшения качества обработки сигналов. Особое внимание уделяется разработке модели, которая имитирует передачу последовательности не модулированных импульсов, что позволяет упростить понимание предлагаемого метода, а также оценить источники ошибок и их влияние на процесс передачи информации. Исследование фокусируется на оптимизации процесса снижения влияния межсимвольной интерференции, которая является ключевой при передаче информации на скоростях, приближающихся к пропускной способности канала связи. Авторы подробно анализируют последствия выбора определенных типов окон выборки данных и их влияние на качество передаваемого сигнала. В целом, предмет исследования статьи касается важного аспекта в области обработки сигналов, особенно в контексте увеличения скорости передачи данных и минимизации ошибок при передаче. Это позволяет сделать вывод о значимом вкладе авторов в развитие методов обработки информации в современных системах связи. В данной статье методология исследования представлена как тщательно продуманный и комплексный подход к проблеме обработки мультиплективно взаимодействующих сигналов. Авторы начинают с разработки математической модели, имитирующей процесс передачи последовательности не модулированных импульсов. Эта модель служит основой для анализа и идентификации источников возможных ошибок и их влияния на процесс передачи данных. Центральное место в исследовании занимает применение гомоморфной фильтрации. Этот метод позволяет авторам снизить влияние межсимвольной интерференции, что является критически важным для повышения

качества передачи данных в современных системах связи. Важным аспектом является также оптимизация процесса выборки данных. Авторы детально рассматривают влияние различных типов окон выборки на качество обработки сигнала, обеспечивая тем самым более глубокое понимание процесса передачи данных. В исследовании используются различные аналитические методы, включая интегральные преобразования, для разработки и оптимизации предложенной методики. Это демонстрирует глубокое понимание авторами математического аппарата, необходимого для решения сложных инженерных задач. Также в статье присутствуют теоретические расчеты и анализ, которые служат для проверки эффективности предложенного метода. Авторы анализируют потенциальные ошибки и их влияние на результаты обработки сигналов, предоставляя тем самым ценные данные для практического применения. В целом, методология исследования демонстрирует систематический и всесторонний подход, начиная от теоретических основ и заканчивая практическими аспектами применения. Такой подход позволяет не только глубоко исследовать проблему межсимвольной интерференции, но и предложить эффективные решения для ее минимизации, что имеет большое значение для развития современных технологий связи. Актуальность темы, затронутой в данной статье, обусловлена быстрым развитием информационных технологий и необходимостью эффективной обработки сложных сигналов. Исследование фокусируется на значимой проблеме межсимвольной интерференции, которая возникает при скоростях передачи информации, близких к пропускной способности канала связи. Это представляет собой ключевой вызов в современных системах связи, поскольку искажения могут существенно снижать качество передачи данных. Авторы подчеркивают, что, несмотря на значительное количество исследований, посвященных данной проблеме, существующие методы обработки данных часто не обеспечивают приемлемого качества информации. В связи с этим, их работа направлена на разработку нового метода, основанного на использовании гомоморфных фильтров для улучшения процесса обработки сигналов. Это позволяет более эффективно справляться с межсимвольными искажениями и повышать точность передачи данных. Исследование также важно с точки зрения развития математических методов обработки типовых сигналов в рамках систем передачи информации. Авторы предлагают конкретные решения для минимизации влияния межсимвольных искажений, что актуально как для теоретических исследований, так и для практического применения в современных технологических системах. В общем, актуальность работы определяется не только ее практической значимостью для решения конкретных инженерных задач в области связи, но и теоретическим вкладом в разработку методов обработки сигналов, что делает ее важной для широкого круга специалистов в области информационных технологий и телекоммуникаций. Исследование вносит значительный вклад в теорию и практику обработки сигналов благодаря своему новаторскому подходу к использованию гомоморфных фильтров в обработке сигналов. Статья хорошо структурирована, язык и стиль изложения четкие и точные. Содержание полно и логично развивается от введения к заключению, что облегчает понимание и восприятие материала. Библиографический список тщательно подготовлен, демонстрируя широкий охват литературы по теме. Это свидетельствует о глубоких исследовательских усилиях авторов. Авторы профессионально и уважительно обращаются к работам других исследователей в области, демонстрируя зрелость исследовательского подхода. Выводы ясные и убедительные, отражают основные достижения и вклад исследования. Статья будет интересна широкому кругу читателей, особенно тем, кто занимается теорией и практикой обработки сигналов.

Единственное замечание: в статье присутствует рисунок, который не имеет номера. В связи с этим, предлагаю при ссылке на данный рисунок в тексте статьи также избегать

указания его номера.

**Программные системы и вычислительные методы***Правильная ссылка на статью:*

Мартынов А.М. — Разработка учебного стенда системы видео контроля // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 102 - 114. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.4.69055 EDN: NJAYIY  
URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69055](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69055)

**Разработка учебного стенда системы видео контроля****Мартынов Артур Михайлович**

обучающийся кафедры систем информационной безопасности Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ

420015, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Большая Красная, 55

 martynovartur022@gmail.com[Статья из рубрики "Модели и методы управления информационной безопасностью"](#)**DOI:**

10.7256/2454-0714.2023.4.69055

**EDN:**

NJAYIY

**Дата направления статьи в редакцию:**

21-11-2023

**Дата публикации:**

31-12-2023

**Аннотация:** Статья фокусируется на процессе обучения студентов техническим аспектам систем видеонаблюдения в рамках курса "Технические средства охраны". Основное внимание уделяется методикам развития профессиональных компетенций, связанных с установкой и настройкой оборудования, освоением программного обеспечения для видеонаблюдения и мастерством в применении технологий распознавания лиц. В статье подробно описываются лабораторные работы, начиная от теоретической базы, заложенной в начале курса, до практических навыков, таких как подключение камер, конфигурирование программ и создание баз данных для идентификации личностей. Процесс обучения включает в себя подготовку и анализ теоретического материала, выполнение лабораторных работ, а также тестирование и оценку полученных результатов. Результатом является формирование у обучающихся комплексного понимания работы систем видеонаблюдения и приобретение практических навыков, актуальных для их будущей карьеры в области безопасности и использования в

повседневной жизни. Методология исследования в статье объединяет теоретическое обучение и практические лабораторные работы. Она включает в себя этапы подключения камер видеонаблюдения, настройки программного обеспечения и алгоритмов распознавания лиц. Студенты получали опыт работы с реальным оборудованием и программами, что способствовало глубокому усвоению материала и развитию практических навыков. Научная новизна данной статьи заключается в комплексном подходе к обучению студентов использованию систем видеонаблюдения, включая технические аспекты подключения оборудования, настройку программного обеспечения и алгоритмов распознавания лиц. Этот подход обеспечивает не только теоретическую подготовку, но и практическое освоение навыков, что является инновационным в контексте образовательных программ по техническим средствам охраны. Выводы статьи подчеркивают важность практической подготовки в обучении студентов. Показано, что реальный опыт работы с оборудованием и программами значительно повышает качество образования и готовность студентов к будущей профессиональной деятельности. Статья делает акцент на том, что современное образование в области систем безопасности требует интеграции теоретических знаний и практических умений, обеспечивая таким образом всестороннюю подготовку специалистов в этой важной и актуальной области.

#### **Ключевые слова:**

Системы видеонаблюдения, Технические средства охраны, Обучение студентов, Лабораторные работы, Распознавание лиц, Программное обеспечение, Практические навыки, Подключение камер, Алгоритмы идентификации, Образовательные методики

#### **Введение**

Современное высшее учебное заведение должно готовить студентов к успешной карьере в условиях быстро меняющегося рынка труда. Это требует не только формирования профессиональных навыков, но и развития важных личностных качеств у выпускников. Важной составляющей обучения является практический опыт, получаемый студентами через работу с реальными лабораторными комплексами. Это позволяет учащимся не только усвоить теоретические знания, но и приобрести практические навыки работы с современными техническими системами.

В качестве примера, в статье [1] авторы представили разработку стенда охранно-пожарной системы для проведения лабораторных работ студентов. Студенты на этом стенде могут физически подключать шлейфы пяти видов датчиков, настраивать их с помощью приемно-контрольного прибора (Астра-812 PRO), и тестировать на работоспособность [2]. Такой подход не только улучшает понимание студентами технических основ охраны, но и обеспечивает им возможность имитировать различные типы систем, используемых в зданиях и инфраструктуре, что является ценным опытом для их будущей профессиональной деятельности.

Особое внимание в рамках обучения студентов заслуживает разработка лабораторного стенда для систем видеонаблюдения. В рамках учебной дисциплины "Технические средства охраны", студенты имеют возможность изучать принципы работы и особенности установки систем видеоконтроля. Лабораторный стенд должен включать в себя комплект видеокамер, сервер обработки видео, а также программное обеспечение для настройки

и анализа видеоданных. Это позволяет студентам на практике ознакомиться с процессами установки, настройки, устранения неполадок, а также с методами анализа видео в контексте систем безопасности.

Таким образом, использование лабораторных стендов в учебном процессе способствует глубокому пониманию студентами реальных условий работы с системами видеоконтроля и другими техническими средствами охраны. Это не только повышает их компетенции, но и готовит к успешной карьере в области безопасности.

### **Описание разработанного лабораторного комплекса**

Лабораторный комплекс, предназначенный для обучения студентов в области систем видеонаблюдения, представляет собой интегрированную систему, включающую в себя несколько ключевых компонентов. Основой комплекса являются камеры видеонаблюдения Grundig, которые обеспечивают захват изображения. Данные с камер передаются на коммутатор и далее на видеорегистратор, который отвечает за сохранение видеоматериалов. Коммутатор играет важную роль в обработке и передаче данных на персональный компьютер студента для анализа и обработки видео (Рис. 1).

Компоненты лабораторного комплекса:

1. Камеры видеонаблюдения (1,2): основные устройства для захвата изображения.
2. Панель коммутации (3): место, где формируется цифровой видеосигнал, который затем передается на сетевой коммутатор.
3. Коммутационный шкаф (4): содержит необходимое оборудование для подключения и обработки видеосигналов.
4. Видеорегистратор (5): устройство, подключенное к коммутатору, отвечает за запись и хранение видеопотоков.
5. Сетевой коммутатор (6): центральный узел системы, обеспечивающий передачу данных между компонентами системы.
6. Компьютер обучающегося (7): используется для анализа и обработки видеоданных, полученных с камер.

Видеокамеры (1,2) осуществляют захват изображения, после чего цифровой видеосигнал поступает через панель коммутации (3) на сетевой коммутатор (6), расположенный в коммутационном шкафу (4). Подключение камер к коммутатору осуществляется с использованием витой пары пятой категории. Видеокамеры также подключены к источнику питания 12 вольт через адаптер, встроенный в общую систему питания лаборатории.

На панели коммутации (3) расположены контактные переключатели видеокамер, позволяющие управлять подключением камер. Видеорегистратор (5), установленный в коммутационном шкафу (4), подключается к сетевому коммутатору (6) и записывает видеопотоки, поступающие с камер. Компьютер обучающегося (7), подключенный к коммутатору, позволяет студентам анализировать и обрабатывать видеоданные.

На рисунке (2) также представлены зоны обзора камер 1 и 2 и направления движения объектов в контролируемой зоне. Это дает студентам представление о том, как работают камеры в реальных условиях и как анализировать данные, полученные из системы видеонаблюдения.

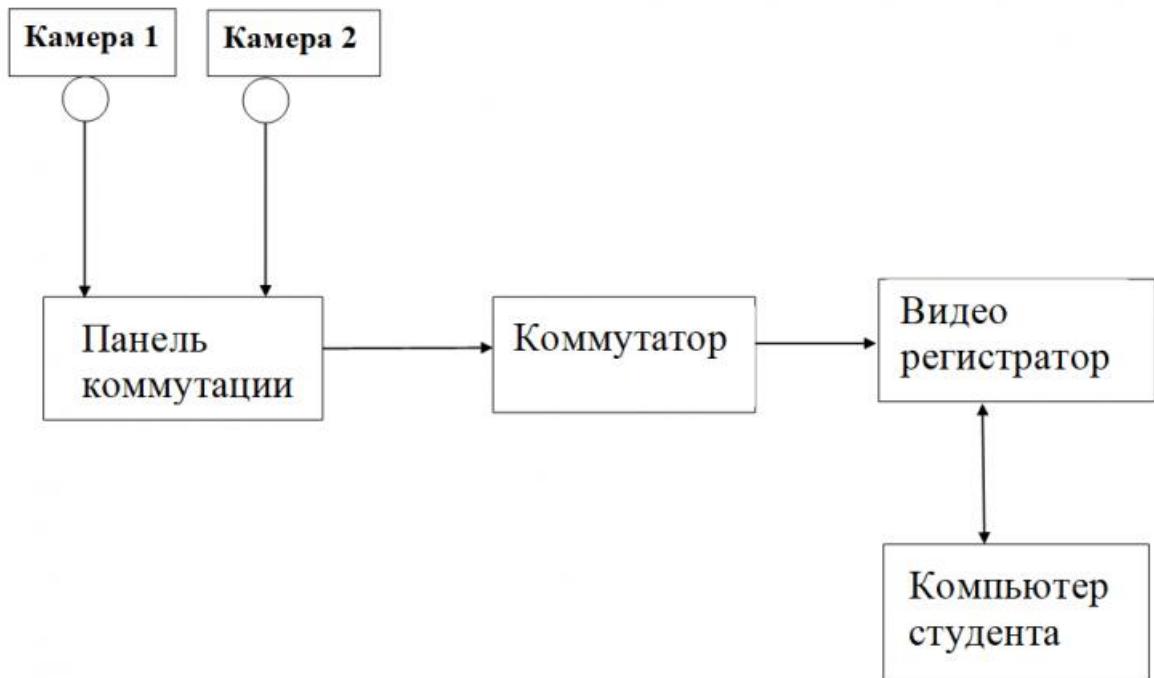


Рисунок 1. Схема лабораторного комплекса

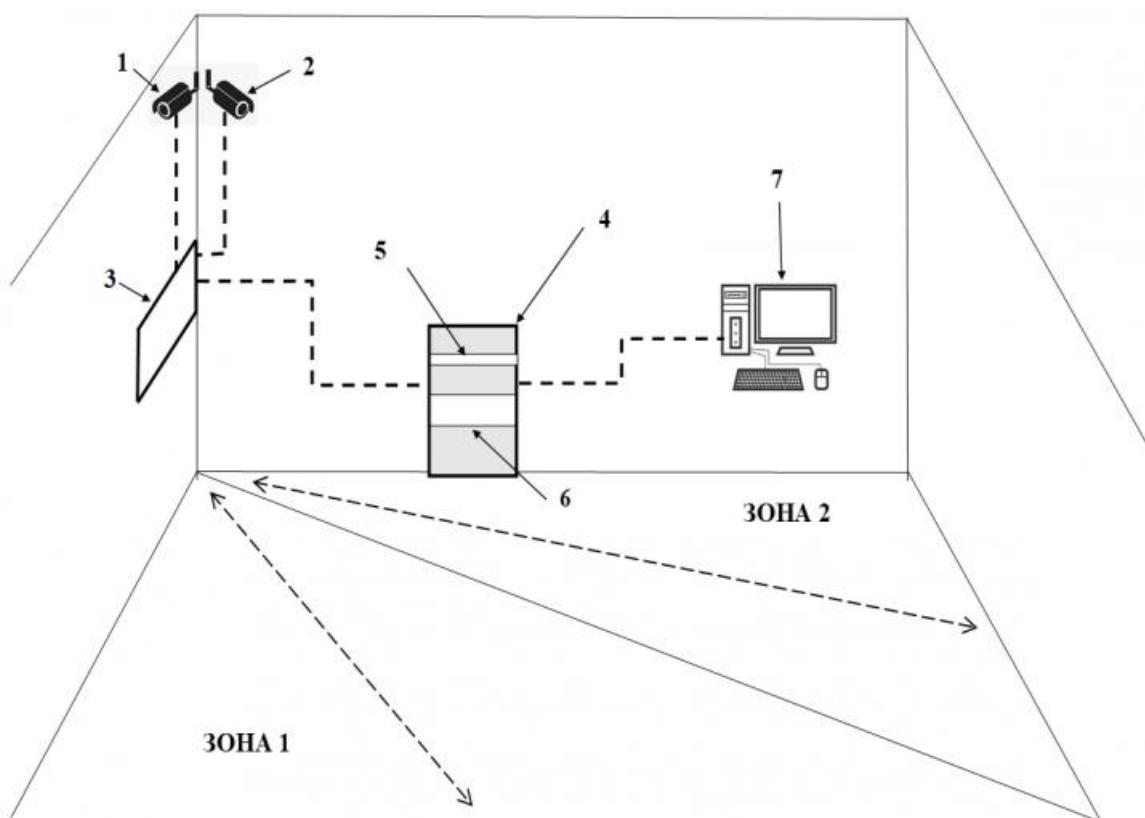


Рисунок 2. Схема расположения компонентов лабораторного комплекса

**Методика проведения лабораторной работы на тему «Вводная часть. Описание. Теория»**

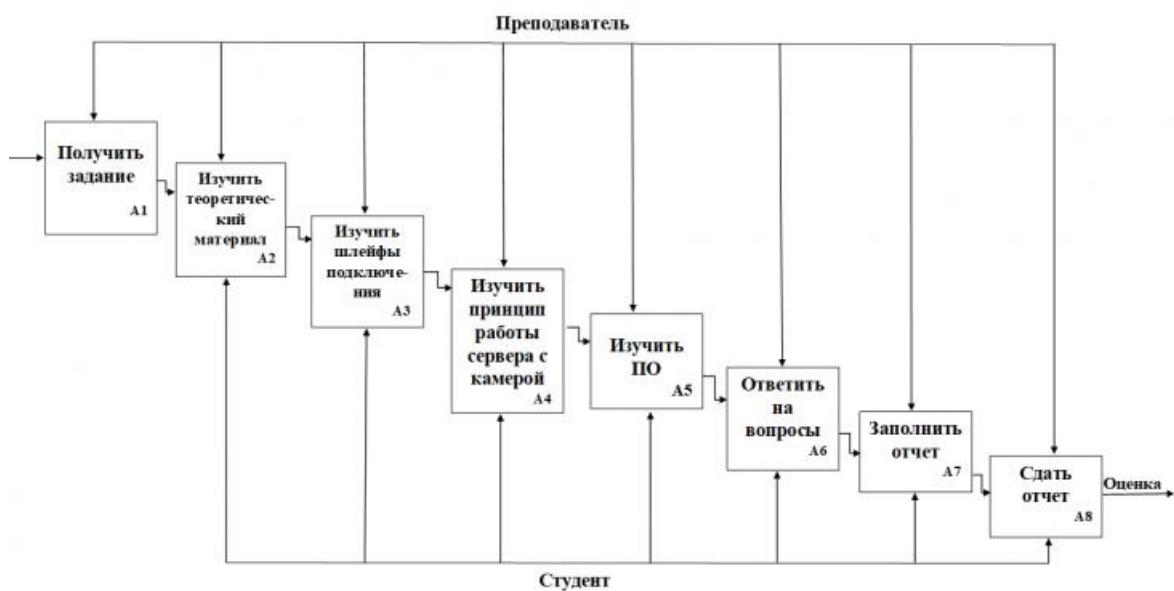


Рисунок 3. Методика проведения лабораторного занятия «Вводная часть. Описание. Теория»

Первый этап лабораторной работы направлен на изучение теоретических аспектов систем видеонаблюдения. Студентам предстоит ознакомиться с базовыми понятиями, включая определение объектов видеонаблюдения, особенностями работы видеокамер, а также функциями и задачами коммутаторов и регистраторов. Эти знания формируют фундамент для понимания структуры и принципов работы систем видеонаблюдения [4].

На практическом этапе лабораторной работы студенты применяют полученные теоретические знания, выполняя подключение шлейфов камер к коммутатору. Этот процесс включает в себя подготовку оборудования к работе, правильное подсоединение кабелей и последующий запуск системы. Важно отметить, что безопасность при работе с электронными устройствами является приоритетом, поэтому отключение питания коммутатора перед подключением шлейфов является обязательным [5].

Далее, учебный курс включает изучение программного обеспечения системы видеонаблюдения. Студенты учатся устанавливать и запускать программы, а также осваивают навигацию по программному интерфейсу для просмотра доступных камер и поиска камеры по IP-адресу. Эти навыки критически важны для управления и мониторинга систем видеонаблюдения.

После освоения программного обеспечения следует этап настройки параметров видеокамеры. Этот процесс включает в себя вход в меню настроек камеры и корректировку параметров в соответствии с требованиями лабораторного задания. Настройка камеры позволяет студентам понять, как различные параметры влияют на качество и эффективность видеонаблюдения.

В конце лабораторной работы студенты анализируют и подводят итоги своей деятельности, делая выводы о приобретенных знаниях и практических навыках. Основные понятия, процедуры подключения, принципы работы ПО и настройки камеры, изученные и примененные в ходе работы, дают студентам ценный опыт, который будет способствовать их будущей карьере в области технических систем безопасности.

#### **Методика проведения лабораторной работы на тему «Настройка. Практическое подключение камер»**

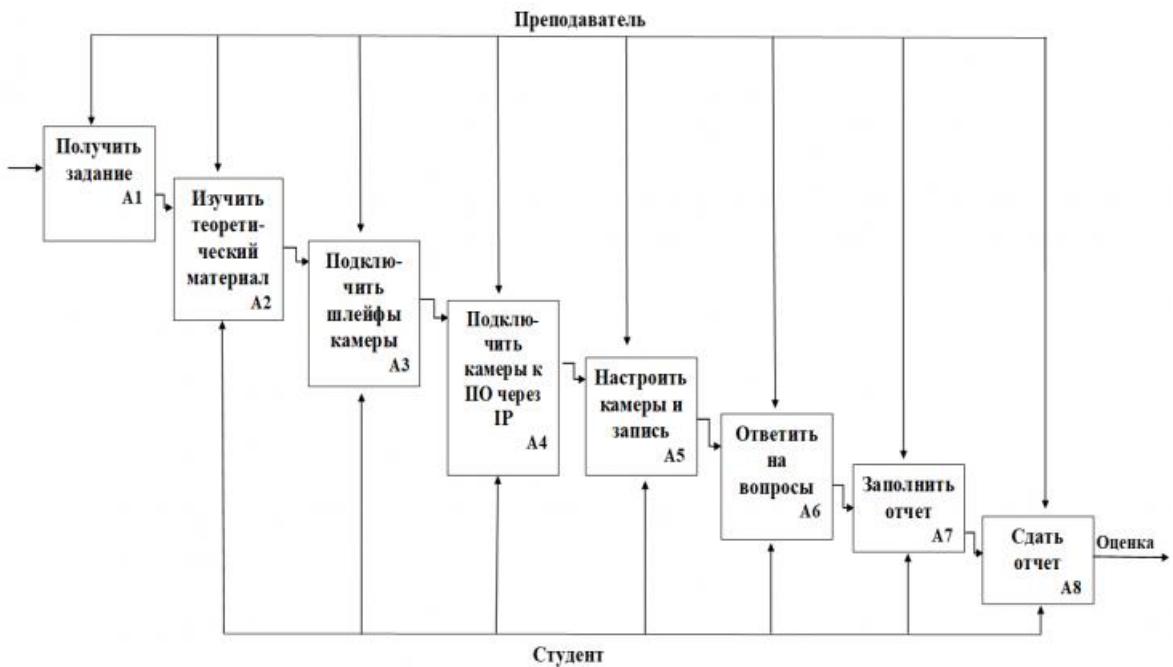


Рисунок 4. Методика проведения лабораторного занятия «Настройка. Практическое подключение камер»

Первым шагом в рамках лабораторной работы является освоение программного обеспечения, используемого для управления системой видеонаблюдения. Студентам предлагается последовательность действий, начиная с установки ПО на компьютер и заканчивая поиском и просмотром доступных камер в системе. Основное внимание уделяется пониманию процесса работы программы и её интерфейса, что является ключевым навыком для дальнейшей работы с системой [6].

Действия для изучения программного обеспечения:

- Установка ПО: следует выполнить инсталляцию программного обеспечения, следуя инструкциям разработчика.
- Запуск ПО: после установки необходимо запустить программу и ознакомиться с её интерфейсом.
- Просмотр списка камер: важным этапом является ознакомление со списком доступных камер, что позволяет понять структуру сети видеонаблюдения.
- Поиск камеры по IP-адресу: научиться определять и находить камеры по IP-адресам, что необходимо для диагностики сети и устранения неисправностей.

## 2. Принцип настройки камеры

Следующий этап лабораторной работы включает в себя практическую настройку параметров видеокамеры. Этот процесс предполагает понимание функций меню настройки камеры и способности корректировать эти настройки в соответствии с требованиями задачи.

Действия для настройки камеры:

- Доступ к меню настроек: осуществить вход в систему меню настроек камеры через интерфейс ПО.
- Конфигурация параметров: выбрать и настроить параметры камеры, такие как

разрешение, чувствительность, области обнаружения движения и другие важные функции.

- Сохранение настроек: после установки необходимых параметров, сохранить настройки для обеспечения их постоянной работы.

Освоение методики подключения и настройки камер позволяет студентам приобрести практические навыки, необходимые для работы с системами видеонаблюдения. В процессе лабораторной работы они учатся анализировать и решать задачи, связанные с управлением и техническим обслуживанием видеонаблюдения, что является важной частью их профессионального образования.

### **Методика проведения лабораторной работы на тему «Настройка ПО. Распознавание пользователей по форме и размеру лица»**

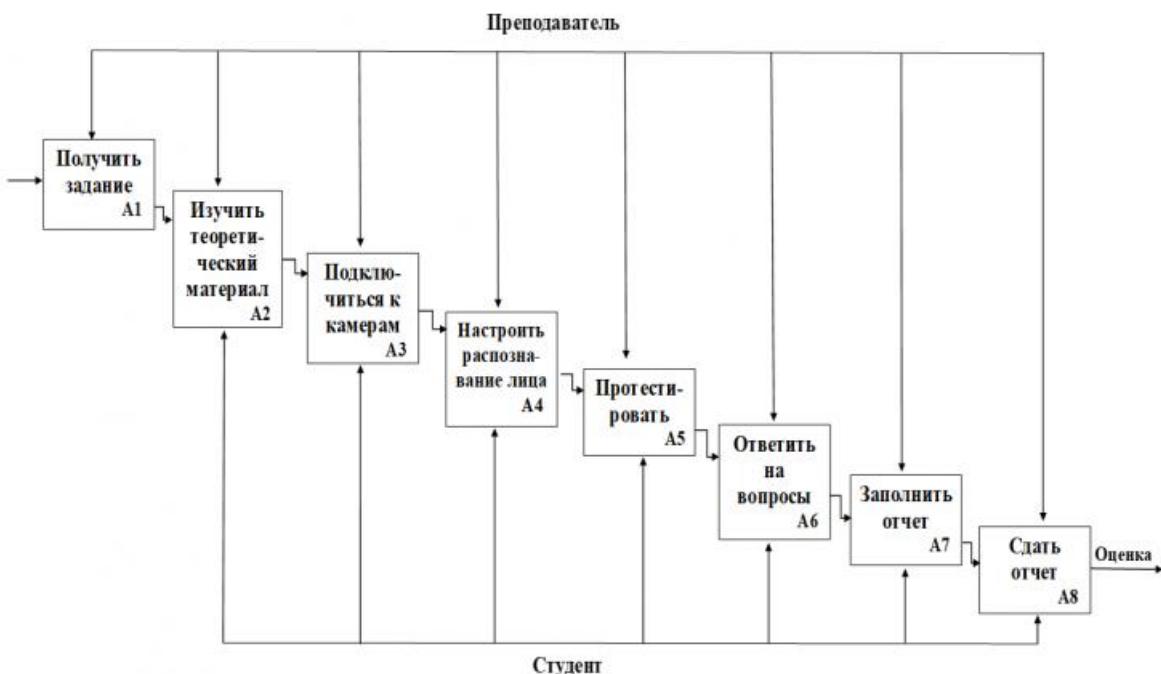


Рисунок 5. Методика проведения лабораторного занятия «Настройка ПО. Распознавание пользователей по форме и размеру лица»

#### 1. Подключение к камерам видеонаблюдения

Первым шагом является установка и подготовка программного обеспечения для управления системой видеонаблюдения. Студенты должны научиться подключаться к видеокамерам, используя IP-адреса, что является основой для последующей настройки функций распознавания лица.

Процедура подключения:

- Установка ПО: следовать инструкциям для инсталляции программного обеспечения.
- Запуск ПО: открыть программу для управления видеонаблюдением.
- Ввод IP-адреса: ввести IP-адрес камеры в соответствующее поле программы.
- Инициация подключения: нажать кнопку "Подключить" для установления связи с камерой.

#### 2. Настройка распознавания лица

Далее, студенты переходят к настройке параметров распознавания лиц. Этот этап требует понимания работы различных настроек, таких как качество изображения и алгоритмы распознавания, которые влияют на эффективность и точность системы [7].

Действия для настройки распознавания лица:

- Выбор функции распознавания: найти и включить функцию распознавания лиц в настройках ПО.
- Конфигурация параметров: установить качество изображения и размер области поиска для оптимизации процесса распознавания.
- Выбор алгоритма: определить наиболее подходящий алгоритм распознавания лиц из доступных в ПО.

### 3. Тестирование распознавания лица

После настройки параметров проводится тестирование системы для проверки ее способности корректно распознавать лица. Это позволяет оценить правильность настроек и эффективность алгоритма распознавания.

Процедура тестирования:

- Позиционирование камеры: навести камеру на человека для распознавания.
- Ожидание распознавания: дождаться автоматического распознавания лица программным обеспечением.
- Проверка результата: подтвердить точность распознавания лица программой.

В заключении лабораторной работы студенты анализируют полученный опыт и делают выводы о наученных навыках. Важным результатом является приобретение практических умений в области настройки и тестирования функций распознавания лиц в системах видеонаблюдения, что представляет собой значимый навык в современном контексте безопасности и видеомониторинга.

### **Программный код для распознавания и поиска лица в базе данных**

Распознавание лиц – это одно из наиболее перспективных направлений в области компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Программное обеспечение для распознавания лиц позволяет идентифицировать или верифицировать человека на фото или видео. В данной статье рассмотрим пример программного кода, который демонстрирует процесс распознавания и сопоставления лица человека с данными в базе данных.

Используемые библиотеки и инструменты:

- cv2: одна из основных библиотек Python для работы с изображениями и видео.
- dlib: мощная библиотека машинного обучения, включающая в себя предварительно обученные модели для распознавания лиц.
- numpy: библиотека для эффективной работы с массивами данных.

Процесс распознавания лица:

1. Инициализация детектора лиц: используется `dlib.get_frontal_face_detector()` для

загрузки предварительно обученного детектора лиц.

2. Загрузка базы данных: в базе данных хранятся кодированные вектора лиц, которые могут быть сопоставлены с лицом на изображении.

3. Обработка изображения: изображение загружается и преобразуется в оттенки серого для улучшения обработки.

4. Детекция лиц: детектор находит лица на изображении и возвращает их координаты.

5. Кодирование лиц: каждое обнаруженное лицо кодируется в вектор, который может быть использован для сравнения с векторами в базе данных.

6. Сопоставление с базой данных: программа сравнивает кодированные вектора лиц с векторами в базе данных и находит наиболее похожий вектор.

7. Результаты: если находится совпадение, программа выводит имя соответствующего лица. В противном случае, сообщает, что лицо не найдено.

Алгоритмические особенности:

- Преобразование в оттенки серого: уменьшает сложность изображения, упрощая задачу для алгоритма распознавания.

- Кодирование лиц: преобразование лиц в числовые вектора позволяет выполнять математическое сравнение между различными лицами.

- Минимизация расстояния: использование евклидового расстояния для определения наибольшего сходства между кодированным лицом и лицами в базе данных.

Пример кода демонстрирует возможности современных библиотек машинного обучения и компьютерного зрения для создания систем распознавания лиц.

```
import cv2
import numpy as np
# Загружаем библиотеку для распознавания лиц Dlib
face_detector = dlib.get_frontal_face_detector()
# Загружаем базу данных лиц
database = {}
with open('database.csv', 'r') as f:
    for line in f.readlines():
        data = line.split(',')
        database[data[0]] = np.array(data[1:])
# Загружаем изображение
img = cv2.imread('image.jpg')
# Преобразуем изображение в оттенки серого
```

```
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

# Находим лица на изображении

faces = face_detector(gray)

# Проходим по всем найденным лицам

for face in faces:

    # Получаем координаты лица

    (x, y, w, h) = face.left(), face.top(), face.right(), face.bottom()

    # Вырезаем лицо из изображения

    face_image = img[y:y + h, x:x + w]

    # Кодируем лицо в вектор

    face_encoded = face_recognition.face_encodings(face_image)\[1\]

    # Находим наиболее похожее лицо в базе данных

    best_match = None

    min_distance = np.inf

    for name, face_encoded in database.items():

        distance = np.linalg.norm(face_encoded - face_encoded)

        if distance < min_distance:

            min_distance = distance

            best_match = name

    # Выводим результаты

    if best_match is not None:

        print('Найдено лицо:', best_match)

    else:

        print('Лицо не найдено')
```

Разработчики могут использовать этот код как основу для создания своих приложений распознавания лиц, а также для обучения и исследовательских проектов в области искусственного интеллекта. Представленный код можно развить с применением принципов параллельного программирования, которые описаны в работах [\[8,9,10\]](#), это является предметом будущих исследований.

## **Заключение**

В рамках обучения по дисциплине "Технические средства охраны", лабораторные занятия заняли центральное место в формировании профессиональных компетенций студентов. Они прошли через всеобъемлющий процесс обучения, начиная от

подключения камер видеонаблюдения и заканчивая сложными процедурами настройки программного обеспечения для распознавания лиц.

Подключение и конфигурация оборудования видеонаблюдения позволили учащимся погрузиться в технические аспекты безопасности, обретая знания о типах кабелей и правильном подключении камер. Затем они перешли к освоению программного обеспечения, научились управлять системой видеонаблюдения, добавлять и настраивать камеры, а также работать с параметрами записи и отображения видеинформации.

Настройка распознавания лиц стала одним из ключевых моментов обучения, где студенты научились выбирать и настраивать алгоритмы распознавания лиц и создавать базы данных для идентификации лиц. Эти знания и навыки открывают перед учащимися двери в мир современных технологий безопасности, где умение работать с программным обеспечением и базами данных является важным активом.

Подведя итог, можно сказать, что проведенные лабораторные работы не только способствовали углублению теоретических знаний, но и обеспечили студентам ценные практические навыки. Умение подключать и настраивать системы видеонаблюдения, управлять программным обеспечением и осуществлять распознавание лиц – все это стало основой для их будущей карьеры в области технических средств охраны и повысило их готовность к применению данных навыков в повседневной жизни.

Таким образом, обучение студентов работе с системами видеонаблюдения не только укрепляет их техническую грамотность, но и подготавливает их к эффективному решению задач в быстро меняющемся технологическом мире, делая акцент на важности безопасности и приватности в современном обществе.

## **Библиография**

1. Юсупов Б. З., Мартынов А. М. Разработка лабораторного стенда охранно-пожарной сигнализации по дисциплине технические средства охраны // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 21 марта 2023 года. Москва: Печатный цех, 2023. С. 80-91.
2. Юсупов Б. З. Разработка учебного стенда охранно-пожарной системы для обучения студентов // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 2. С. 40-48.
3. Шарипов Р. Р., Юсупов Б. З. Исследование электрических параметров пороговых извещателей // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 3. С. 29-47.
4. Борисов А. П., Эрнст М. Е. Разработка системы видеонаблюдения на основе Raspberry Pi для обучения студентов направления «Информатика и вычислительная техника» // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2017. № 4(26). С. 9-11.
5. Касалапов А. Л., Звижинский А. И. Перспективы разработки алгоритмов обработки изображения систем видеонаблюдения // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. 2019. С. 152-154.
6. Берашевич П. А., Шнейдеров Е. Н., Горбаль М. М., Терешкова А. С. Разработка программного средства проектирования и анализа систем видеонаблюдения // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ-2016». 2016. С. 226-226.
7. Гаряев Н. А. Разработка автоматизированной системы контроля доступа и системы видеонаблюдения зданий // Интеграция, партнерство и инновации в строительной

- науке и образовании. 2017. С. 399-403.
8. Викторов И.В., Гибадуллин Р.Ф. Разработка синтаксического дерева для автоматизированного транслятора последовательного программного кода в параллельный код для многоядерных процессоров // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 1. С. 13-25.
  9. Гибадуллин Р.Ф., Викторов И.В. Неоднозначность результатов при использовании методов класса Parallel в рамках исполняющей среды .NET Framework // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 2. С. 1-14.
  10. Гибадуллин Р.Ф. Потокобезопасные вызовы элементов управления в обогащенных клиентских приложениях // Программные системы и вычислительные методы. 2022. № 4. С. 1-19.

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Статья затрагивает актуальную тему разработки учебных стендов систем видеонаблюдения. Предмет исследования охватывает важные аспекты обучения студентов, что делает его особенно значимым в контексте современных технологических и образовательных трендов. Освещение технических деталей и программных аспектов систем видеонаблюдения представляет собой комплексный подход к изучению этой темы. Автор(ы) использует(ют) интегрированный подход, сочетая теоретические знания и практические навыки. Это позволяет глубоко понять принципы работы систем видеонаблюдения и эффективно применять этот опыт в практических условиях. Такой метод обучения выгодно отличается от традиционных подходов, делая исследование особенно полезным для образовательной сферы. В контексте постоянного развития технологий безопасности тема статьи является крайне актуальной. Она отвечает современным требованиям к образованию в области технических средств охраны и систем видеонаблюдения, подчеркивая необходимость практической подготовки специалистов. Статья демонстрирует научную новизну за счет разработки и внедрения комплексного учебного стенда, который включает в себя как теоретические, так и практические элементы обучения. Это позволяет студентам получить целостное представление о системах видеонаблюдения, что является новаторским подходом в образовательной практике. Статья написана в доступном, но при этом научно обоснованном стиле. Структура статьи логична и последовательна, облегчая понимание материала. Содержание богато информацией, которая подается четко и ясно, делая статью полезной для широкого круга читателей. Библиографический список в статье хорошо подобран и отражает актуальные источники по теме, что способствует повышению научной ценности работы. Автор(ы) умело апеллирует(ют) к потенциальным оппонентам, предоставив убедительные аргументы в пользу своего подхода к обучению и разработке учебных стендов, что повышает убедительность их исследования. В рамках обсуждаемой статьи особенно примечателен раздел, посвященный программному коду для распознавания и поиска лица в базе данных. Этот аспект работы представляет значительный интерес, так как демонстрирует эффективное использование передовых технологий в области компьютерного зрения и машинного обучения, в частности, библиотек cv2 и dlib. Код, представленный в статье, выделяется своей четкостью и структурированностью, что облегчает его понимание и анализ. Кроме того, важной особенностью является его практическая применимость в реальных условиях. Это

позволяет студентам не только теоретически изучать основы работы систем видеонаблюдения, но и видеть непосредственное применение этих знаний на практике. В целом, программный код, представленный в статье, является выдающимся примером интеграции программных решений в образовательный процесс в сфере видеонаблюдения и безопасности. Он не только подчеркивает актуальность темы, но и является ярким примером успешного сочетания теоретических знаний и практического применения в рамках образовательной программы. Выводы, сделанные в статье, подчеркивают значимость практического применения теоретических знаний в области систем видеонаблюдения. Считаю, что статья будет интересна как академическим кругам, так и профессионалам, работающим в сфере безопасности, образования и технических наук. Она способствует повышению качества обучения и подготовки специалистов в области современных систем безопасности.

## Англоязычные метаданные

# On the question of the specifics of the formulation and use of the Turing test for the ChatGPT

Osipov Mikhail Yur'evich

PhD in Law

Senior Scientific Associate, International Police Academy of All-Russian Police Association

300026, Russia, Tul'skaya oblast', g. Tula, ul. Ryazanskaya, 1

 osipov11789@yandex.ru



**Abstract.** The subject of the research in this article are the features and regularities of the functioning of systems based on ChatGPT technologies, the knowledge of which makes it possible to formulate appropriate modifications of the Turing test, as well as the features and regularities of the formulation and use of the Turing test for systems based on ChatGPT technologies. The purpose of the study is to identify the features and patterns of functioning of systems based on the technologies of ChatGPT, as well as the features and patterns of formulation and use of the Turing test for systems based on the technologies of Chat GPT. As research methods, the method of social experiment was used, when during the study of a system based on Chat GPT technologies, certain questions were asked, answers were received, the analysis of which allowed us to conclude about the features of the "thinking" of systems based on ChatGPT technologies. In the course of the study, the following was found. Unlike human thinking, which is based on certain facts, the "thinking" of systems based on ChatGPT technologies, in some cases is not based on facts that take place in reality, often the user is given deliberately false information about facts and circumstances that take place in reality.

In contrast to human thinking, which is usually systemic in nature, the "thinking" of systems based on ChatGPT technologies is disorderly and fragmentary. Systems based on ChatGPT technologies cannot admit their mistakes, and attempts to force systems based on ChatGPT technologies to critically comprehend their answers lead to a malfunction of these systems. The article also provides a Turing test developed by the author for ChatGPT, which made it possible to identify the features of the "thinking" of systems based on ChatGPT technologies.

**Keywords:** patterns, reflection, critical analysis, Chat GPT, artificial intelligence, technology, systems thinking, human thinking, Turing Test, computer science

## References (transliterated)

1. Alekseev A. Yu. Komp'yuternye sredstva kompleksnogo testa T'yuringa // Iskusstvennyi intellekt v reshenii aktual'nykh sotsial'nykh i ekonomicheskikh problem XXI veka: sbornik statei po materialam Vos'moi vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 25–26 oktyabrya 2022 goda. – Perm': Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2022. – S. 23-28.
2. Gorbacheva A. G. Test T'yuringa: diagnostika chelovecheskogo v interfeise chelovek-mashina // Chelovek.RU. – 2015. g. – 10. – S. 99-106.
3. Danilina, E. V. Selyukova G. P. Alan T'yuring i iskusstvennyi intelekt // Aktual'nye voprosy nauki i khozyaistva: novye vyzovy i resheniya: Sbornik materialov LIV Studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 75-letiyu Pobedy v

- Velikoi Otechestvennoi voine, Tyumen', 19–20 marta 2020 goda. Tyumen': Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2020. – T. Chast' 2. – S. 42-345.
4. Efimov A. R. Postt'yuringovaya metodologiya: razrushenie steny na puti k obshchemu iskusstvennomu intellektu // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. – 2020 g. – 2. – S. 74-80.
  5. Efimova S. A. Razvitie iskusstvennogo intellekta // Tsifrovaya nauka. 2020 g. 6. S. 49-58.
  6. Zhadan. A Kak ya napisal diplom s pomoshch'yu ChatGPT i okazalsya v tsentre spora o neirosetyakh v obrazovanii // [https://journal-tinkoff-ru.22 fevral' 2023 g. 9 Oktyabr' 2023 g. https://journal-tinkoff-ru.turbopages.org/journal.tinkoff.ru/s/neuro-diploma/?parent\\_reqid=1696780968504726-1216878690899660191200206-production-app-host-sas-turbo-27&recommendation=true](https://journal-tinkoff-ru.22 fevral' 2023 g. 9 Oktyabr' 2023 g. https://journal-tinkoff-ru.turbopages.org/journal.tinkoff.ru/s/neuro-diploma/?parent_reqid=1696780968504726-1216878690899660191200206-production-app-host-sas-turbo-27&recommendation=true).
  7. Malyutin N. K. "Imitatsiya zhizni": iskusstvennyi intellekt i perspektivy chelovecheskogo // Formirovanie gumanitarnoi sredy v vuze: innovatsionnye obrazovatel'nye tekhnologii. Kompetentnostnyi podkhod. 2018 g. T. 1. S. 191-196.
  8. Ovchinnikova G. V Semanticeskaya asimmetriya frantsuzskikh yuridicheskikh terminov i «Lozhnye druz'ya» perevodchika // Vestnik MPA VPA (sbornik nauchnykh trudov). 2023 g. 3. S. 206-208.
  9. Sal'nikov, I. S. Sal'nikov R.S. Robotooperatory i test T'yuringa [Dnevnik] // Sistemy i sredstva iskusstvennogo intellekta. 2013 g. T. 1. S. 181-184.
  10. Stavrovskii I. K. Mozhet li mashina myslit': ne-bikheviorskii podkhod [Konferentsiya] // Filosofiya v XXI veke: sotsial'no-filosofskie problemy sovremennoi nauki i tekhniki : Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, Zelenograd-Krasnoyarsk, 12 maya 2023 goda. – Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2023. S. 119-122.
  11. Surkov A. V. Iskusstvennyi intellekt i soznanie: sostoyanie issledovanii i perspektivy // Prakticheskaya filosofiya: sostoyanie i perspektivy : Sbornik materialov III nauchnoi konferentsii, Simferopol', 17-18 maya 2020 goda / red. O.A. Gabrielyan.-Simferopol': Obshchestvo s ogranicennoi otvetstvennost'yu «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial», 2020. S. 135-137.
  12. Florensov A. N. Primenenie kriteriya T'yuringa dlya issledovaniya dinamiki iskusstvennogo intellekta [Dnevnik] // Omskii nauchnyi vestnik. 2018 g. 1: T. 157. S. 91-94.
  13. Alan Turing «Computing Machinery and Intelligence // Mind. 1950 g. no. 236 : T. vol. LIX. P. 433-460.
  14. Ausat, A. M. A., Massang, B., Efendi, M., Nofirman, N., & Riady, Y. Can chat GPT replace the role of the teacher in the classroom: A fundamental analysis. // Journal on Education.-2023 g. P. 16100-16106.
  15. Baskara FX Risang. The Promises and Pitfalls of Using Chat GPT for Self-Determined Learning in Higher Education: An Argumentative Review // Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAAM Sinja. 2023 g. T. T. 2. P. 95-101.
  16. Bhattacharya, K., Bhattacharya, A. S., Bhattacharya, N., Yagnik, V. D., Garg, P., Kumar, S ChatGPT in surgical practice – a New Kid on the Block // Indian Journal of Surgery. 2023. g. 4. P. 1-25.
  17. Elkins K., Chun J. Can GPT-3 pass a writer's Turing test? // Journal of Cultural Analytics. 2020 g. 2: T. 5.-P. 1-16.
  18. Huallpa J. J. Exploring the ethical considerations of using Chat GPT in university

- education. // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2023 g. 4: T. 11. P. 105-115.
19. Kenneth J. Arrow Social Choice and Individual Values-Yale: Yale University Press, 1963.
  20. Khan, A., Khan, S., Zia-Ul-Islam, S., Khan, M Communication Skills of a Teacher and Its Role in the Development of the Students' Academic Success // Journal of Education and Practice..-2017 g. 1: T. 8. P. 18-21.
  21. Leleparay, H. L., Rachmawati, R., Zani, B. N., & Maharjan, K. GPT Chat: Opportunities and Challenges in the Learning Process of Arabic Language in Higher Education. // JILTECH: Journal International of Lingua & Technology. 2023 g. 1: T. 2. P. 11-23.
  22. Lund B. D., Wang T. Chatting about ChatGPT: how may AI and GPT impact academia and libraries? // Library Hi Tech News. 2023. g. 3: T. 40. P. 26-29.
  23. Maboloc. C. R. Chat GPT: the need for an ethical framework to regulate its use in education // Journal of Public Health. 2023 g. P. fdad125.
  24. Nov, Oded, Nina Singh, and Devin Mann. Putting ChatGPT's Medical Advice to the (Turing) Test: Survey Study [Dnevnik] // JMIR Medical Education..-2023 g. 1: T. T. 9. P. 39-46.
  25. Saariluoma P., Karvonen A Theory languages in designing artificial intelligence [Dnevnik] // AI & SOCIETY. 2023 g. P. 1-10.
  26. Tajik E., Tajik F. A. A comprehensive Examination of the potential application of Chat GPT in Higher Education Institutions // TechRxiv. Preprint. 2023 g. P. 1-10.
  27. Wang. Y. On abstract intelligence: Toward a unifying theory of natural, artificial, machinable, and computational intelligence // International Journal of Software Science and Computational Intelligence (IJSSCI). 2009 g. 1: T. 1.-P. 1-17.
  28. Yu. H Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching] // Frontiers in Psychology. 2023 g. T. 14. P. 1-12.

## **System analysis of tools and software products for evaluating the effectiveness of investment projects**

**Sheptukhin Mikhail**

Postgraduate student, Department of Computer Science, Gubkin Russian State University of Oil and Gas

65 Leninsky Ave., Moscow, 119991, Russia

✉ sheptukin@gmail.com



**Abstract.** The subject of this study are investment design management tools that allow evaluating the effectiveness of investment project options. The object of the study is digital products (software solutions) designed for automated efficiency assessment and selection of attractive projects for investment. The author has determined that the choice of the most profitable project for investment is the key task of the pre-investment stage of the investment process, while the presence of a large amount of information, the influence of external and internal weakly controlled factors, the state of uncertainty accompanying the investment process actualize the use of software products. Particular attention is paid to identifying and formalizing requirements for software products for risk analysis and evaluation of the effectiveness of investment projects, which will save time and financial resources and

eliminate the influence of the human factor on the choice of a project for investment. The research methodology includes the use of a systematic approach to identifying tools and indicators for evaluating the effectiveness of investment decisions. The author conducted a comparative analysis of software products that act as tools for assessing the attractiveness of investment projects when choosing the most acceptable for the development of commercial activities of industrial enterprises. The results of the comparative analysis of domestic and foreign investment project management software solutions presented on the technology market made it possible to systematize programs, identify their strengths and weaknesses and formulate requirements for an optimal software package for analyzing and evaluating the effectiveness of investment projects of an industrial enterprise. The digital solution developed by the author for risk analysis and evaluation of the effectiveness of investment projects should have the following characteristics: functionality, reliability and stability, interface and usability, compatibility, price and licensing conditions, technical support. Based on the results of the study, the scope of application of the results of the comparative analysis of software products is determined – the further development of digital solutions for evaluating the effectiveness of investment projects, ensuring the effectiveness of the management process of investment design of enterprises.

**Keywords:** disadvantages of the software product, advantages of the software product, program characteristics, selection of investment projects, software product, efficiency evaluation methods, performance evaluation indicators, comparative analysis, system approach, Investment project

## References (transliterated)

1. Akinfina M. A. Upravlenie zatratiami po meropriyatiyam investitsionnogo proekta s ispol'zovaniem SAP ERP // Ekonomicheskii rost Respubliki Belarus': globalizatsiya, innovatsionnost', ustoichivost': materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 25-26 sentyabrya 2014 g. Minsk: BGU, 2014. T.2. S. 261-262.
2. Asenova Z. T. Primenenie zarubezhnogo opyta upravleniya proektami v rossiiskoi praktike // Ekonomicheskie nauki. 2018. № 1(46). S. 37-41.
3. Belyaev S. N. Investitsionnyi analiz s ispol'zovaniem programmnykh produktov // Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya. 2011. № 5 (48). C. 142-143.
4. Burlin E. B. Otsenka investitsionnoi privlekatel'nosti korporatsii // Vestnik evraziiskoi nauki. 2023. T. 15. № S1. URL:<https://esj.today/PDF/33FAVN123.pdf> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
5. Bychkova A. N. Klyuchevye kategorii ekonomicheskogo analiza: ekonomicheskii pokazatel' // Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «Ekonomika». 2019. T. 17. № 3. S. 17-28. DOI: 10.25513/1812-3988.2019.17(3).17-28.
6. Voevodina O. V. Effektivnost' primeneniya programmy «AI't-Invest Summ» pri razrabotke investitsionnykh proektor // Ekonomika i upravlenie v XXI: tendentsii razvitiya. 2013. № 9. S.193-197.
7. Vorobovich N. P., Semenov O. Yu. Programmnye pakety, prednaznachennye dlya upravleniya proektami // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009. № 11. S. 3-6.
8. Gnedash E. V. Informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya investitsionnykh reshenii dlya rukovoditelei predpriyatiy // Informatsionnye tekhnologii v nauce, upravlenii, sotsial'noi sfere i meditsine: sbornik nauchnykh trudov III Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Tomsk, 23-26 maya 2016 g. Tomsk : Izd-vo TPU, 2016. Ch. 1. S.

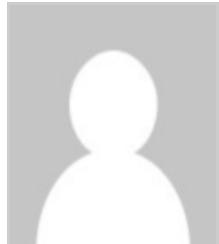
152-156.

9. Gorlovskaya I. G., Mizya M. S. Sistemnoe upravlenie investitsiyami promyshlennogo predpriatiya // Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ekonomika. 2012. № 3. S. 167-173.
10. Goryachkin B.S., Semenov A.A. Ergonomicheskii analiz servisa «Yandex Treker» // E-Scio. 2020. № 3 (42). S. 607-619.
11. Grakhov V. P., Mokhnachev S. A., Kislyakova Yu. G., Lonshakova A. A. Kontrol' khoda stroitel'stva s pomoshch'yu integratsii PRIMAVERA P6 i izobrazhenii veb-kamery // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2016. № 2. S. 421-424.
12. Devisenko D. A., Kucher T. V. Primenenie Microsoft Project dlya planirovaniya proektov // Materialy vseukrainskoi studencheskoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem): sbornik nauchnykh trudov studentov, magistrov, aspirantov i prepodavatelei. Donetsk, 22-23 aprelya 2020 g. Donetsk: DonNTU, 2010. C. 105-10.
13. Drynova I. V. Problemy i perspektivy sozdaniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem upravleniya investitsionnymi proektami // Aktual'nye voprosy sovremennoi nauki. 2010. № 13. S. 77-84.
14. Zimin V. A. Investitsionnyi proekt: ego finansirovanie i effektivnost' // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. 2013. № 3. S. 209-211.
15. Kozin M. N., Astarkina N. R. Integral'naya metodika otsenki effektivnosti i vybora investitsionnogo proekta na predpriatyakh malogo i srednego biznesa // Audit i finansovyi analiz. 2010. № 2. S. 1-7.
16. Lebedev I. A., Prasolov V. I. Metody otsenki effektivnosti investitsionnykh proektov // Vestnik evraziiskoi nauki. 2022. T. 14. № 6. URL:<https://esj.today/PDF/81ECVN622.pdf> (data obrashcheniya: 08.07.2023).
17. Manushin D. V. Utochnenie ponyatiya «metodologiya» // Mezhdunarodnyi bukhgalterskii uchet. 2016. № 16. S. 41-60.
18. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov (Vtoraya redaktsiya, ispravленная и дополненная) (utv. Minekonomiki RF, Minfinom RF i Gosstroem RF ot 21 iyunya 1999 g. N VK 477). URL:<https://base.garant.ru/2320803> (data obrashcheniya: 03.07.2023).
19. Mirgaleeva I. V. Proektnoe upravlenie v razvitiu rossiiskikh promyshlennykh predpriyatiii // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2022. T. 3. № 11 (131). S. 195-202.
20. Odnokoz, V. G. Sushchnost' i klassifikatsiya investitsionnykh proektov // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologii. 2015. № 2 (41). S. 30-34.
21. Ofitsial'nyi sait kompanii «Alt-Invest». URL:<https://www.alt-invest.ru/program/alt-invest-summ/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
22. Ofitsial'nyi sait kompanii «Ekspert Systems». URL:<https://www.expert-systems.com/financial/pe/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
23. Ofitsial'nyi sait kompanii 1S. URL:<https://solutions.1c.ru/catalog/pm-prof/features> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
24. Ofitsial'nyi sait kompanii Atlassian. URL:<https://www.atlassian.com/ru/software/jira> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
25. Ofitsial'nyi sait kompanii Elecosoft. URL:<https://elecosoft.com/products/asta/asta-powerproject/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
26. Ofitsial'nyi sait kompanii Microsoft. URL:<https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/project-project-management-software> (data obrashcheniya: 10.10.2023).

27. Ofitsial'nyi sait kompanii OpenPlan Systems. URL:<https://openplan.com/about-us/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
28. Ofitsial'nyi sait kompanii Oracle. URL:<https://www.oracle.com/cis/construction-engineering/primavera-p6/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
29. Ofitsial'nyi sait kompanii SAP. URL:<https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/erp.html> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
30. Ofitsial'nyi sait kompanii Yandeks. URL:<https://tracker.yandex.ru> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
31. Ofitsial'nyi sait Organizatsii Ob"edinennykh Natsii po promyshlennomu razvitiyu. URL:<https://www.unido.org/resources-publications-publications-type/comfar-software> (data obrashcheniya: 10.10.2023).
32. Patrusova A. M., Sygotina M. V., Plankova Yu. V., Mooi E. Primenenie metodov informatsionnogo menedzhmenta dlya otsenki effektivnosti investitsionnykh IT-proektor // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2014. № 4(24). S. 62-67.
33. Pershin M. A. Metody i podkhody dlya snizheniya riskov, svyazannykh s vlozheniyami v investitsionnye proekty // Vestnik Evraziiskoi nauki. 2022. № 1. URL:<https://esj.today/PDF/04ECVN122.pdf> (data obrashcheniya: 10.07.2023).
34. Rezanov M., Gribko V. V. Organizatsiya effektivnogo kalendarно-setevogo planirovaniya na krupnom sudostroitel'nom predpriyatii // Ratsional'noe upravlenie predpriyatiem. 2021. № 3-4. S. 30-32.
35. Ryskeldi Zh. Primenenie informatsionnykh tekhnologii v analize effektivnosti investitsionnoi deyatel'nosti // Molodoi uchenyi. 2020. №16(306). S. 20-22.
36. Federal'nyi zakon ot 25 fevralya 1999 g. № 39-FZ «Ob investitsionnoi deyatel'nosti v Rossiiskoi Federatsii, osushchestvlyayemoi v forme kapital'nykh vlozhenii» (s izmeneniyami i dopolneniyami). URL:<https://base.garant.ru/12114699/> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
37. Shorikov A. F., Butsenko E. F., Tyulyukin V. A. Intellektual'naya komp'yuternaya sistema podderzhki prinyatiya reshenii dlya optimizatsii upravleniya protsessami investitsionnogo analiza i proektirovaniya // Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie. 2018. Tom 17. № 4. S. 690-706.

## **Optimization of a recurrent neural network using automata with a variable structure**

Dimitrichenko Dmitriy Petrovich  
PhD in Technical Science  
Researcher, Institute of Applied Mathematics and Automation  
89a Shortanova str., Nalchik, 360000, Russia, Republic of Kbr  
✉ dimdp@rambler.ru



**Abstract.** The subject of this study is to identify a set of common structural properties inherent in recurrent neural networks and stochastic automata, the feature of which is purposeful behavior in dynamic environments.

At the same time, the necessary commonality of properties is revealed both in the process of their functioning and in the process of their training (tuning).

The author considers in detail such topics as: formalization of purposeful behavior, consideration of the design of automata, as well as a comparative analysis of the considered designs of automata. From the revealed commonality of functioning and the established one-

to-one correspondence of neurons of a fully connected recurrent neural network and states of a probabilistic automaton with a variable structure, it follows that the structure of a tuned stochastic automaton can be considered as a reference for a set of connections of a recurrent neural network. This leads, even at the setup stage, to the removal of redundant states (neurons) and connections between them, based on the parameters of the corresponding automaton. The methodology of the conducted research is the construction of a one-to-one correspondence between the neurons of a fully connected recurrent neural network and the internal states of an automaton with a variable structure and the probabilities of transitions between them that are relevant after the tuning process. With a one-to-one correspondence, the probabilities of transitions of the automaton correspond to the weights of connections between neurons of the optimal configuration. The main conclusions of the study:

1. Comparing the structures of recurrent neural networks and automata with a variable structure allows one to take advantage of an automaton with a variable structure to solve the problem of appropriate behavior in dynamic environments and build a recurrent neural network based on it;
2. The correspondence of the internal structure of a recurrent neural network and an automaton with a variable structure allows already at the training stage to release the trained recurrent neural network from redundant neurons and redundant connections in its structure;
3. Due to the fact that an automaton with a variable structure approaches the optimal automaton with linear tactics for these conditions with nonlinear values of the learning rate, this allows a logical analysis of the structure of the final recurrent neural network.

**Keywords:** markov chain, probability matrix, linear tactics, appropriate behavior, management task, context, time sequence, neuron, machine, recurrent neural network

## References (transliterated)

1. Gorban' A.N., Rossiev D.A. Neironnye seti na personal'nom komp'yutere. Novosibirsk.: Nauka. Sibirskaia izdatel'skaya firma RAN. 1996. S. 276.
2. Rutkovskaya D., Pilin'skii M., Rutkovskii L. Neironnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. M.: Goryachaya liniya – Telekom. 2004. S. 452.
3. Khaikin S. Neironnye seti: polnyi kurs, 2-e izd. / Per. s angl. M.: Izdatel'skii dom "Vil'yams". 2006. S. 1104.
4. Dimitrichenko D.P. A Method for Diagnosing a Robotic Complex Using Logical Neural Networks Apparatus, 2021 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). 202. Pp. 907-911.
5. Kazakov M.A. Clustering Algorithm Based on Feature Space Partitioning, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). 2022. Pp. 399-403.
6. Zhilov R.A. Application of the Neural Network Approach when Tuning the PID Controller, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2022, Pp. 228-233.
7. Shibzukhov Z.M. Konstruktivnye metody obucheniya sigma-pi neironnykh setei. M.: Nauka. 2006. S. 159.
8. Barskii A. B. Logicheskie neironnye seti. M.: Internet-universitet informatsionnykh tekhnologii Binom, Laboratoriya znanii. 2016. S. 352.
9. Dimitrichenko D.P. Optimization of the Structure of Variable-Valued Logical Functions when Adding New Production Rules, 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2022, pp. 240-245.
10. Osovskii S. Neironnye seti dlya obrabotki informatsii. M.: Goryachaya Liniya – Telekom.

2017. S. 345.

11. Vakulenko S.A., Zhikhareva A.A. Prakticheskii kurs po neironnym setyam . SPb.: Universitet ITMO. 2018. S. 71.
12. Pospelov D.A. Igry i avtomaty. M.: Energiya. 1966. S. 136.
13. Tsetlin M.L. Issledovaniya po teorii avtomatov i modelirovaniyu biologicheskikh sistem. M.: Nauka. 1969. S. 316.
14. Pospelov D.A. Veroyatnostnye avtomaty. M.: Energiya. 1970. S. 88.
15. Varshavskii V.I. Kollektivnoe povedenie avtomatov. M.: Nauka. 1973. S. 408.
16. Varshavskii V.I., Pospelov D.A. Orkestr igaet bez dirigera: razmyshleniya ob evolyutsii nekotorykh tekhnicheskikh sistem i upravlenie imi. M.: Nauka, 1984. S. 208.

## **Methodology for assessing the risks of fulfilling government contracts using machine learning tools**

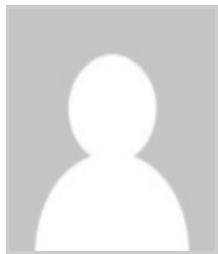
**Nikitin Petr Vladimirovich**

PhD in Pedagogy

Associate Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

125993, Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt, 49, office building 2

 [pvnikitin@fa.ru](mailto:pvnikitin@fa.ru)



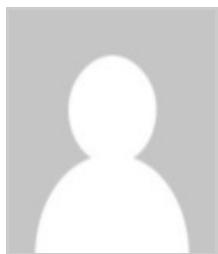
**Andriyanov Nikita Andreevich**

PhD in Technical Science

Associate Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

125163, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 49

 [naandriyanov@fa.ru](mailto:naandriyanov@fa.ru)



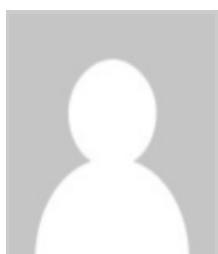
**Gorokhova Rimma Ivanovna**

PhD in Pedagogy

Associate Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

125167, Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt, 49

 [rigorokhova@fa.ru](mailto:rigorokhova@fa.ru)



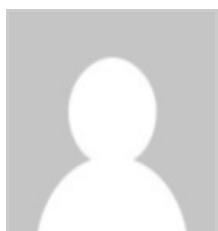
**Bakhtina Elena Yur'evna**

PhD in Physics and Mathematics

Associate Professor, Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)

125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt, 46

 [elbakh@gmail.com](mailto:elbakh@gmail.com)



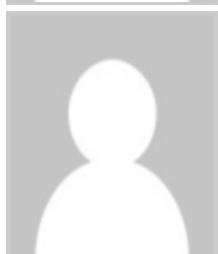
**Dolgov Vitalii Igorevich**

PhD in Physics and Mathematics

Associate Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt str., 49

 [vidolgov@fa.ru](mailto:vidolgov@fa.ru)



Korovin Dmitrii Igorevich

Doctor of Economics

Professor, Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation

125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt str. 49

✉ dikorovin@fa.ru



**Abstract.** The subject of the research is the development of a software package for intelligent forecasting of the execution of government contracts using machine learning methods and analysis of unstructured information.

The object of the study is the process of control and decision-making in the field of public procurement, including the selection of contractors, the execution of contracts and the assessment of the timing and cost of their implementation.

Special attention in the study is paid to the development and application of interpreted machine learning methods to solve the problems of assessing the risks of choosing an unscrupulous contractor, the risks of non-fulfillment of the contract on time and forecasting the likely timing and cost of contract implementation.

The authors consider in detail such aspects as a unique set of data that was collected from various information systems. They have also developed automated data collection and update systems that can be installed on customers' servers. The methods of machine learning, analysis of unstructured information and interpreted methods were used in the work.

Interpreted machine learning models were built to assess the risk of choosing an unscrupulous contractor, assess the risk of non-fulfillment of the contract on time, as well as assess the likely timing and cost of contract implementation. A unique set of data was collected in the work, including more than 83 thousand data on more than 190 features from various systems, such as the Unified Information System (UIS) Public Procurement Register, the Register of Unscrupulous Suppliers (RNP) EIS and SPARK Information System. Automated data collection and updating systems have been developed that can be deployed on customer servers.

In the course of the study, software packages were developed for intelligent forecasting of the execution of government contracts, which provide an opportunity to conduct a more accurate risk analysis using unstructured information analysis methods, machine learning models and interpreted methods. This makes it possible to increase the effectiveness of monitoring the implementation of government contracts and reduce the likelihood of corruption and violations. The study demonstrates the importance and applicability of machine learning methods and models in the field of public contracts and provides new opportunities for improving control and decision-making processes in the field of public procurement.

**Keywords:** ensemble methods, interpreted artificial intelligence, regression analysis, risk assessment, forecasting, the method of support vectors, data visualization, intelligent systems, machine learning, government contracts

## References (transliterated)

1. Geller A. Ya. Analiz prichin rastorzeniya kontraktov v sisteme gosudarstvennykh i munitsipal'nykh zakupok Rossiiskoi Federatsii // Vestnik universiteta. 2022. №. 5. S. 5-12.
2. Zolotukhina M. M., Polovnikova N.A. Riski pri vybere postavshchikov i zaklyuchenii kontraktov // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. 2023. №. 8 (102). S. 86-90.
3. Gendlina Yu. B. i dr. Riski stroitel'nykh kontraktov, zaklyuchennykh s munitsipal'nym zakazchikom // Upravlenie i ekonomika narodnogo khozyaistva Rossii. 2022. S. 113-

120.

4. Aleinikova M. Yu., Golovanov D. A. Modeli sovershenstvovaniya sistemy vnutrennego kontrolya osushchestvleniya gosudarstvennykh zakupok v Rossiiskoi Federatsii // Upravlencheskii uchet. 2022. № 7. S. 12-19. doi:10.25806/uu7202212-19.
5. Eliseev D. A., Romanov D. A. Mashinnoe obuchenie: prognozirovaniye riskov goszakupok // Otkrytie sistemy. SUBD. 2018. № 2. S. 42-44.
6. Nemtseva Yu. V., Mironets O. B. Upravlenie riskami kompanii otrazhi informatsionnykh tekhnologii na rynke b2g // Upravlencheskii uchet. 2022. № 12. S. 100-109.
7. Lavlinskii S. M., Panin A. A., Plyasunov A. V. Model' formirovaniya ekonomiceskoi politiki s uchetom transaktsionnykh izderzhek i strakhovaniya riskov razryva kontraktov // Diskretnyi analiz i issledovanie operatsii. 2022. № 3 (29). S. 45-63. doi:10.33048/daio.2022.29.738.
8. Skobelev V.V. Proverka konkursantov na etape predvaritel'nogo otbora yavlyayetsya neot'emlemym usloviem uspeshnogo vypolneniya gosudarstvennykh kontraktov // Natsional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2016. № 4 (16). S. 117-119.
9. Kultin, N.B., Kultin, D.N., Bauer, R.V. (2020) Application of machine learning technology to analyze the probability of winning a tender for a project. Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS, 32(2), 29-36.
10. Nepomnyashchiy, O. M., Barzylovich, D. V., Medvedchuk, O. V. (2018) Risk-management as an instrument of the public regulation of risk assessment in construction and operation of buildings. Publichne uryaduvannya, 5(15), 188-202. doi: 10.32689/2617-2224-2018-15-5-188-202.
11. Beketnova Yu. M. Analiz gosudarstvennykh zakupok metodami mashinnogo obucheniya v tselyakh protivodeistviya otmyvaniyu dokhodov // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2022. № 5(142). S. 144-148. doi:10.34925/EIP.2022.142.5.027.
12. Mantskava A. Z. Klassifikatsiya zavershennykh gosudarstvennykh zakupok s ispol'zovaniem algoritma mashinnogo obucheniya // Akademicheskaya publisistika. 2022. № 5-2. S. 72-78.
13. Ustinova V.V. Minimizatsiya riskov pri zaklyuchenii gosudarstvennykh kontraktov v sfere zakupok dlya nuzhd organov vnutrennikh del // Probely v rossiiskom zakonodatel'stve. 2016. № 4. S. 119-123.
14. Starosel'tseva M.M., Ustinova V.V. Grazhdansko-pravovye riski pri zaklyuchenii gosudarstvennykh kontraktov v sfere zakupok dlya nuzhd organov vnutrennikh del // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pravo. 2016. № 4. S. 25-36.
15. Korovina A.N. Sistema mer po parirovaniyu riskov kontraktov na postavku produktsii po gosudarstvennomu oboronnому zakazu // Nauka i voennaya bezopasnost'. 2016. № 2 (5). S. 87-96.
16. Chernyaev E. V., Khaitbaev V. A. Veroyatnostnye metody otsenki riskov v sisteme programmno-tselevogo planirovaniya gosudarstvennogo oboronnogo zakaza s primeneniem ierarkhicheskikh modelei // Prikladnye ekonomicheskie issledovaniya. 2022. №. 3. S. 24-29.
17. Zembatov M.R. Analiz faktorov risika postavshchika pri zaklyuchenii gosudarstvennykh kontraktov // Nauchno-issledovatel'skii finansovyi institut. Finansovyi zhurnal. 2017. № 6 (40). S. 75-97.
18. Ivanov N.A., Valpeters M.L., Kireev I.A. "Bol'shie dannye" i mashinnoe obuchenie pri upravlenii riskami nevopolneniya obyazatel'stv po kontraktam v stroitel'noi otrazhi // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2019. № 5. S. 81-87.

19. Travkina L. S., Lisin P. V., Mezhevikina E. A. Ekspertnaya otsenka riskov postavki produktsii, ne sootvetstvuyushchei trebovaniyam kontrakta // Kontrol' kachestva produktsii. 2021. № 2. S. 24-28.
20. Asadullaev R. G., Lomakin V. V., Putivtseva N. P. Razrabotka sredstv otsenki proektnykh riskov pri sozdaniii informatsionnykh sistem dlya sfery gosudarstvennykh uslug // Nauchno-tehnicheskii vestnik Povolzh'ya. 2017. № 5. S. 120-122. doi: 10.24153/2079-5920-2017-7-5-120-122.
21. Nikitin P.V., Dolgov V.I., Gorokhova R.I., Korovin D.I., Bakhtina E.Yu. Metodika otsenki vazhnosti priznakov pri analize vypolneniya gosudarstvennykh kontraktov // Natsional'naya bezopasnost'. 2023. № 4. S. 1-18. doi: 10.7256/2454-0668.2023.4.44013

## **Application of logical modeling for the analysis and classification of medical data for the purpose of diagnosis.**

**Lyutikova Larisa Adol'fovna**

PhD in Physics and Mathematics

Head of department, Institute of Applied Mathematics and Automation

360000, Russia, respublika Kabardino-Balkariya, g. Nal'chik, ul. Shortanova, 89a

 lylarisa@yandex.ru



**Abstract.** The subject of the research is a logical approach to data analysis and the development of software tools capable of identifying hidden patterns, even with a limited amount of data. The input data consists of indicators of the diagnosis of patients, their diagnoses and the experience of doctors obtained in the course of medical practice. The research method is the development of software tools based on systems of multivalued predicate logic for the analysis of patient data. This approach considers the source data as a set of general rules, among which it is possible to distinguish those rules that are sufficient to explain all the observed data. These rules, in turn, are generative for the area under consideration and help to better understand the nature of the objects under study. The novelty of the study lies in the use of multivalued logic to analyze a limited amount of medical data of patients in order to determine the most likely diagnosis with a given accuracy. The proposed approach makes it possible to detect hidden patterns in the symptoms and results of patient examinations, classify them and identify unique signs of various forms of gastritis. Unlike neural networks, logical analysis is transparent and does not require training on large amounts of data.

The conclusions of the study show the possibility of such an approach for diagnosis with a lack of information, as well as the offer of alternatives if the required accuracy of diagnosis is not achieved.

**Keywords:** properties, training, product rules, classifier, hidden patterns, analysis, data, multivalued logic, communications, diagnostics

## **References (transliterated)**

1. Zhuravlev Yu. I. Ob algebraicheskem podkhode k resheniyu zadach raspoznavaniya ili klassifikatsii // Problemy kibernetiki. 1978. T. 33. S. 5-68.
2. Shibzukhov Z.M. Korrektnye algoritmy agregirovaniya operatsii // Raspoznavanie obrazov i analiz izobrazhenii. 2014. № 3 – 24. C. 377-382.

3. Ashley I. Naimi, Laura B. Balzer Multilevel generalization: an introduction to super learning // European Journal of Epidemiology. 2018. Vol. 33. P. 459–464.
4. Haoxiang, Wang, Smith S. Big data analysis and perturbation using a data mining algorithm // Journal of Soft Computing Paradigm. 2021. №. 3 – 01. P. 19-28.
5. Joe MrK, Vijesh, Jennifer S. Raj User Recommendation System Dependent on Location-Based Orientation Context // Journal of Trends in Computer Science and Smart Technology. 2021. № 3-01. P. 14-23.
6. Grabisch M., Marichal J-L, Pap E. Aggregation functions // Cambridge University Press. 2009. Vol. 127.
7. Calvo T, Belyakov G. Aggregating functions based on penalties // Fuzzy sets and systems. 2010. № 10-161. P. 1420-1436.
8. Mesiar R, Komornikova M, Kolesarova A, Calvo T. Fuzzy aggregation functions: a revision // Sets and their extensions: representation, aggregation and models. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
9. Yang F, Yang Zh, Cohen W.W. Differentiable learning of logical rules for reasoning in the knowledge base // Advances in the field of neural information processing systems. 2017. P. 2320-2329
10. Akhlakur R., Sumaira T. Ensemble classifiers and their applications: a review //International Journal of Computer Trends and Technologies. 2014. Vol. 10. P. 31-35
11. Lyutikova L.A., Shmatova E.V. Algorithm for constructing logical operations to identify patterns in data // E3S Web of Conferences, Moscow, 25–27 noyabrya 2020 goda. – Moscow, 2020. Vol. 224, P. 01009.

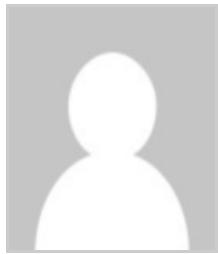
## **Analysis of modern SOTA-architectures of artificial neural networks for solving problems of image classification and object detection**

Korchagin Valeriy Dmitrievich

Postgraduate student, Department of Advanced Engineering School of Chemical Engineering and Mechanical Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Chemical-Technological University named after D.I. Mendeleev"

127253, Russia, Moscow, Pskovskaya str., 12, room 1, sq. 159

✉ valerak249@gmail.com



**Abstract.** The scientific research is focused on conducting a study of current artificial neural network architectures in order to highlight the advantages and disadvantages of current approaches. The relevance of the research relies on the growing interest in machine learning technologies and regular improvement of computer vision algorithms. Within the scope of this paper, an analytical study of the advantages and disadvantages of existing solutions has been conducted and advanced SOTA architectures have been reviewed. The most effective approaches to improve the accuracy of basic models have been studied. The number of parameters used, the size of the training sample, the accuracy of the model, its size, adaptability, complexity and the required computational resources for training a single architecture were determined. Prospects for further research in the field of hybridization of convolutional neural networks and visual transformers are revealed, and a new solution for building a complex neural network architecture is proposed. In the framework of the present research work, a detailed analysis of the internal structure of the most effective neural network architectures. Plots of the accuracy dependence on the number of parameters used in

the model and the size of the training sample are plotted. The conducted comparative analysis of the efficiency of the considered solutions allowed to single out the most effective methods and technologies for designing artificial neural network architectures. A novel method focused on creating a complex adaptive model architecture that can be dynamically tuned depending on an input set of parameters is proposed, representing a potentially significant contribution to the field of adaptive neural network design.

**Keywords:** new method, detection, classification, computer vision, artificial intelligence, hybrid neural networks, machine learning, analysis, convolutional neural networks, visual transformers

## References (transliterated)

1. Gomolka Z., Using artificial neural networks to solve the problem represented by BOD and DO indicators //Water. – 2017. – T. 10. – №. 1. – S. 4.
2. Kadurin A., Nikolenko S., Arkhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. Pogruzhenie v mir neironnykh setei //SPb.: Piter. – 2018. – T. 480.
3. Dzhabrailov Shaban Vagif Ogly, Rozaliev Vladimir Leonidovich, Orlova Yuliya Aleksandrovna Podkhody i realizatsii komp'yuternoi imitatsii intuitsii // Vestnik evraziiskoi nauki. 2017. №2 (39).
4. Babushkina, N. E. Vybor funktsii aktivatsii neironnoi seti v zavisimosti ot uslovii zadachi / N. E. Babushkina, A. A. Rachev // Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii, obrazovanii i ekonomike. – 2020. – T. 27, № 2(16). – S. 12-15.
5. Sosnin A. S., Suslova I. A. Funktsii aktivatsii neiroseti: sigmoida, lineinaya, stupenchataya, relu, tahn. – 2019. – S. 237.
6. Bredikhin Arsentii Igorevich Algoritmy obucheniya svertochnykh neironnykh setei // Vestnik YuGU. 2019. №1 (52).
7. Hu J., Shen L., Sun G. Squeeze-and-excitation networks //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2018. – S. 7132-7141.
8. Gastaldi X. Shake-shake regularization //arXiv preprint arXiv:1705.07485. – 2017.
9. DeVries T., Taylor G. W. Improved regularization of convolutional neural networks with cutout // arXiv preprint arXiv:1708.04552. – 2017.
10. He K. et al. Deep residual learning for image recognition //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – S. 770-778.
11. Tan M., Le Q. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks //International conference on machine learning. – PMLR, 2019. – S. 6105-6114.
12. Tan M. et al. Mnasnet: Platform-aware neural architecture search for mobile //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2019. – S. 2820-2828.
13. Dosovitskiy A. et al. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale //arXiv preprint arXiv:2010.11929. – 2020.
14. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – T. 30.
15. Liu Z. et al. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – S. 10012-10022.
16. Liu Z. et al. Swin transformer v2: Scaling up capacity and resolution //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – S.

12009-12019.

17. Dai Z. et al. Coatnet: Marrying convolution and attention for all data sizes //Advances in neural information processing systems. – 2021. – Т. 34. – С. 3965-3977.
18. Zhai X. et al. Scaling vision transformers //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2022. – С. 12104-12113.
19. Huang Y. et al. Gpipe: Efficient training of giant neural networks using pipeline parallelism //Advances in neural information processing systems. – 2019. – Т. 32.
20. Metody augmentatsii obuchayushchikh vyborok v zadachakh klassifikatsii izobrazhenii / S. O. Emel'yanov, A. A. Ivanova, E. A. Shvets, D. P. Nikolaev // Sensornye sistemy. – 2018. – Т. 32, № 3. – С. 236-245. – DOI 10.1134/S0235009218030058.
21. Cubuk E. D. et al. Autoaugment: Learning augmentation strategies from data //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2019. – С. 113-123.
22. Han D., Kim J., Kim J. Deep pyramidal residual networks //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – С. 5927-5935.
23. Yamada Y. et al. Shakedrop regularization for deep residual learning //IEEE Access. – 2019. – Т. 7. – С. 186126-186136.
24. Kolesnikov A. et al. Big transfer (bit): General visual representation learning //Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part V 16. – Springer International Publishing, 2020. – С. 491-507.
25. Foret P. et al. Sharpness-aware minimization for efficiently improving generalization //arXiv preprint arXiv:2010.01412. – 2020.
26. Pham H. et al. Meta pseudo labels //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2021. – С. 11557-11568.
27. Yu J. et al. Coca: Contrastive captioners are image-text foundation models //arXiv preprint arXiv:2205.01917. – 2022.
28. Chen X. et al. Symbolic discovery of optimization algorithms //arXiv preprint arXiv:2302.06675. – 2023.
29. Zhang H. et al. Dino: Detr with improved denoising anchor boxes for end-to-end object detection //arXiv preprint arXiv:2203.03605. – 2022.
30. Yang J. et al. Focal modulation networks //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Т. 35. – С. 4203-4217.
31. Wang L. et al. Sample-efficient neural architecture search by learning actions for monte carlo tree search //IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2021. – Т. 44. – №. 9. – С. 5503-5515.
32. Wang W. et al. Internimage: Exploring large-scale vision foundation models with deformable convolutions //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2023. – С. 14408-14419.
33. Zong Z., Song G., Liu Y. Detrs with collaborative hybrid assignments training //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2023. – С. 6748-6758.

## **Application of homomorphic filtering for multiplicatively interacting signals and data sampling windows during periodic evaluation**

Doctor of Technical Science

Professor, Department of Medical Informatics and Physics, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov

191015, Russia, Saint Petersburg, Kirochnaya str., 41

✉ Yurii.Serdyukov@szgmu.ru

Gelman Viktor

Doctor of Technical Science

Professor, Department of Medical Informatics and Physics, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov

191015, Russia, Saint Petersburg, Kirochnaya str., 41

✉ vyagelman@hotmail.com

**Abstract.** The object of the study is information transmission systems. Improving the quality of information on the receiving side is considered as the subject of the study. The authors consider in detail such aspects of the topic as the formation of a procedure that significantly reduces the influence of intersymbol interference caused by the interaction of the signal itself and the sampling window. This source of errors, as a rule, is dominant at information transfer rates close to the bandwidth of the communication channel. Studies on reducing the influence of intersymbol distortions are important and relevant, and in recent years a significant number of works have been devoted to them. A signal model simulating the transmission of a sequence of non-modulated pulses of the meander type was considered. It was assumed that the processing of the incoming pulse stream is carried out in real time based on the procedures of periodic evaluation of each element. The methodological basis of the research was the methods of mathematical modeling of information transmission systems and linearization methods using the generalized superposition principle. The main result of the conducted research is the proposed method of forming a homomorphic filter for processing the incoming pulse stream in real time based on the procedures of periodic evaluation of each element. The algorithm of its functioning ensures the transformation of the multiplicative interaction of the signal and the sampling windows into an additive one and ensures the separation of the multiplicatively interacting transmitted information signal and the sampling window in the communication channel. The resulting procedure, which reduces the effect of intersymbol interference on the receiving side, is an implementation of an optimal filter based on a homomorphic transformation. An estimate of the magnitude of intersymbol interference is obtained when using the proposed processing method. The effectiveness of the method in signal streaming processing is demonstrated. The expressions are obtained in the most general form and can be detailed within the framework of the described information transfer model, which is the subject of further research.

**Keywords:** linearization, homomorphic filter, periodic evaluation, interaction, data selection window, pulses of the meander type, intersymbol interference, communication channels, information transmission systems, the principle of superposition

## References (transliterated)

1. Fyong D. V. Klassifikatsiya sistem peredachi informatsii, ispol'zuyushchikh edinyi resurs. // Radiotekhnika i elektronika: materialy 55-i yubileinoi nauchnoi konferentsii aspirantov, magistrantov i studentov. Minsk, 2019. S. 57-58.
2. Zemlyanukhin P. Preobrazovanie signalov nelineinymi tsepyami sistem peredachi

- informatsii. Litres, 2022. 142 s.
3. Kanavin S.V., Panychev S.N., Samotsvet N.A. Metod povysheniya pomekhoustoichivosti sistem svyazi i peredachi informatsii na osnove nelineinoi korrelyatsionnoi fil'tratsii signalov // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. 2021. №. 1. S. 143-152.
  4. Nefedov V.I., Sigov A.S. Osnovy radioelektroniki i svyazi. Pod red. V. I. Nefedova. M.: Vysshaya shkola, 2009. 735 s.
  5. Rud'ko A.S., Filatov V.I., Nemchaninov A.S. Sposob peredachi dannykh po radiokanalu sverkhshirokopolosnym impul'snym signalom v kosmicheskikh sistemakh svyazi // T-Comm-Telekommunikatsii i Transport. 2017. T. 11. №. 2. S. 4-9.
  6. Nikishkin P.B., Vityazev V.V. Metody shirokopolosnoi peredachi dannykh na osnove signalov s chastotnym razdeleniem kanalov // Tsifrovaya obrabotka signalov. 2020. T. 3. S. 45-49.
  7. Nouri A., Asvadi R., Chen J., Vontobel P.O. Finite-Input Intersymbol Interference Wiretap Channels. *IEEE Information Theory Workshop (ITW)*. At: Kanazawa, Japan, 2021, pp. 1-7.
  8. Kavcic A., Ma X., Mitzenmacher M. Binary Intersymbol Interference Channels: Gallager Codes, Density Evolution, and Code Performance Bounds. *IEEE Trans. Inform. Theory*, 2003. Vol. 49, no.7, pp. 1636-1652.
  9. Sklyar B. Tsifrovaya svyaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primenie. M.: Izd. Dom «Vil'yams», 2003. 1104 s.
  10. Artyushenko V.M., Volovach V.I. Obnaruzhenie signalov pri vozdeistvii mul'tiplikativnykh pomekh na fone additivnogo shuma. // Zhurnal radioelektroniki, 2020, № 7. S. 1-24.
  11. Polushin P.A., Arkhipov N.A., Shalina V.V. Modifikatsiya metoda kodirovaniya pri bor'be s mezhsimvol'nymi iskazheniyami tsifrovyykh signalov s modulyatsiei QPSK. // Radiotekhnicheskie i telekommunikatsionnye sistemy, 2023, №4. S. 33-40.
  12. Vikulov A.S. Model' mezhkanal'noi interferentsii v setyakh IEEE 802.11 v zadache otseki propusknosti sposobnosti. // Radiotekhnicheskie i telekommunikatsionnye sistemy. 2019, №1. S. 36-45.
  13. Qian B., Wang X., Wen J., Zhang S., Chen C. Novel Intersymbol Interference Cancellation Scheme to Enable Parallel Computational and High-Performance Faster-Than-Nyquist Signaling. *IEEE Access*, 2017. Vol. 5, pp. 24758-24765.
  14. Egorova E.V., Aksyaitov M.Kh., Rybakov A.N. Obrabotka informatsii s ispol'zovaniem gomomorfnykh fil'trov // Innovatsii v nauke i praktike. 2018. S. 153-160.
  15. Barbarina E.B., Shekhovtsov D.V., Mushta A.I. Generator modulirovannykh po chastote pryamougol'nykh impul'sov v submikronnom tekhnologicheskem bazise // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. T. 13. №. 2. S. 55-57.
  16. Serdyukov Yu.P. Metod effektivnoi obrabotki impul'sno-modulirovannykh signalov // Tekhnologiya i konstruirovanie v elektronnoi apparature. 2004. № 5. S. 36-42.
  17. Serdyukov Yu.P. Kontsentriruyushchie integral'nye preobrazovaniya pri obrabotke signalov s shirotno-impul'snoi modulyatsiei // Tekhnologii priborostroeniya. 2004. № 4. S. 50-63.
  18. Klyuev L.L. Teoriya elektricheskoi svyazi. M.: Novoe znanie, Infra-M, 2019. 448 s.
  19. Khurgin Ya.I., Yakovlev V.P. Finitnye funktsii v fizike i tekhnike. (2-e izdanie). Izdatel'stvo: URSS, 2010 g. 416 s.
  20. Belov A.D., Polushin P.A. Metody "myagkoi" i "zhestkoi" korrektsii dlya bor'by s

- mezhsimvol'nyimi iskazheniyami tsifrovых signalov. // Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv. 2020, № 1. S. 33-37.
21. Makarov S.B., Zav'yaylov S.V., Ovsyannikova A.S. Optimizatsiya formy signalov s kvadraturnoi amplitudnoi modulyatsiei s ispol'zovaniem kriteriya zadannoi skorosti spada urovnya vnepolosnykh izluchenii. // Izvestiya VUZ Rossii. Radioelektronika, 2022, № 4(25). S. 6-22.
  22. Zubarev V.Yu., Ponomarenko B.V., Vostretsov A.G. O vybere elementarnykh signalov dlya radiosistem so slozhnymi signalami. // Doklady AN Vysshei shkoly RF, 2023, № 1(58). S. 39-55.
  23. Korolev A.D., Korenevskii N.A., Kuznetsov D.N. i dr. Intellektual'nye programmno-apparatnye kompleksy peredachi informatsii v telemeditsinskikh setyakh. 2-e izd., ispr. i dop. Tomsk : Izdatel'skii dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2019. 359 s.
  24. Lobov E.M., Alaa A. Obzor sushchestvuyushchikh metodov korreksii mezhsimvol'nykh iskazhenii radiosignalov v tsifrovых sistemakh svyazi s ispol'zovaniem mashinnogo obucheniya. // Telekommunikatsii i informatsionnye tekhnologii. 2023, № 1. S. 109-119.
  25. Tengtrairat N., Woo W.L., Dlay S.S., Gao B. Online noisy single-channel source separation using adaptive spectrum amplitude estimator and masking. IEEE Transactions on Signal Processing. 2015. Vol 64, no. 7, pp. 1881-1895.
  26. Beitmen G., Erdeii A. Tablitsy integral'nykh preobrazovanii. M.: Nauka, 1969. T. 1. 344 s.

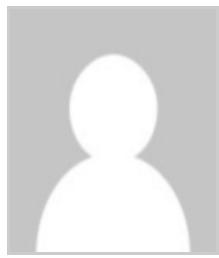
## Development of video control system training stand

Martynov Artur Mikhailovich

Student of the Information Security Systems Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI

420015, Russia, Republic of Tatarstan, Kazan, Bolshaya Krasnaya str., 55

 martynovartur022@gmail.com



**Abstract.** The article focuses on the process of teaching students technical aspects of video surveillance systems in the course "Technical Means of Security". The main attention is paid to the methods of developing professional competencies related to installation and configuration of equipment, mastering video surveillance software and mastering the application of facial recognition technologies. The article describes laboratory work in detail, starting from the theoretical basis laid at the beginning of the course to practical skills such as connecting cameras, configuring programs and creating databases for identifying individuals. The learning process includes preparation and analysis of theoretical material, performance of laboratory works, as well as testing and evaluation of the obtained results. The result is to provide learners with a comprehensive understanding of video surveillance systems and practical skills relevant for their future careers in security and use in everyday life. The research methodology in the article combines theoretical learning and practical laboratory work. It includes the steps of connecting video monitoring cameras, configuring software and facial recognition algorithms. Students gained experience with real equipment and programs, which contributed to deep learning of the material and development of practical skills. The scientific novelty of this article lies in the integrated approach to teaching students how to use video surveillance systems, including technical aspects of connecting the equipment, configuring software and face recognition algorithms. This approach provides not only theoretical training, but also practical mastery of skills, which is innovative in the context of security technology education

programs. The findings of the article emphasize the importance of practical training in student learning. It is shown that real-life experience with equipment and programs significantly improves the quality of education and readiness of students for future professional activities. The article emphasizes that modern education in the field of security systems requires the integration of theoretical knowledge and practical skills, thus providing comprehensive training of specialists in this important and relevant field.

**Keywords:** Identification Algorithms, Camera Connection, Practical Skills, Software, Facial Recognition, Laboratory Exercises, Student Trainin, Technical Security Devices, Video Surveillance Systems, Educational Methodologies

## References (transliterated)

1. Yusupov B. Z., Martynov A. M. Razrabotka laboratornogo stenda okhranno-pozharnoi signalizatsii po distsipline tekhnicheskie sredstva okhrany // Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v usloviyakh sovremennoykh vyzovov : Sbornik materialov XIX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, 21 marta 2023 goda. Moskva: Pechatnyi tsekh, 2023. S. 80-91.
2. Yusupov B. Z. Razrabotka uchebnogo stenda okhranno-pozharnoi sistemy dlya obucheniya studentov // Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody. 2023. № 2. S. 40-48.
3. Sharipov R. R., Yusupov B. Z. Issledovanie elektricheskikh parametrov porogovykh izveshchatelei // Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody. 2023. № 3. S. 29-47.
4. Borisov A. P., Ernst M. E. Razrabotka sistemy videonablyudeniya na osnove Raspberry Pi dlya obucheniya studentov napravleniya «Informatika i vychislitel'naya tekhnika» // Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informatsionnoi sfere. 2017. № 4(26). S. 9-11.
5. Kasalapov A. L., Zvizhinskii A. I. Perspektivy razrabotki algoritmov obrabotki izobrazheniya sistem videonablyudeniya // Innovatsii tekhnicheskikh reshenii v mashinostroenii i transporte. 2019. S. 152-154.
6. Berashevich P. A., Shneiderov E. N., Gorbal' M. M., Tereshkova A. S. Razrabotka programmного sredstva proektirovaniya i analiza sistem videonablyudeniya // Sovremennye problemy radioelektroniki i telekommunikatsii «RT-2016». 2016. S. 226-226.
7. Garyaev N. A. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy kontrolya dostupa i sistemy videonablyudeniya zdaniia // Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noi naуke i obrazovanii. 2017. S. 399-403.
8. Viktorov I.V., Gibadullin R.F. Razrabotka sintaksicheskogo dereva dlya avtomatizirovannogo translyatora posledovatel'nogo programmного koda v parallel'nyi kod dlya mnogoyadernykh protsessorov // Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody. 2023. № 1. S. 13-25.
9. Gibadullin R.F., Viktorov I.V. Neodnoznachnost' rezul'tatov pri ispol'zovanii metodov klassa Parallel v ramkakh ispolnyayushchei sredy .NET Framework // Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody. 2023. № 2. S. 1-14.
10. Gibadullin R.F. Potokobezopasnye vyzovy elementov upravleniya v obogashchennykh klientskikh prilozheniyakh // Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody. 2022. № 4. S. 1-19.