

# Возможности применения технологий компьютерного зрения в системах поддержки принятия врачебных решений

Махметова К.М.

Аспирант

Институт математики и информационных технологий

Оренбургский государственный университет

Россия, Оренбург

e-mail: maksena00@gmail.com

Боровский А.С.

Профессор, д. т. н.

Аэрокосмический институт

Оренбургский государственный университет

Россия, Оренбург

e-mail: borovski@mail.ru

## Аннотация<sup>1</sup>

Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современной медицины, особенно в процессе диагностики заболеваний с помощью систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР). Технологии компьютерного зрения, являющиеся одним из направлений искусственного интеллекта, помогают врачам интерпретировать медицинские изображения в ходе проведения диагностики. В статье анализируются основные достижения в области СППВР, основанных на компьютерном зрении. Анализируются как преимущества использования компьютерного зрения для распознавания патологий на медицинских изображениях, так и сложности внедрения. Представлен гибридный подход, который сочетает обработку визуальных данных с анализом текстовой информации, что обеспечивает более полное понимание клинической картины и уменьшает вероятность ошибочных диагнозов. Приведены результаты исследований, демонстрирующие повышение точности диагностики и снижение количества ложноположительных результатов при использовании данной модели. Таким образом, гибридные системы облегчают работу врачей, предоставляя интерпретируемые отчеты, основанные на методах объяснимого искусственного интеллекта, которые повышают доверие специалистов к автоматизированным системам, что способствует более широкому их применению в клинической практике.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, искусственный интеллект, анализ данных, медицина, поддержка принятия решений.

## 1. Введение

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) является неотъемлемой частью развития цифрового мира и используется во всех сферах человеческой деятельности. Если изначально ИИ базировался на основе нескольких условных выражений, то со временем он получил развитие и в некоторых задачах стал неотличим от решений человека. Основными направлениями ИИ являются машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка и компьютерное зрение [1].

Компьютерное зрение (КЗ) – это одна из областей искусственного интеллекта, занимающаяся разработкой методов и алгоритмов для анализа и интерпретации визуальных данных. Основная цель компьютерного зрения – позволить компьютерам «видеть» и «понимать» визуальную информацию так же, как это делает человек [2, 3].

В последние годы повышенное внимание уделяется интеграции технологий искусственного интеллекта, в частности, компьютерного зрения, в процесс оказания медицинской помощи. В традиционных методах диагностики патологий органов, которые применялись в медицине на протяжении многих десятилетий, врач визуально анализировал медицинский снимок и делал заключение о наличии или отсутствии конкретной патологии у пациента. Однако высокая распространенность раковых, сердечно-сосудистых, легочных и глазных заболеваний, а также пандемия COVID-19, вызвавшая значительный рост смертности от этих болезней, привели к серьезным социальным последствиям. В медицинских учреждениях, проводящих диагностику и лечение, наблюдаются перегрузка и нехватка квалифицированных специалистов [4]. Оценка и интерпретация результатов исследований часто подвержены человеческому фактору, что приводит к риску пропуска патологий при первичном анализе медицинских снимков.

Эти факторы требуют проведения фундаментальных исследований, направленных на разработку новых,

---

Труды X Международной научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 12-14 ноября, Уфа-Баку-Чандигарх, 2024

Возможности применения технологий компьютерного зрения в системах поддержки принятия врачебных решений

более эффективных диагностических и терапевтических инструментов, которые позволят повысить качество медицинских решений и ускорить процесс их принятия.

Все это способствует активному внедрению в медицину современных цифровых методов обработки данных. Процесс цифровизации здравоохранения сопровождается быстрым ростом объема оцифрованной медицинской информации о пациентах, клинических баз данных и медицинских данных, которые могут использоваться для поддержки принятия врачебных решений. В последние годы технологии ИИ все чаще применяются для решения этих задач.

## **2. Системы поддержки принятия врачебных решений и искусственный интеллект в медицинских исследованиях**

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), наравне с телемедициной и электронными медицинскими картами (ЭМК), являются одним из основных направлений в развитии цифрового здравоохранения. Они позволяют автоматизировать процесс диагностики, повышая точность и скорость выявления патологий [5]. Основными задачами, решаемыми СППВР при анализе медицинских изображений, являются распознавание, классификация и сегментация различных анатомических структур и патологических образований.

Многие ученые из России и зарубежных стран посвятили свои работы исследованиям в данной области.

Виноградов В.А. в своей работе [6] разработал метод для автоматической диагностики заболеваний по изображениям рентгеновских снимков легких. Он применил метод сверточных нейронных сетей для определения наличия пневмонии и туберкулеза. В основе его подхода лежат глубокие сверточные нейронные сети, которые обучались на больших наборах данных с использованием алгоритмов обратного распространения ошибки и методов увеличения данных для улучшения качества распознавания. В своей разработке Виноградов В.А. не учел риск переобучения модели нейронной сети, что приводит к тому, что модель, показывая высокую точность на обучающих данных, является менее эффективной на реальных клинических изображениях.

В работе [7] Михайлов А.С. разработал систему для анализа ультразвуковых изображений (распознавание патологий щитовидной железы). Основу составляли методы сегментации изображений с использованием алгоритмов на базе глубоких сверточных сетей и методов машинного обучения (случайные леса и градиентный бустинг). При тестировании было выявлено, что СППВР испытывает сложности при работе с низкокачественными или зашумленными

изображениями, что снижает точность диагностики в реальных условиях.

В статье [8] Фэй-Фэй Ли описывает разработку системы для анализа медицинских изображений (МРТ и КТ) для раннего обнаружения рака печени. Основу составила новая архитектура алгоритма глубокого обучения 3D-CNN, который анализирует трехмерные изображения для обнаружения и классификации опухолей. Были применены новые методы регуляризации, которые помогли уменьшить риск переобучения, улучшая обобщающую способность модели и её производительность на новых данных. Также введены слои внимания, которые фокусируются на наиболее информативных частях изображений, позволяя модели выделять ключевые зоны для более точной диагностики и минимизации ложных срабатываний.

Таким образом, исследования в области разработки СППВР активно развиваются, охватывая различные аспекты, включая алгоритмы обработки данных и методы анализа.

### **2.1. Анализ визуальных данных**

Одним из элементов успешного функционирования таких систем является их способность эффективно работать с медицинскими изображениями. Необходимо понимать, какие типы изображений используются в СППВР, так как каждый из них имеет свои особенности и требования к обработке. В своей работе СППВР используют следующие типы медицинских изображений:

1. Рентгеновские изображения (X-Ray). Рентгенография – один из старейших и наиболее распространенных методов медицинской визуализации, используемых в диагностике. Рентгеновские изображения применяются для выявления дефектов костей, легких и других органов. Они позволяют диагностировать такие заболевания, как переломы костей, остеопороз, пневмония, рак легких т.д.
2. Компьютерная томография (КТ). Компьютерная томография предоставляет детализированные послойные изображения внутренних органов и структур организма. КТ-изображения часто используются для диагностики опухолей, травм, заболеваний сердца, легких и брюшной полости.
3. Магнитно-резонансная томография (МРТ). Магнитно-резонансная томография обеспечивает высококачественные изображения мягких тканей (мозг, мышцы, суставы и внутренние органы). МРТ используется в основном для диагностики заболеваний нервной системы и опорно-двигательного аппарата.
4. Ультразвуковые изображения (УЗИ). Ультразвуковая визуализация является безопасным и неинвазивным методом, используемым для исследования мягких тканей

(органы брюшной полости, сердце, сосуды), а также для мониторинга протекания беременности.

5. Оптическая когерентная томография (ОКТ). ОКТ – метод визуализации, широко используемый в офтальмологии для получения изображений сетчатки глаза. ОКТ помогает диагностировать следующие заболевания: глаукома, дегенерация желтого пятна, диабетическая ретинопатия и т.д.
6. Фундус-фотография (ФФ). ФФ – метод визуализации глазного дна, используемый для диагностики заболеваний сетчатки [9-12].

По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации и Росстата (рисунок 1), рентгенография остается наиболее часто применяемым методом визуализации с более чем 100

миллионами проведенных исследований в 2023 году. УЗИ также занимает ведущее место среди методов диагностики, с более чем 80 миллионами исследований. В том же году было выполнено более 20 миллионов КТ-исследований, что объясняется доступностью оборудования и развитием медицинской инфраструктуры. МРТ проводится преимущественно в крупных городах и специализированных центрах, в которых было проведено около 10 миллионов исследований. ОКТ и ФФ, хотя и менее распространены, но активно проводятся в ведущих медицинских центрах, где применяются новейшие технологии в области микрохирургии (около 8 миллионов исследований).

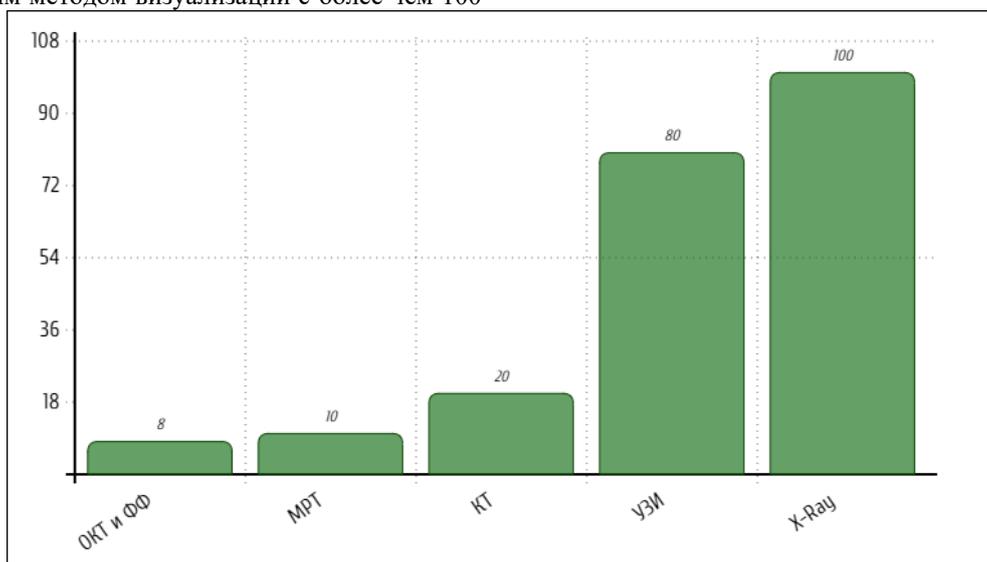


Рис. 1. Использование методов медицинской визуализации в Российской Федерации за 2023 год

## 2.2. Методы и средства анализа визуальных данных

Далее важно обратить внимание на методы и средства их анализа, которые применяются для получения ценной информации из визуальных данных.

В целом процесс работы компьютерного зрения состоит из трех этапов (рисунок 2):

- 1) получение изображения – основной этап, заключающийся в получении фото- или видеоизображения с помощью аппаратных средств;
- 2) обработка изображений – этап, на котором используется программное обеспечение для обработки изображений: улучшение качества, сжатие, уменьшение или увеличение размера и удаление шума (на этом этапе выполняются примитивные операции, которые позволяют быстрее и качественнее обрабатывать изображения и получать необходимые результаты анализа в дальнейшем);

3) анализ изображений и принятие решений – важнейший этап, на котором происходит сегментация изображений или идентификация объектов, после чего полученные характеристики передаются алгоритмам машинного обучения или другим технологиям искусственного интеллекта [13-15].



Рис. 2. Этапы работы компьютерного зрения

На основании научных статей ученых и литературы по теме исследования можно заключить, что на данный момент существует множество методов и алгоритмов, используемых в системах поддержки принятия врачебных решений (рисунок 3).

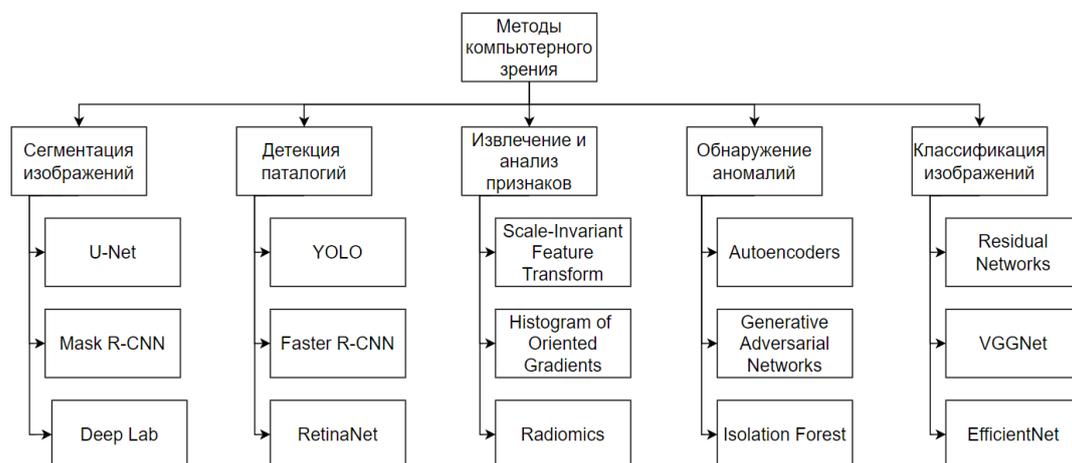


Рис. 3. Классификационная схема методов и алгоритмов компьютерного зрения

### 2.3. Внедрение компьютерного зрения в процесс работы медицинских учреждений

Стоит понимать, что применение алгоритмов искусственного интеллекта в медицинской практике не может служить окончательным звеном в процессе принятия врачебного решения. Это означает, что врач

должен ознакомиться с результатами работы алгоритмов и на их основе поставить диагноз и назначить лечение пациенту. Диаграмма деятельности медицинского учреждения, использующего в своей практике технологии компьютерного зрения показана на рисунке 4.

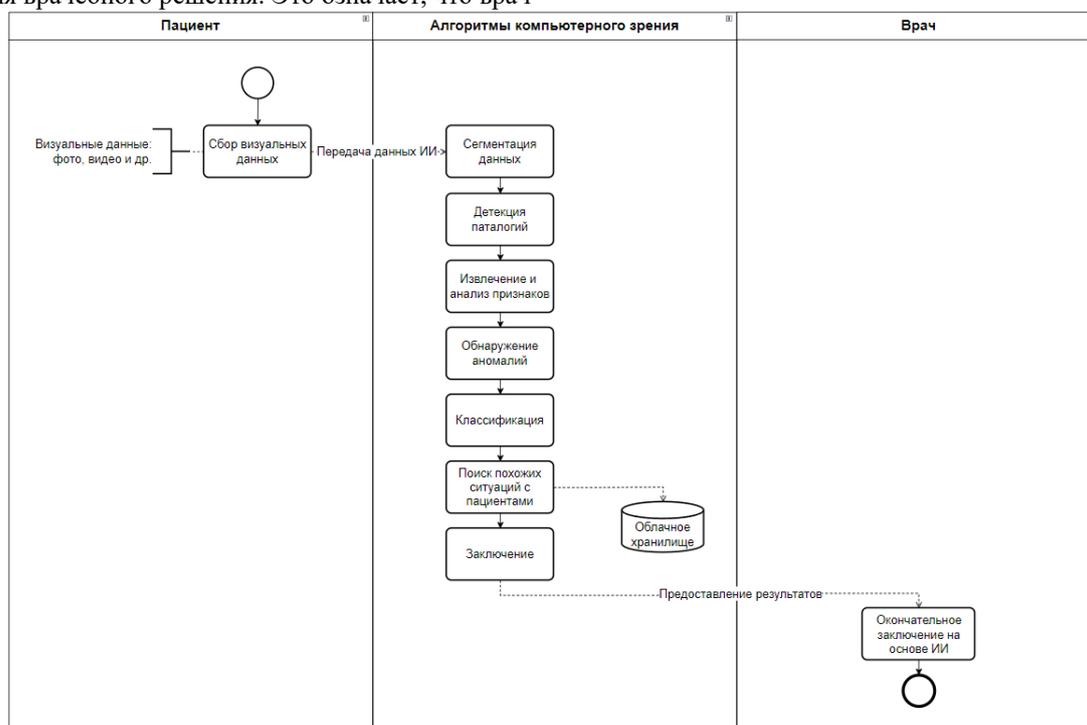


Рис. 4. Пример рабочего процесса медицинского учреждения с технологиями компьютерного зрения

### 2.4. Сложности применения технологии компьютерного зрения

Несмотря на все преимущества, использование технологий компьютерного зрения в процессе проведения медицинских диагностических процедур имеет и ряд недостатков.

Одним из основных недостатков является ограниченная способность алгоритмов интерпретировать контекст и учитывать широкий спектр клинических данных [16]. Компьютерное

зрение, как правило, фокусируется на визуальных признаках (форма, размер и текстура патологических изменений), выявляемых на медицинских изображениях. Однако для полноценного анализа требуется учитывать дополнительные факторы (анамнез пациента, результаты лабораторных исследований, генетические данные и симптомы).

Алгоритмы КЗ требуют большого объема высококачественных и разнообразных данных для эффективного обучения и работы. Доступ к таким данным часто ограничен, особенно в медицинских

учреждениях с недостаточной инфраструктурой. Кроме того, недостаток разнообразия данных может привести к смещению модели, снижая ее точность при работе с пациентами, чьи данные значительно отличаются от тех, что использовались при обучении [17].

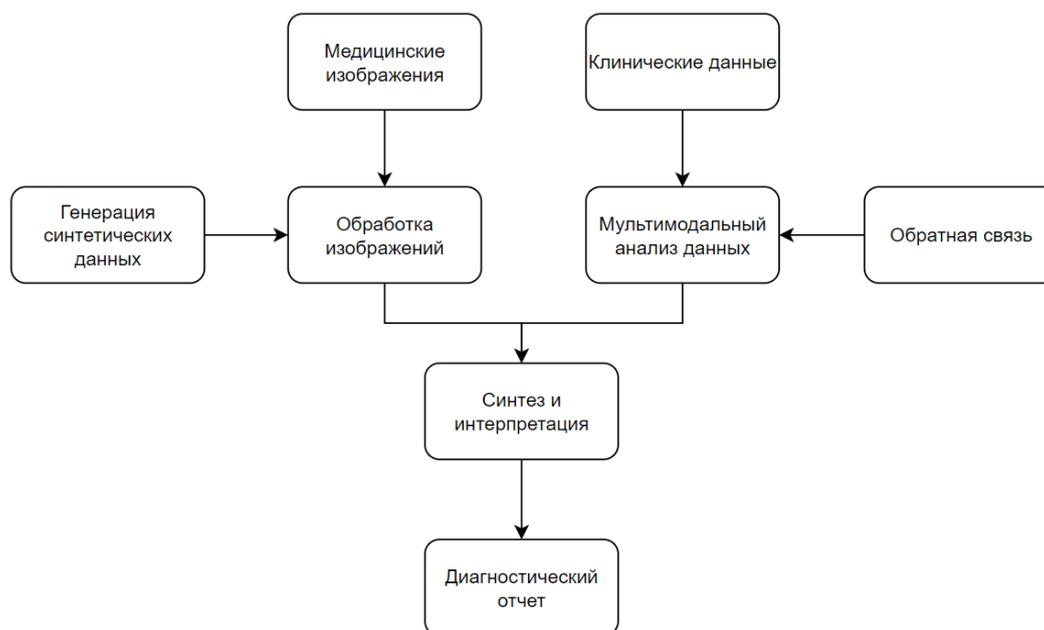
Также важным недостатком является сложность объяснения и интерпретации результатов, полученных с помощью сложных моделей (например, глубокие нейронные сети). Врачи часто сталкиваются с трудностью понимания, на каких основаниях ИИ пришел к тому или иному выводу, что снижает доверие к системе и ограничивает ее использование в клинической практике.

Таким образом, компьютерное зрение в медицине и, в частности, в системах поддержки принятия врачебных решений имеет огромный потенциал, но для полноценного использования этих возможностей необходимо преодолеть ряд существующих ограничений.

## 2.5. Гибридный подход к разработке системы поддержки принятия врачебных решений на основе методов компьютерного зрения

Для преодоления вышеперечисленных ограничений необходима разработка систем, которые будут учитывать не только визуальные данные, но и широкий спектр клинических факторов.

На рисунке 5 в виде блок-схемы взаимодействия компонентов отражен концепт интеллектуальной СППВР, которая объединяет возможности технологии компьютерного зрения и комплексного анализа текстовых данных, т.е. предполагается, что система будет учитывать контекст, объединяя визуальные данные с анамнезом пациента, лабораторными исследованиями, генетической информацией и симптомами, а также предлагать интерпретируемые решения для врачей.



**Рис. 5. Концепт интеллектуальной системы поддержки принятия врачебных решений**

Рассмотрим принцип работы предложенной СППВР.

Система получает медицинские изображения и дополнительные клинические данные, которые поступают в соответствующие блоки обработки.

Используя сверточные нейронные сети, система анализирует медицинские изображения для выявления визуальных признаков патологий. На этом этапе также применяются методы адаптивной фильтрации для устранения шумов и артефактов, что улучшает качество изображений.

В то же время, происходит обработка клинических данных с помощью мультимодальных моделей [18], которые способны на основе текстовой и числовой информации предоставлять более точный диагноз.

В случае нехватки данных система использует генеративные модели для создания синтетических

медицинских изображений, что улучшает обучение и повышает точность предсказаний.

Для того чтобы врачи могли доверять выводам системы, применяются методы объяснимого ИИ [19, 20], т.е. система визуализирует, какие области изображения повлияли на принятие решения, и генерирует текстовые отчеты, которые объясняют выводы модели.

Итоговый вывод системы содержит рекомендации по лечению. Врачи могут корректировать диагноз и использовать отчет как часть процесса принятия решений.

Применение гибридного подхода к разработке СППВР имеет следующие достоинства:

- позволяет учитывать не только визуальные данные, но и широкий спектр клинической

информации, что делает анализ более точным и полным;

- мультимодальные модели, объединяющие различные типы данных, способны улучшить точность диагноза, благодаря учету контекстуальных факторов, что уменьшает риск ошибок;
- методы объяснимого ИИ помогают врачам понимать, на основании каких признаков был сделан тот или иной вывод;
- СППВР предоставляет не только диагноз, но и интерпретируемые рекомендации по лечению, которые врач может корректировать, что способствует более персонализированному подходу к пациенту.

Про недостатки можно сказать следующее:

- алгоритмы нуждаются в большом количестве высококачественных и разнообразных данных для обучения, т.е. недостаток данных или их низкое качество могут привести к ошибкам в предсказаниях и смещению модели;
- интеграция методов компьютерного зрения и анализа текстовых данных требует значительных

вычислительных ресурсов, что может ограничивать скорость обработки информации и ее доступность в условиях реального времени.

Проведенные исследования показали, что использование гибридных моделей, учитывающих при анализе клинические данные, увеличивает точность диагностики на 10% по сравнению с системами, использующими только визуальные данные.

Также важно отметить, что гибридные системы снижают количество ложноположительных результатов на 20%, за счет анализа клинических данных, которые помогают исключить менее вероятные диагнозы, не подтвержденные внешними факторами.

Согласно данным в статьях [21, 22], после внедрения гибридных систем с элементами объяснимого ИИ, около 65% врачей сообщили о повышении доверия к автоматизированным системам поддержки решений, что привело к более частому их использованию в клинической практике.

Для демонстрации эффективности применения гибридного подхода построим столбчатые диаграммы, как показано на рисунке 6.

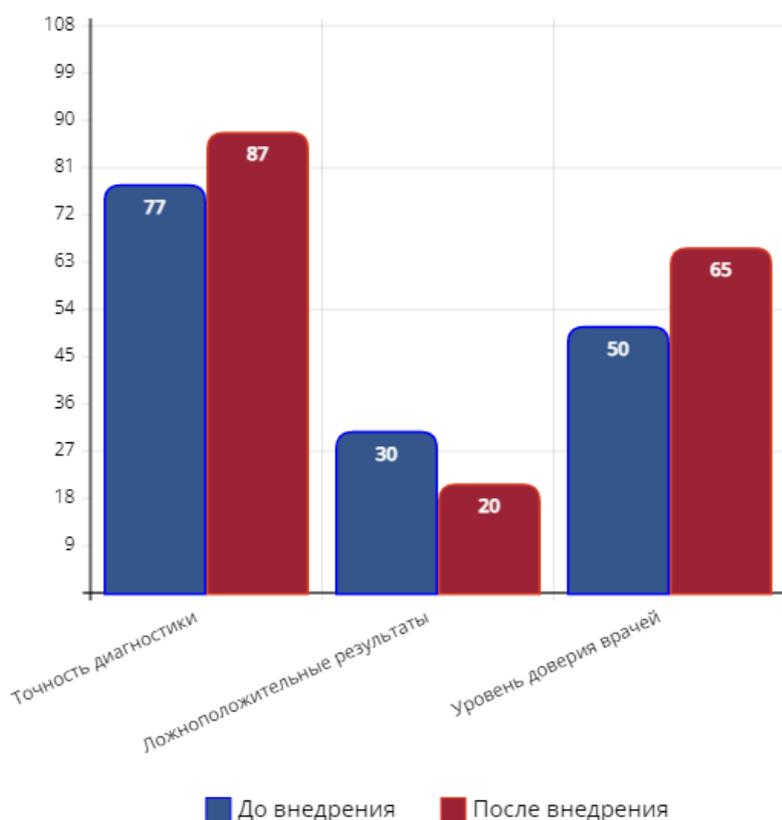


Рис. 6. Результаты использования гибридного подхода к разработке СППВР

### 3. Заключение

1. В ходе проведенного исследования были выявлены проблемы, затрудняющие интеграцию компьютерного зрения в медицинскую практику:

- сложность интерпретации результатов ИИ;
- необходимость больших объемов качественных данных;
- ограниченная способность систем учитывать дополнительные клинические данные.

2. Для преодоления текущих сложностей был предложен гибридный подход к разработке СППВР, сочетающий в себе обработку визуальных данных с текстовой и числовой информацией.

3. К преимуществам гибридной СППВР можно отнести:

- комплексный анализ данных;
- повышение точности диагностики;
- объяснимость решений;
- интеграцию в клинический процесс.

Недостатки включают:

- зависимость от качества данных;
- высокую вычислительную нагрузку.

4. Было выявлено, что использование гибридных моделей увеличивает точность диагностики на 10% и снижает количество ложноположительных результатов на 20%.

5. Необходимо отметить, что внедрение объяснимого ИИ повышает доверие врачей к системам поддержки решений, увеличив их использование в практике до 65%.

### Список используемых источников

1. Трунин А.О., Чудинов И.К., Лебедева В.О., Алешина Д.А., Мелерзанов А.В., Кулагина О.В., Румянцева Т.А., Богдасhevская О.В. Сравнительная характеристика медицинских ошибок в процессе принятия врачебных решений до и после внедрения системы поддержки принятия врачебных решений // Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2022. №3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-harakteristika-meditsinskih-oshibok-v-protssesse-prinyatiya-vrachebnyh-resheniy-do-i-posle-vnedreniya-sistemy> (дата обращения: 17.08.2024).
2. Бескровный А.С., Бессонов Л.В., Голядкина А.А., Доль А.В., Иванов Д.В., Кириллова И.В., Коссович Л.Ю., Сидоренко Д.А. Разработка системы поддержки принятия врачебных решений в травматологии и ортопедии. Биомеханика как инструмент предоперационного планирования // Российский журнал биомеханики. 2021. №2. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-podderzhki-prinyatiya-vrachebnyh-resheniy-v-travmatologii-i-ortopedii-biomehanika-kak-instrument> (дата обращения: 21.08.2024).

3. Литвин А. А., Стома И. О., Шаршакова Т. М., Румовская С. Б., Ковалев А. А. Новые возможности искусственного интеллекта в медицине: описательный обзор // Проблемы здоровья и экологии. 2024. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-vozmozhnosti-iskusstvennogo-intellekta-v-meditsine-opisatelnyy-obzor> (дата обращения: 22.08.2024).

4. Momot A., Galagan R., Zabolueva M. Automation of ultrasound breast cancer images classification using deep neural networks // Sciences of Europe. 2022. №96.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/automation-of-ultrasound-breast-cancer-images-classification-using-deep-neural-networks> (дата обращения: 22.08.2024).

5. Кульбакин Д.Е., Чойнзонов Е.Л., Толмачев И.В., Стариков Ю.В., Старикова Е.Г., Каверина И.С. Искусственный интеллект в онкологии: области применения, перспективы и ограничения // Вопросы онкологии. 2022. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-onkologii-oblasti-primeneniya-perspektivy-i-ogranicheniya> (дата обращения: 24.08.2024).

6. Виноградов, В.А. Применение технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения при решении задач обработки и распознавания рентген-снимков патологий легких / В.А. Виноградов // Известия науки. – 2023. – № 5(97). – С. 76–81. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/08956111949001743> (дата обращения: 24.08.2024).

7. Михайлов, А.С. Разработка методов сегментации ультразвуковых изображений для распознавания патологий щитовидной железы на основе глубоких сверточных сетей и машинного обучения / А.С. Михайлов // Медицинские интеллектуальные системы и технологии. – 2021. – №2. – С. 13–19. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/20850438> (дата обращения: 27.08.2024).

8. Li, F.-F. System for supporting medical decision-making by analyzing visual medical data using computer vision methods / H. Nguyen, S. We-Newt. // Science: Deep Learning and Pattern Recognition. – 2015. – № 9. – p. 46–57. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41746-020-00376-2-34> (дата обращения: 30.08.2024).

9. Мягков А.А., Куликов А.А. Применение искусственного интеллекта для диагностики онкологических заболеваний в современной медицине // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-dlya-diyagnostiki-onkologicheskikh-zabolevaniy-v-sovremennoy-meditsine>

Возможности применения технологий компьютерного зрения в системах поддержки принятия врачебных решений

- iskusstvennogo-intellekta-dlya-diagnostiki-onkologicheskikh-zabolevaniy-v-sovremennoy-meditsine (дата обращения: 02.09.2024).
10. Клехо Д.Ю., Карелина Е.Б., Батырев Ю.П. Использование технологии сверточных нейронных сетей в сегментации объектов изображения // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-svertochnykh-neyronnykh-setey-v-segmentatsii-obek-tov-izobrazheniya> (дата обращения: 04.09.2024).
  11. Кляритская И.Л., Мошко Ю.А., Кривой В.В., Иськова И.А., Максимова Е.В., Стилиди Е.И. Применение искусственного интеллекта в видеокапсульной эндоскопии // Крымский терапевтический журнал. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-iskusstvennogo-intellekta-v-videokapsulnoy-endoskopii> (дата обращения: 04.09.2024).
  12. Image Segmentation of Skin Neoplasms Using the Active Contour Method / A. E. Voronin, A. N. Pronichev, V. G. Nikitaev [et al.] // Physics of Atomic Nuclei. – 2022. – Vol. 85, No. 11. – P. 1956-1960. – DOI 10.1134/s1063778822090411. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59318569> (дата обращения: 05.09.2024).
  13. Ayush, Y. Medical Diagnostic Expert System for Training and Decision Support of Early Stage Diagnoses / Y. Ayush, S. A. Boboev, U. Tudevtagva // Communications in Computer and Information Science. – 2019. – Vol. 1084. – P. 395-406. – DOI 10.1007/978-3-030-29750-3\_31. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41685648> (дата обращения: 08.09.2024).
  14. Чернышов, Д.В. Компьютерное зрение как неотъемлемый инструмент в медицине и здравоохранении / Д. В. Чернышов, Р. Е. Шкаев // Математика и математическое моделирование : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XVI ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЙ ШКОЛЫ, Саров, 05–07 апреля 2022 года. – Саров: Интерконтакт, 2022. – С. 308–309. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48747981> (дата обращения: 11.09.2024).
  15. Касаткин, А.А. Разработка и применение алгоритмов машинного зрения и обработки изображений / А. А. Касаткин, Н. И. Лиманова, В. В. Козлов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 98–10. – С. 58-61. – DOI 10.18411/trnio-06-2023-538. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54207972> (дата обращения: 11.09.2024).
  16. Improving classification results on a small medical dataset using a GAN; An outlook for dealing with rare disease datasets / Ju. Röglin, K. Ziegeler, Ja. Kube [et al.] // Frontiers in Computer Science. – 2022. – Vol. 4. – DOI 10.3389/fcomp.2022.858874. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56714346> (дата обращения: 12.09.2024).
  17. Нурахметов, Ж. С. Анализ технологии создания систем классификации компьютерного зрения в медицине / Ж. С. Нурахметов // Молодой ученый. – 2021. – № 15(357). – С. 18–22. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45608611> (дата обращения: 15.09.2024).
  18. Mukadam, S. B. Machine Learning and Computer Vision Based Methods for Cancer Classification: A Systematic Review / S. B. Mukadam, H. Ya. Patil // Archives of Computational Methods in Engineering. – 2024. – DOI 10.1007/s11831-024-10065-y. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66046006> (дата обращения: 15.09.2024).
  19. Samarasena, Ja. AGA Clinical Practice Update on the Role of Artificial Intelligence in Colon Polyp Diagnosis and Management: Commentary / Ja. Samarasena, D. Yang, T. M. Berzin // Gastroenterology. – 2023. – Vol. 165, No. 6. – P. 1568-1573. – DOI 10.1053/j.gastro.2023.07.010. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=64507648> (дата обращения: 17.09.2024).
  20. Chekhun, V. Symbiosis of medical technologies and artificial intelligence: new opportunities in oncology / V. Chekhun // Experimental Oncology. – 2023. – Vol. 44, No. 2. – P. 90-92. – DOI 10.32471/exp-oncology.2312-8852.vol-44-no-2.17951. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=58993054> (дата обращения: 17.09.2024).
  21. Siddiq M. Integration of Machine Learning in Clinical Decision Support Systems // Eduvest-Journal of Universal Studies. – 2021. – Т. 1. – №. 12. – P. 1579-1591. – URL: <https://eduvest.greenvest.co.id/index.php/edv/article/view/809> (дата обращения 18.09.2024).
  22. van Baalen S., Boon M., Verhoef P. From clinical decision support to clinical reasoning support systems // Journal of evaluation in clinical practice. – 2021. – Т. 27. – №. 3. – P. 520-528. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jep.13541> (дата обращения: 19.09.2024).