

УДК 616.34-008-072.1:004.8

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНДОСКОПИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Е.В. Шляхто, Е.Г. Солоницын, Д.Г. Баранов, Б.В. Сигуа, И.Н. Данилов

*Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия*

РЕЗЮМЕ. Представлен комплексный анализ современного состояния и перспектив применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в эндоскопии пищеварительной системы. Исследование охватывает основные направления внедрения ИИ в эндоскопическую практику, включая системы компьютерного зрения CAdE и CAdx, методы машинного обучения и алгоритмы глубокого обучения. Рассматриваются особенности эндоскопических процедур, влияющие на эффективность применения ИИ-технологий: подготовка пациента, качество визуализации в зависимости от навыков эндоскописта, мультимодальность современных эндоскопических методов. Результаты демонстрируют активное развитие ИИ-технологий в эндоскопии, особенно в области выявления патологических изменений желудочно-кишечного тракта. Ключевые направления применения ИИ включают онкопоиск, диагностику *Helicobacter pylori*, оценку воспалительных заболеваний и контроль качества исследований. Анализ показывает, что несмотря на значительные успехи в разработке ИИ-систем для эндоскопии, их внедрение ограничено рядом факторов, включая зависимость от оператора и сложности стандартизации. В ближайшем будущем для обучения ИИ-моделей будут внедряться новые подходы, включая рекуррентные нейронные сети и мультимодальные ИИ-системы, объединяющие визуальные данные с другой информацией о пациенте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственный интеллект, эндоскопия, пищеварительная система, компьютерное зрение, машинное обучение, глубокое обучение, медицинская визуализация, CAdE, CAdx, онкопоиск, сверточные нейронные сети, диагностическая эндоскопия, медицинские изображения, автоматизация диагностики

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шляхто Е.В., Солоницын Е.Г., Баранов Д.Г., Сигуа Б.В., Данилов И.Н. Технологии искусственного интеллекта в эндоскопии пищеварительной системы: состояние проблемы и перспективы (обзор литературы). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 8–20. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-8-20

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN DIGESTIVE SYSTEM ENDOSCOPY: THE STATE OF THE PROBLEM AND PROSPECTS (LITERATURE REVIEW)

E.V. Shlyakhto, E.G. Solonitsyn, D.G. Baranov, B.V. Sigua, I.N. Danilov

*Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation,
St. Petersburg, Russia*

ABSTRACT. The review presents a comprehensive analysis of the current state and prospects for the use of artificial intelligence (AI) technologies in endoscopy of the digestive system. The research covers the main areas of AI implementation in endoscopic practice, including CAdE and CAdx computer vision systems, machine learning methods and deep learning algorithms. The paper examines the features of endoscopic procedures that affect the effectiveness of AI technologies: patient preparation, imaging quality depending on the skills of the endoscopist, and the multimodality of modern endoscopic methods. The results demonstrate the active development of AI technologies in endoscopy, especially in the field of detecting pathological changes in the gastrointestinal tract. Key applications of AI include cancer detection, diagnosis of *Helicobacter pylori*, assessment of inflammatory diseases, and quality control of research. The analysis shows that despite significant advances in the development of AI systems for endoscopy, their implementation is limited by a number of factors, including dependence on the operator and the complexity of standardization. In the near

future, new approaches will be introduced to train AI models, including recurrent neural networks and multimodal AI systems that combine visual data with other patient information.

KEYWORDS: *artificial intelligence, endoscopy, digestive system, computer vision, machine learning, deep learning, medical imaging, cde, cdx, convolutional neural networks, diagnostic endoscopy, medical imaging, diagnostic automation*

FOR CITATION: Shlyakhto E.V., Solonitsyn E.G., Baranov D.G., Sigua B.V., Danilov I.N. Artificial intelligence technologies in digestive system endoscopy: the state of the problem and prospects (literature review). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 8–20. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-8-20 (In Russ.).

Введение

Еще недавно искусственный интеллект (ИИ) был фантастической историей. В последние годы ИИ прочно вошел в повседневную жизнь. Распознавание лиц для доступа к телефонам, выбор оптимального маршрута автомобиля, беспилотные транспортные средства и даже алгоритмы поиска, анализирующие лингвистические данные, теперь стали нормой. Следует ожидать, что по мере разработки новых решений, технологии ИИ будут чаще применяться для повышения качества и производительности в сфере здравоохранения. В таких процедурно-ориентированных областях, как эндоскопия, качество и производительность во многом зависят от оператора, что, с одной стороны, открывает широкие возможности для улучшения показателей с помощью ИИ, с другой, – является сложной задачей.

Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем выполнять когнитивные функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Сферы применения ИИ в медицине многообразны: используется для интерпретации медицинских изображений, анализа сердечного ритма, создания роботов-помощников для ухода за пациентами, обработки медицинских записей, планирования лечебной и диагностической тактики, выявления групп населения с повышенным риском различных заболеваний, помощи в выполнении повторяющихся заданий (включая управление приемом медикаментов), первичное медицинское консультирование, разработка новых лекарственных средств, использование человекоподобных манекенов вместо пациентов для клинического обучения, организация пациенто-потоков и др.

По уровню ИИ можно разделить на три категории [1]: искусственный узкий интеллект (Artificial Narrow Intelligence – ANI, также известный как «слабый» ИИ); искусственный общий интеллект (Artificial General Intelligence – AGI, также известный как «сильный» ИИ); искус-

ственный суперинтеллект (Artificial Superintelligence – ASI).

ANI ориентирован на специализированное выполнение одной или нескольких конкретных задач в заранее определенных рамках. Почти все современные системы ИИ, включая медицинские, относятся к категории ANI [2]. AGI остается пока что теоретической концепцией и перспективной технологией. Архитектура AGI предполагает взаимное подключение множества систем ANI, что будет способствовать формированию когнитивных функций уровня человека и позволит решать комплексные задачи в изменяющихся условиях без вмешательства человека. В свою очередь ASI – это гипотетический уровень развития ИИ, который превосходит человеческий интеллект во всех аспектах. В отличие от существующих систем, ASI сможет не только выполнять задачи лучше людей, но и самостоятельно развивать новые методы мышления и принятия решений [3].

В рамках сферы искусственного интеллекта машинное обучение – это раздел, который занимается разработкой алгоритмов и моделей, способных обучаться на основе выборки данных. Алгоритмы обучаются на заранее подготовленных признаках, выделенных экспертами. В свою очередь глубокое машинное обучение – это один из уровней машинного обучения, при котором используются нейронные сети. В этом случае алгоритмы самостоятельно выявляют и извлекают признаки из сырых данных, благодаря многослойной структуре нейронной сети. В отличие от обычного машинного обучения, для обучения нейронных сетей требуются большие объемы данных и серьезные вычислительные мощности. Структура нейронной сети предполагает многоуровневую оценку множества признаков, при которой каждый из уровней автоматически меняет параметры настройки, в зависимости от данных, полученных на предыдущем уровне, пока не будет достигнут оптимальный результат (рис. 1).

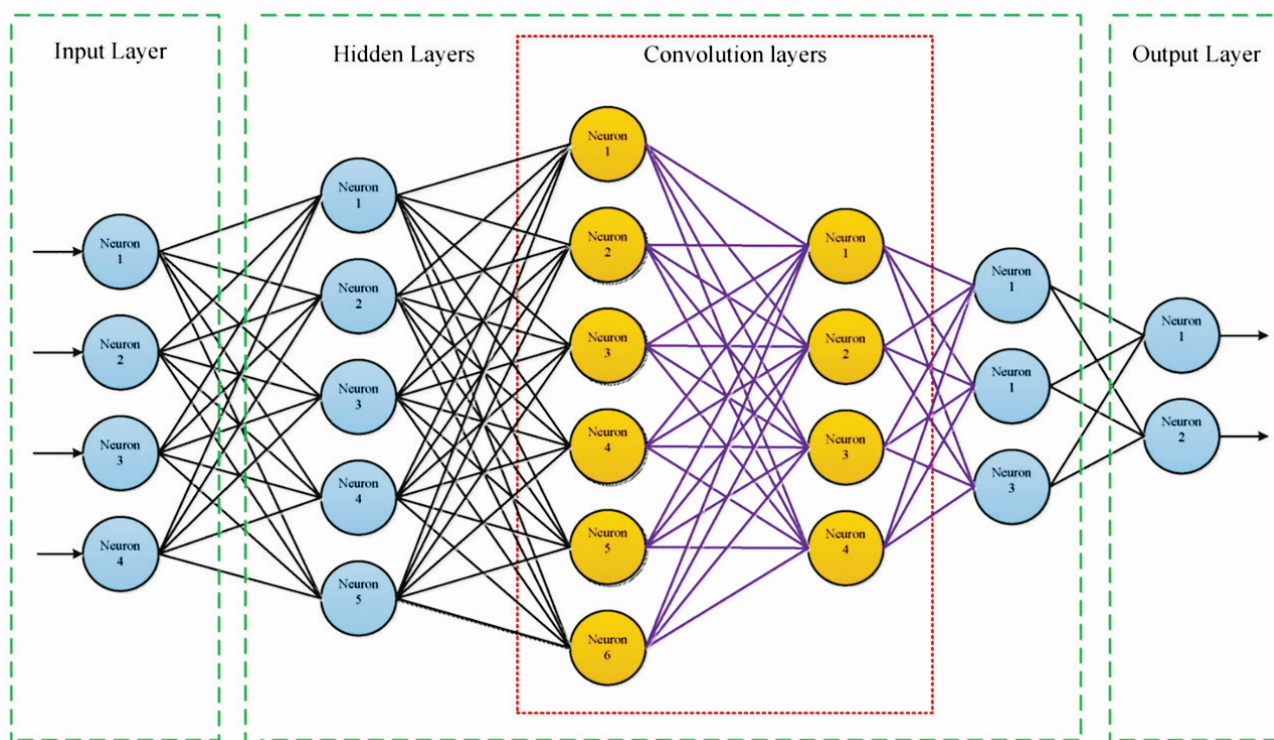


Рис. 1. Схематичное изображение работы глубокого машинного обучения

Глубокое обучение стало доминирующим направлением в машинном обучении. Оно использует многослойные нейронные сети, имитирующие структуру и работу нейронов человеческого мозга

Глубокое обучение стало доминирующим направлением в машинном обучении. Оно использует многослойные нейронные сети, имитирующие структуру и работу нейронов человеческого мозга.

Раздел ИИ, занимающийся распознаванием образов, называется компьютерным зрением. Технологии компьютерного зрения в разрезе клинических задач можно условно разделить на [4]:

- CADe (Computer-Aided Detection) – система компьютерного обнаружения, которая помогает врачам выявлять подозрительные участки (например, опухоли или предраковые изменения) на медицинских изображениях. Она выделяет потенциально опасные зоны, но не ставит диагноз, являясь ассистентом врача.

- CADx (Computer-Aided Diagnosis) – система компьютерной диагностики, которая не только находит аномалии, но и анализирует их, предлагая возможный диагноз.

Эндоскопия пищеварительной системы является одним из стремительно развивающихся направлений медицины, в котором используются высокотехнологичные способы получения изображения, имеющего высокую четкость, возможность увеличения, осмотра в узкоспектральных режимах и др. Новые технологии привели к новым подходам в выполнении эндоскопических исследований, разработаны новые классификации, диагностические и лечебные

принципы. Поскольку эндоскопия является методом, работающим с изображениями, она имеет множество точек приложения для ИИ. Продолжают совершенствоваться подходы к работе ИИ с эндоскопическими изображениями, появляются программно-аппаратные комплексы для эндоскопии, и в ближайшем будущем это направление окажет значительное влияние на клиническую практику. В связи с необходимостью понимать основные технические и клинические аспекты применения технологий ИИ в эндоскопии, настоящее исследование посвящено практическим аспектам использования ИИ в современной эндоскопии.

Особенности методик гибкой эндоскопии, влияющих на подходы к внедрению технологий искусственного интеллекта

Эндоскопия пищеварительной системы является методом медицинской визуализации, но имеет несколько ключевых аспектов, отличающих ее от других визуализирующих методов, влияющих на выбор целей и особенностей применения технологий ИИ в практической деятельности [4]. К таким аспектам относятся прежде всего необходимость подготовки пациента к исследованию, доставки устройства визуализации к зоне осмотра и мультимодальность современных эндоскопических методов.

От качества подготовки пациента к исследованию напрямую зависит возможность визуализации патологических объектов, которые могут быть полностью скрыты содержимым. Пенистое содержимое, слизь на поверхности слизистой оболочки может создавать ощущение полноценного осмотра, но за счет своих оптических свойств искажают поверхность и цветопередачу, что приводит к невозможности визуализировать имеющиеся патологические изменения.

Доставка источника визуализации к зоне осмотра осуществляется эндоскопами, имеющих сложное техническое устройство и требующими серьезных мануальных навыков и опыта от врача-эндоскописта. Это приводит к тому, что методики приобретают значительную долю операторозависимости и сложны для стандартизации. Качество изображения зависит от способностей конкретного врача, который с тем или иным успехом способен вывести нужную зону, а затем сфокусироваться на патологической находке. Наименьший коэффициент зависимости от навыков эндоскописта у гастроскопии, наибольший – у эндоскопической ультрасонографии (ЭУС). Колоноскопия имеет промежуточный характер, а капсульная эндоскопия не имеет такой зависимости во время исследования.

Анатомические особенности строения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), значительные индивидуальные особенности у различных пациентов дополнительно усугубляют фактор операторозависимости и усложняют стандартизацию исследований [1]. В начале XXI в. проводилось изучение причин пропуска онкологических заболеваний верхних и нижних отделов ЖКТ, зависящих от врача-эндоскописта. Эти причины разделены на две большие группы: нарушение стандартов осмотра; когнитивные факторы. Нарушение стандартов осмотра приводит к оставлению слепых зон, в которых могут локализоваться патологические процессы. К когнитивным факторам относятся пропуски патологических процессов, связанные с невнимательностью (часто коррелирующей с усталостью эндоскописта), а также незнанием, недооценкой или неправильной интерпретацией выявленных изменений. Как и в случае с плохой подготовкой, технологии компьютерного зрения бесполезны в ситуациях, когда врач, нарушая методику осмотра, не вывел зону с патологическим процессом, а быстрое продвижение эндоскопа приводит к motion-эффекту (смазыванию изображения) и снижению точности ИИ-технологий. Поэтому эффективность работы ИИ напрямую зависит от качества и полноценности выполнения исследования эндоскопистом [3]. С другой стороны, ИИ способен значительно снизить влияние когнитивных факторов при соблюдении методологии выполнения исследования.

В отношении доставки источника визуализации в зону осмотра отдельно стоит выделить капсульную эндоскопию, в проведении которой практически отсутствует фактор операторозависимости, так как продвижение капсулы обеспечивается перистальтикой и не зависит от навыков эндоскописта. С другой стороны, проблемы качества подготовки пациента и когнитивных факторов при расшифровке исследования могут значительно влиять на диагностическую эффективность исследования.

Мультимодальность современной эндоскопии проявляется в использовании различных способов визуализации во время одного вмешательства [5]. В частности, при проведении внутрипросветных исследований ЖКТ используются методики осмотра в белом свете, узкоспектральные режимы, увеличительная эндоскопия [4]. Выполнение полноценного исследования по современным стандартам осуществляется при сочетании комплекса методов. Эндоскопическая ультрасонография подразумевает переключение с оптического осмотра на ультразвуковой, при котором также используется большое количество различных настроек: меняется частота, применяются режимы тканевой гармоник, доплеровское сканирование, эластография и т.д. Как и в случае с оптической эндоскопией, полноценное исследование возможно исключительно при сочетании множества режимов.

С одной стороны, мультимодальность дает дополнительные данные для обучения ИИ, с другой, – требует отдельного обучения по каждой из методик для различных патологий, чтократно увеличивает длительность и трудоемкость подготовки комплексных моделей и значительно усложняет работу системы.

Исходя из особенностей гибкой эндоскопии, использование технологий ИИ может быть направлено на следующие аспекты:

- детекцию патологических процессов пищеварительной системы, выявляемых визуально, а также нормальных анатомических структур, по аналогии с другими методами медицинской визуализации;
- помощь врачу в выборе модальности осмотра, применения наиболее эффективных в конкретной ситуации режимов осмотра;
- контроль качества выполнения вмешательства для уменьшения вероятности нарушения методики осмотра эндоскопистом и, как следствие, снижения количества «слепых» зон исследования; качество подготовки также может оцениваться автоматически;
- помощь при выполнении эндоскопических интервенционных вмешательств;
- обучение начинающих врачей-эндоскопистов.

Кроме того, требуются и другие решения, в частности, для ведения автоматической стати-

стики, оформления и ведения документации, организации пациенто-потока, экономики процесса и др. [3].

Основные направления разработки программных продуктов

В отличие от лучевых методов диагностики, эндоскопия не может похвастаться большим количеством разработок, особенно внедренных в практическую медицину. Наибольшую сложность в практическое применение привносит описанный субъективный фактор, значительно влияющий на эффективность работы ИИ.

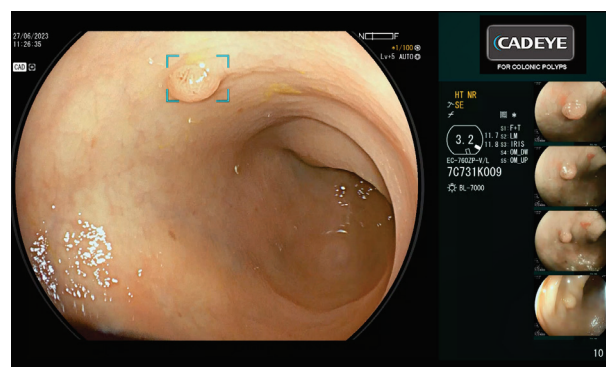
С точки зрения детекции реализованы многие направления как CADe, так и CADx во всех эндоскопических методах. Одним из ключевых направлений является безусловно онкопоиск. Эндоскопия является золотым стандартом скрининга рака ЖКТ, способствуя как снижению заболеваемости (в случае лечения предраковых состояний), так и летальности (при обнаружении малигнизации на ранних стадиях). В связи с этим, выявление опухолевого и предопухолевого поражения ЖКТ является одной из ключевых задач эндоскопии пищеварительной системы.

После внедрения технологии сверточных нейронных сетей появилось большое количество публикаций о высокой эффективности применения технологий ИИ с целью детекции опухолей пищеварительной системы. Одними из первых о возможности детекции плоскоклеточного рака пищевода сообщили S.L. Cai et al. [5]. Для обучения нейронной сети использовано 1332 размеченных снимка, что оказалось достаточным для создания эффективного программного обеспечения. Об удачных доклинических разработках детекции плоскоклеточного рака сообщили L. Guo et al. [6] и M.B. Piazuelo et al. [7]. Авторы использовали не только осмотр в белом свете, но также узкоспектральные и увеличительные методики. Работы показали высокую чувствительность и специфичность (Sp – 89,3%, Se – 92,6%), которые значительно снижались при быстром продвижении эндоскопа. A.J. Groof et al. [8] в 2020 г. доложили о возможности детекции очагов пищевода Баррета, A.J. Trindade et al. [9] – о возможности ИИ выявлять очаги дисплазии и малигнизации внутри пищевода Баррета при конфокальной лазерной эндомикроскопии.

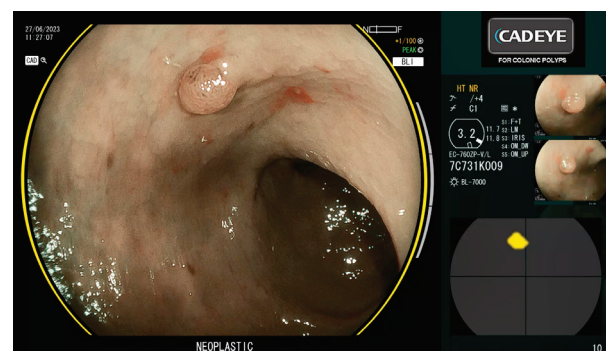
Отдельные исследования показали, что при скрининге рака желудка в белом свете частота пропусков составляет от 4,6 до 25,8% [10]. Учитывая сложность, особенно для начинающих эндоскопистов, выявления раннего рака желудка [11], многие работы посвящены этой тематике [12–14]. Обучение проходило на снимках как в белом цвете, так и узкоспектральном режиме и эндоцитоскопии. Кроме детекции, S. Naga et al. [15] получили модель, способную с точно-

стью до 90% оценивать глубину инвазии выявленного раннего рака.

Наибольшее количество разработок ИИ в эндоскопии относится к колоноскопии и направлены на детекцию новообразований, их дифференциальную диагностику и определение прогноза, используя различные модальности осмотра (белый свет, узкий спектр, увеличение, эндоцитоскопию) [16–20]. Часть из них доступно уже в коммерческом варианте в виде программно-аппаратных комплексов. В России доступны программно-аппаратные комплексы Fujifilm CADEye (рис. 2), Discovery от PENTAX Medical, с функциями детекции и частичной дифференциальной диагностики полипов толстой кишки.



a



б

Рис. 2. Система искусственного интеллекта CADEye компании Fujifilm: *a* – работа системы в режиме детекции полипа; *б* – работа в режиме дифференциальной диагностики (желтый цвет ободка вокруг эндоскопического изображения и на экране навигации справа показывает наличие и локализацию эпителиальной неоплазии)

В колоноскопии присутствуют и российские продукты для детекции полипов толстой кишки. В частности, программно-аппаратный комплекс ArtInCol и Poliptron [21].

Недавние исследования в Китае показали клиническую эффективность использования ИИ для детекции полипов толстой кишки [22]. На мате-

риале 3059 исследований доказано, что использование технологий ИИ повышает рейтинг детекции аденом (ADR) с 32,4 до 39,9 %. Интересно, что у опытных эндоскопистов этот показатель увеличивался еще больше – с 32,8 до 42,3 %, что является еще одним подтверждением необходимости правильного выполнения исследования, независимо от используемых технологий ИИ. С другой стороны, шведское исследование, в котором сравнивали ADR при использовании ИИ и без него, не показало значимых преимуществ использования ИИ [3]. В обеих группах ADR был сопоставим (41 % в группе с ИИ, 43 % в группе без ИИ). Важно отметить, что во всех этих исследованиях использовались разные ИИ-системы и разное оборудование.

Безусловно не только онкологические проблемы находятся в фокусе внимания. С.Н. Lin et al. [23] предложили программный алгоритм на основе ИИ для первичной диагностики *Helicobacter pylori* по эндоскопическим изображениям. Хорошие результаты доложены в визуальной диагностике различных типов гастрита, в том числе аутоиммунного, на фоне Нр-инфекции, атрофического и др. [24, 25]. Имеются указания на модели, помогающие по визуальным признакам определить целиакию [26, 27], воспалительные заболевания кишечника [28, 29].

Наименьшее количество разработок по данной литературе приходится на долю ЭУС. Связано это прежде всего с максимальными сложностями стандартизации исследования, большим количеством настроек оборудования, которые по-разному используются различными специалистами. Имеются сложности с адекватной разметкой

данных и методом окончательной диагностики в связи с большой долей субъективности в оценке выявленных изменений. Кроме того, по опыту многих исследований, УЗ-изображения являются одними из наиболее сложных для обучения. Возможно это связано с наличием множества артефактов, которые зачастую не позволяют получить четкое изображение.

Несмотря на сложности, имеются успешные разработки, пока не дошедшие до промышленной реализации. Существуют модели, позволяющие с высокой достоверностью детектировать солидные новообразования поджелудочной железы [30], дифференцировать их по гистологическому строению [31, 32], хронический и аутоиммунный панкреатит [33], муцинозные кисты [34]. Имеются данные об эффективном использовании ИИ для выявления нормальных анатомических структур [35] с модулями для обучения специалистов [36]. Кроме панкреато-билиарной зоны ИИ используется в ЭУС подслизистых новообразований ЖКТ и помогает дифференцировать гастроинтестинальные стромальные опухоли [37], в том числе при контрастно-усиленном исследовании [38].

В НМИЦ им. В.А. Алмазова разработана компьютерная программа, позволяющая детектировать солидные опухоли поджелудочной железы под ЭУС наведением как в режиме оценки записанного исследования, так и непосредственно во время выполнения ЭУС (рис. 3). При клинических испытаниях показаны чувствительность 0,89, специфичность 0,93. Площадь под кривой составила 0,96, что сопоставимо с международными данными.

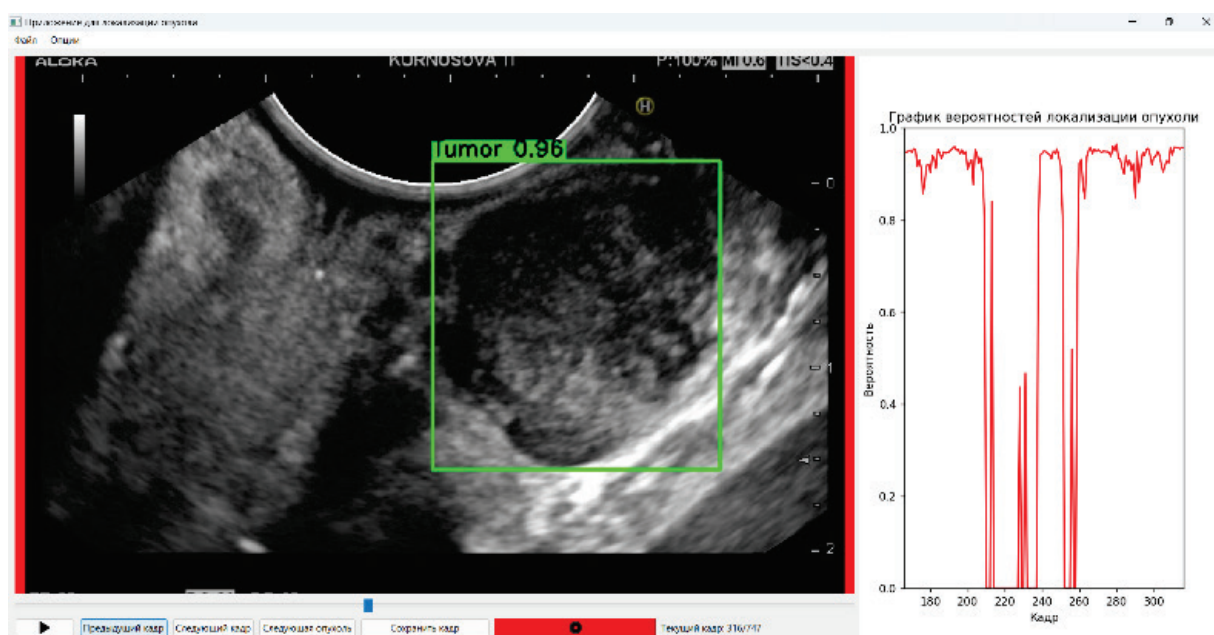


Рис. 3. Фрейм работы программы для детекции солидных опухолей поджелудочной железы: зеленый квадрат фиксирует детекцию опухоли; в правой части экрана график вероятности детекции опухоли в зависимости от кадра

Похожие разработки для детекции и дифференциальной диагностики различных структур в режиме реального времени ведутся и в отношении эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии и холангиоскопии [39–41].

Капсульная эндоскопия – единственный эндоскопический метод, интерпретация которого может быть полностью автоматизирована, а качество исследования не зависит от эндоскописта. Здесь технологии ИИ применяются преимущественно для автоматической расшифровки исследований, выявления патологических находок, признаков кровотечения [42–46]. Это также единственный метод, который поз-

воляет проводить исследование в полностью роботизированном варианте. Речь идет о капсуле, которая управляемо перемещается в магнитном поле, и ее передвижение в просвете желудка осуществляется ИИ без помощи человека [47].

В эндоскопических интервенциях ИИ применяются для разметки патологических новообразований, определения границ резекции, выявления различных гистологических структур. P. An et al. сообщили об использовании ИИ для определения оптимальной зоны циркулярного разреза, исходя из автоматического определения края неоплазии (рис. 4) [48].

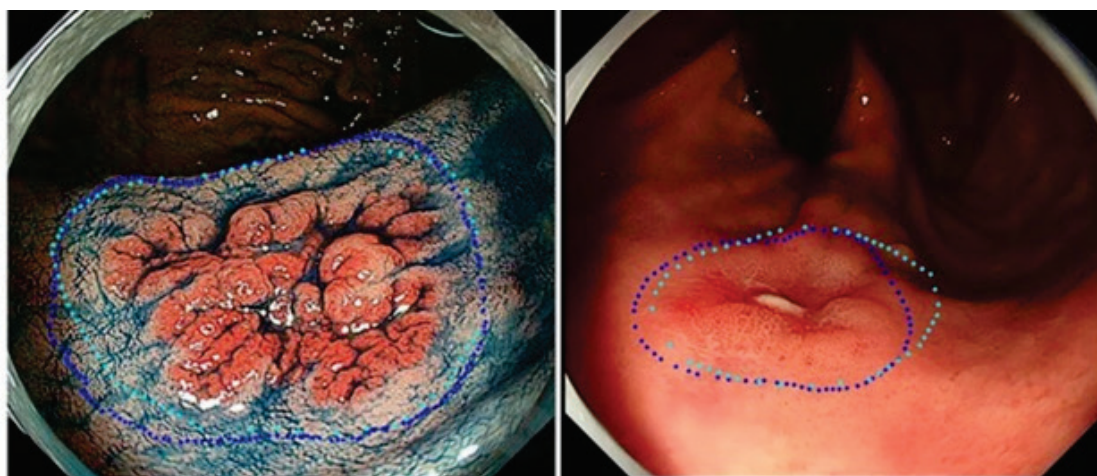


Рис. 4. Пример работы программы ENDOANGEL, позволяющей определять края резекции опухоли: темная линия – граница резекции, отмеченная программой, светлая линия – граница резекции, отмеченная экспертом [48]

Отдельно стоит выделить исследования, направленные на оценку качества выполнения эндоскопии, сбор статистической информации и составление отчетов. Так, S. Thakkar et al. [49] разработали программу, которая в режиме реального времени предоставляет эндоскописту обратную связь по качеству проводимого им исследования, оценивая четыре параметра: видимая площадь поверхности; раскрытая/расширенная толстая кишка; условия подготовки; четкость текущего изображения. Разработки ведутся в отношении определения качества подготовки ЖКТ к исследованию [50], оценки слепых зон при гастроскопии [51], времени выведения колоноскопа из толстой кишки [52].

Основные направления развития и перспективы искусственного интеллекта в эндоскопии

В связи с признанием важности ИИ в гастроэнтерологии в конце 2019 г. в США, проведен первый глобальный саммит по ИИ в гастроэнтерологии и эндоскопии, в котором приняли участие многочисленные эксперты из академиче-

ских кругов, промышленности и регулирующих учреждений [53]. В 2022 г. вышел согласительный документ Европейского общества эндоскопии пищеварительной системы об ожиданиях от внедрения ИИ и стандартов его внедрения [54], в котором авторы обозначают наиболее актуальные направления исследований и предлагают определенные критерии, которым должны соответствовать медицинские изделия с ИИ. Это подчеркивает важность проблемы ИИ в эндоскопии, в том числе при внедрении этих технологий в клиническую практику.

Приведенный перечень практических разработок ИИ в сфере эндоскопии пищеварительной системы безусловно далеко не полный, но адекватно описывает основные точки приложения исследователей и отражает в среднем состояние вопроса. В обзоре P.T. Kröner et al. [55] приведен исчерпывающий анализ разработок ИИ в гастроэнтерологии (рис. 5). Большая часть разработок для эндоскопии посвящена компьютерному зрению, а именно детекции патологических изменений и их дифференциальной диагностике. Меньшая часть направлена на повышение стандартов качества вмешательств, и лишь единич-

ные наработки облегчают сбор статистических данных и автоматизируют ведение документации.

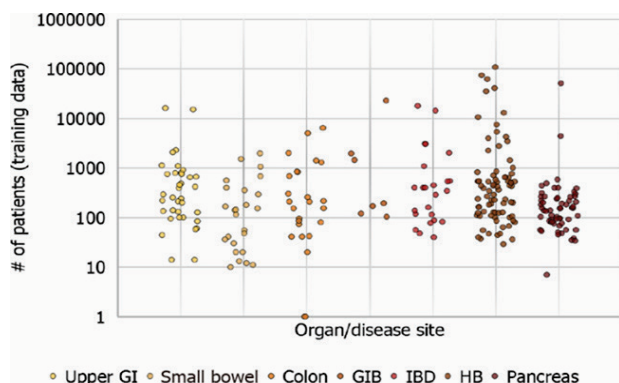


Рис. 5. Диаграмма рассеяния, показывающая распределение исследований по системам органов в гастроэнтерологии и гепатологии
Upper GI – верхние отделы ЖКТ;
Small bowel – тонкий кишечник;
Colon – толстая кишка;
GIB – желудочно-кишечные кровотечения;
IBD – воспалительные заболеваний кишечника;
HB – гепатобилиарная зона;
Pancreas – поджелудочная железа¹

Одно из актуальных направлений, в котором ИИ уже может играть значимую роль, – скрининг колоректального рака, так как имеющиеся разработки в детекции эпителиальных новообразований толстой кишки и контроля качества выполнения исследования позволяют значительно повышать эффективность скрининговой колоноскопии, особенно при объединении этих возможностей в одном проекте. По пути комплексного решения пошли и создатели российского проекта ArtInCol. Они разработали многофункциональный программно-аппаратный комплекс, позволяющий не только осуществлять детекцию полипов, но и контролировать часть критериев качества колоноскопии, собирать статистическую информацию по исследованиям, формировать фото- и видеоархив и реализовывать другие функции.

Еще одно перспективное направление развития ИИ в эндоскопии – предсказание гистологического типа патологии по эндоскопической картине (новообразования, воспалительные заболевания кишечника, эозинофильный эзофагит, целиакия и др.). Повышение эффективности подхода CADx позволит уйти от ненужных биопсий, определять программу наблюдения пациента и оценивать эффективность лечения непосредственно при эндоскопическом обследовании. Это в свою очередь приведет к снижению

финансовых затрат на систему здравоохранения, снизит нагрузку на патологоанатомическую службу и увеличит скорость постановки окончательного диагноза.

Полностью уйти от субъективности исследования в гибкой эндоскопии пищеварительной системы удастся не скоро. Решение проблемы операторозависимости решается двумя путями: введение стандартных протоколов, как в лучевых методах исследования; перевод мануальных действий в автоматический, роботизированный вариант, частично решенный в хирургических вмешательствах и применяемый опять же в лучевых методах диагностики. Но в эндоскопии руки врача пока не заменимы из-за технической сложности самого вмешательства и многообразия анатомических вариантов ЖКТ. В отличие от других направлений, сложность мануальных приемов не позволяет прогнозировать внедрение эндоскопических роботизированных устройств в клиническую практику в ближайшем будущем, несмотря на уже имеющиеся разработки. Внедрение роботизированных систем уже реализовано в других медицинских направлениях. Существуют системы с удаленным управлением от Monarch – Johnson & Johnson, Ion для роботизированной бронхоскопии. J. Zhang et al. сообщили о разработке роботизированной системы для проведения бронхоскопии с интеграцией ИИ [56]. В эндоскопии пищеварительной системы ближе всего подошли к созданию роботизированного колоноскопа [57, 58]. Но только в капсульной эндоскопии реализован по-настоящему роботизированный вариант [47].

В России найдено ограниченное количество публикаций, посвященных разработке и внедрению программ на основе ИИ для эндоскопии пищеварительной системы [59, 60, 21]. Учитывая, что данное направление во всем мире еще не достигло серьезных системных решений, важно не упустить момент и активно участвовать в разработке ИИ-систем для эндоскопии. Важным шагом в активизации этих исследований будет создание единого всероссийского регистра эндоскопических изображений, который можно было бы использовать в различных проектах для обучения ИИ.

На сегодняшний день все исследования в мире проводятся в рамках узкоспециализированных задач уровня. Можно сказать, что идет процесс накопления критической массы прикладных разработок, которые в последующем возможно будут объединены в единые комплексные системы. Пока нет информации о системном подходе в создании программ ИИ для комплексной помощи в работе врача-эндоскописта. В идеале такая программа должна решать ряд задач, в которые входят как помощь в прикладных клинико-диагностических вопросах, так и организационных, в том числе: формирование

¹ Kröner P.T., Engels M.Ml., Glicksberg B.S. et al. Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-art review. 2021;27(40):6794–6824. DOI: 10.3748/wjg.v27.i40.6794.

расписания пациентов, детекция и дифференциальная диагностика различных патологических состояний во время выполнения вмешательства, помощь в выборе правильной диагностической и лечебной тактики, определение качества подготовки и управление качеством выполнения вмешательства, автоматическая видео- и фотофиксация, формирование архива, сбор статистики по исследованиям, в том числе по работе оборудования. В то же время эндоскопия не должна вырываться из контекста клинической деятельности, поэтому программное обеспечение должно иметь возможность коммуникации с электронными историями болезни.

Уже имеющиеся разработки не позволяют повысить эффективность работы опытных эндоскопистов (за исключением детекции полипов размером менее 5 мм). Поэтому актуальная цель использования этих систем – повысить уровень работы менее опытных специалистов, особенно в центрах с высоким потоком и низкими стандартами качества. Такой подход позволит, с одной стороны, повысить стандарты качества, с другой, – снизить фактор операторозависимости [54].

Общее развитие технологий ИИ позволяет не только говорить, но и предсказывать дальнейшие пути технической реализации задач. Так, для подавляющего количества разработок использовали в обучении статические изображения и сверточные нейронные сети. Однако современные возможности позволяют использовать более совершенные инструменты. Например, рекуррентные нейронные сети, которые анализируют последовательные данные, такие как видео. Еще один подход – мультимодальный ИИ, совмещающий визуальные данные с другими данными пациента: половозрастные характеристики, данные лабораторных исследований, генетики и т. д. Использование новых подходов теоретически позволит ИИ выполнять задачи эффективнее врачей экспертного класса и вывести эндоскопические исследования на новый качественный уровень. Особенно при системном подходе к решению поставленных задач.

Большое количество исследовательских групп, работающих над разными диагностическими задачами, позволяют быстро накопить опыт в их решении. Однако значимая конкуренция между ними, желание быстрой финансовой выгоды мешает обмену опытом и информацией, не позволяет объединять имеющиеся разработки в комплексные системы. Из-за того, что производители технологий быстро разрабатывают и внедряют системы искусственного интеллекта, можно ожидать, что эндоскопическое сообщество начнет использовать ИИ еще до того, как будут получены убедительные научные доказательства его влияния на клиническую практику.

Безусловно преимущества и недостатки ИИ можно спрогнозировать на основе клинической значимости решаемой задачи и предварительных данных, полученных в искусственных или клинических условиях. То есть «ожидаемая ценность» ИИ – ценность, которую мы можем предвидеть до проведения тщательно спланированных клинических испытаний, – зависит, с одной стороны, от последствий ошибок при проведении эндоскопических исследований врачом, с другой, – от вероятности того, что ИИ компенсирует эти ошибки. На эту ожидаемую ценность также влияют возможные негативные последствия применения ИИ, такие как ложноположительные результаты или снижение квалификации эндоскопистов [54].

Перед профессиональным сообществом, как и перед всем человечеством, стоит ряд фундаментальных вопросов, на которые пока нет ответов. Не решены организационные, этические, юридические и даже политические аспекты внедрения ИИ в медицинскую практику. Кто несет ответственность за неправильно поставленный диагноз или допущенную интраоперационную ошибку? Будет ли ошибка ИИ оправдывать врача, или ответственность останется на человеке? Как внедрение технологий ИИ скажется на уровне образования и накопления опыта специалистами? И множество других вопросов. Но адекватная оценка реальности современной медицины позволяет увидеть неизбежность внедрения технологий ИИ в клинику.

Заключение

Еще рано говорить о революции, которую ИИ произвел в эндоскопии пищеварительной системы. Разработка и внедрение этих технологий в клиническую практику ограничено и не меняет лечебно-диагностических подходов. Большинство разработок являются экспериментальными, узконаправленными, работают на уровне хорошего врача, но в большинстве случаев не превосходят его. Но уже понятно, что вопрос не в том, станут ли технологии ИИ стандартом оснащения лечебных учреждений и изменят подходы к выполнению эндоскопических вмешательств, а в том, когда это произойдет.

Объединение усилий разных команд позволит ускорить решение системных задач и создание программно-аппаратных комплексов для эндоскопии, способных решать многоплановые, а не узкоспециализированные задачи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Qin X., Ran T., Chen Y., et al. Artificial Intelligence in Endoscopic Ultrasonography-Guided Fine-Needle Aspiration/Biopsy (EUS-FNA/B) for Solid Pancreatic Lesions: Opportunities and Challenges. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(19):30–54. DOI: 10.3390/diagnostics13193054.
2. Abonamah A.A., Tariq M.U., Shilbayeh S. On the Commoditization of Artificial Intelligence. *Front. Psychol.* 2021;12:696346.
3. Schöler J., Alavanja M., de Lange T., et al. Impact of AI-aided colonoscopy in clinical practice: a prospective randomised controlled trial. *BMJ Open Gastroenterol.* 2024;11(1):e001247. DOI: 10.1136/bmjgast-2023-001247.
4. Okagawa Y., Abe S., Yamada M., et al. Artificial Intelligence in Endoscopy. *Digestive Diseases and Sciences*. 2021. DOI: 10.1007/s10620-021-07086-z.
5. Cai S.L., Li B., Tan W.M., et al. Using a deep learning system in endoscopy for screening of early esophageal squamous cell carcinoma (with video). *Gastrointest Endosc.* 2019;90:745–753.e2. DOI: 10.1016/j.gie.2019.06.044.
6. Guo L., Xiao X., Wu C. et al. Real-time automated diagnosis of precancerous lesions and early esophageal squamous cell carcinoma using a deep learning model (with videos). *Gastrointest Endosc.* 2020;91:41–51.
7. Piazzuelo M.B., Bravo L.E., Mera R.M., et al. The Colombian chemoprevention trial: 20-year follow-up of a cohort of patients with gastric precancerous lesions. *Gastroenterology* 2021;160:1106–1117.e3. DOI: 10.1053/j.gastro.2020.11.017.
8. de Groof A.J., Struyvenberg M.R., van der Putten J., et al. Deep-learning system detects neoplasia in patients with Barrett's esophagus with higher accuracy than endoscopists in a multi-step training and validation study with benchmarking. *Gastroenterology*. 2020;158:915–929. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.11.030.
9. Trindade A.J., McKinley M.J., Fan C., et al. Endoscopic Surveillance of Barrett's Esophagus Using Volumetric Laser Endomicroscopy with Artificial Intelligence Image Enhancement. *Gastroenterology*. 2019;157:303–305. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.04.048.
10. Hu Chen, Shi-Yu Liu, Si-Hui Huang, et al. Applications of artificial intelligence in gastroscopy: a narrative review. *J Int Med Res.* 2024;52(1):3000605231223454. DOI: 10.1177/03000605231223454.
11. Hosokawa O., Hattori M., Douden K., et al. Difference in accuracy between gastroscopy and colonoscopy for detection of cancer. *Hepatogastroenterology*. 2007;54:442–444.
12. Du H., Dong Z., Wu L., et al. A deep-learning based system using multi-modal data for diagnosing gastric neoplasms in real-time (with video) *Gastric Cancer*. 2023;26:275–285. DOI: 10.1007/s10120-022-01358-x.
13. Wu L., Zhou W., Wan X., et al. A deep neural network improves endoscopic detection of early gastric cancer without blind spots. *Endoscopy*. 2019;51:522–531. DOI: 10.1055/a-0855-3532.
14. Lee J.H., Kim Y.J., Kim Y.W., et al. Spotting malignancies from gastric endoscopic images using deep learning. *Surg Endosc.* 2019;33:3790–3797. DOI: 10.1007/s00464-019-06677-2.
15. Nagao S., Tsuji Y., Sakaguchi Y., et al. Highly accurate artificial intelligence systems to predict the invasion depth of gastric cancer: efficacy of conventional white-light imaging, nonmagnifying narrow-band imaging, and indigo-carmin dye contrast imaging. *Gastrointest Endosc.* 2020;92:866–873.e1. DOI: 10.1016/j.gie.2020.06.047.
16. Ito N., Kawahira H., Nakashima H., et al. Endoscopic Diagnostic Support System for cT1b Colorectal Cancer Using Deep Learning. *Oncology*. 2019;96(1):44–50. DOI: 10.1159/000491636.
17. Kominami Y., Yoshida S., Tanaka S., et al. Computer-aided diagnosis of colorectal polyp histology by using a real-time image recognition system and narrow-band imaging magnifying colonoscopy. *Gastrointest Endosc.* 2016;83(3):643–9. DOI: 10.1016/j.gie.2015.08.004.
18. Fernández-Esparrach G., Bernal J., López-Cerón M., et al. Exploring the clinical potential of an automatic colonic polyp detection method based on the creation of energy maps. *Endoscopy*. 2016;48(9):837–42. DOI: 10.1055/s-0042-108434.
19. Misawa M., Kudo S.E., Mori Y., et al. Development of a computer-aided detection system for colonoscopy and a publicly accessible large colonoscopy video database (with video). *Gastrointest Endosc.* 2021;93(4):960–967.e3. DOI: 10.1016/j.gie.2020.07.060.
20. Sánchez-Montes C., Sánchez F.J., Bernal J., et al. Computer-aided prediction of polyp histology on white light colonoscopy using surface pattern analysis. *Endoscopy*. 2019;51(3):261–265. DOI: 10.1055/a-0732-5250.
21. Кулаев К., Важенин А., Ростовцев Д. и др. Искусственный интеллект в диагностике новообразований толстого кишечника — разработка, внедрение технологии и первые результаты. *Вопросы онкологии*. 2023;69(2):292–299.

- DOI: 10.37469/0507-3758-2023-69-2-292-299. [Kulaev K., Vazhenin A., Rostovtsev D., et al. Artificial intelligence in the diagnosis of neoplasms of the large intestine-development, implementation of technology and first results. *Issues of Oncology*. 2023;69(2):292–299. DOI: 10.37469/0507-3758-2023-69-2-292-299 (In Russ.)].
22. Xu H., Tang R.S.Y., Lam T.Y.T., et al. Artificial Intelligence-Assisted Colonoscopy for Colorectal Cancer Screening: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2023;21(2):337–346.e3. DOI: 10.1016/j.cgh.2022.07.006.
 23. Lin C.H., Hsu P.I., Tseng C.D., et al. Application of artificial intelligence in endoscopic image analysis for the diagnosis of a gastric cancer pathogen-Helicobacter pylori infection. *Sci Rep*. 2023;13(1):13380. DOI: 10.1038/s41598-023-40179-5.
 24. Turtoi D.C., Brata V.D., Incze V., et al. Artificial Intelligence for the Automatic Diagnosis of Gastritis: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2024;13(16):4818. DOI: 10.3390/jcm13164818.
 25. Shi Y., Wei N., Wang K., et al. Diagnostic value of artificial intelligence-assisted endoscopy for chronic atrophic gastritis: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10:1134980. DOI: 10.3389/fmed.2023.1134980.
 26. Tenório J. M., Hummel A. D., Cohrs F. M., et al. Artificial intelligence techniques applied to the development of a decision-support system for diagnosing celiac disease. *Int J Med Inform*. 2011;80(11):793–802. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2011.08.001.
 27. Wang X., Qian H., Ciaccio E.J., et al. Celiac disease diagnosis from videocapsule endoscopy images with residual learning and deep feature extraction. *Comput Methods Programs Biomed*. 2020;187:105236. DOI: 10.1016/j.cmpb.2019.105236.
 28. Khorasani H.M., Usefi H., Peña-Castillo L. Detecting ulcerative colitis from colon samples using efficient feature selection and machine learning. *Sci Rep*. 2020;10(1):13744. DOI: 10.1038/s41598-020-70583-0.
 29. Maeda Y., Kudo S.E., Mori Y., et al. Fully automated diagnostic system with artificial intelligence using endocytoscopy to identify the presence of histologic inflammation associated with ulcerative colitis (with video). *Gastrointest Endosc*. 2019;89(2):408–415. DOI: 10.1016/j.gie.2018.09.024.
 30. Cui H., Zhao Y., Xiong S., et al. Diagnosing Solid Lesions in the Pancreas With Multimodal Artificial Intelligence: A Randomized Crossover Trial. *JAMA Netw Open*. 2024;7(7):e2422454. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.22454.
 31. Tonozuka R., Itoi T., Nagata N., et al. Deep learning analysis for the detection of pancreatic cancer on endosonographic images: a pilot study. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2021;28(1):95–104. DOI: 10.1002/jhbp.825.
 32. Kuwahara T., Hara K., Mizuno N., et al. Artificial intelligence using deep learning analysis of endoscopic ultrasonography images for the differential diagnosis of pancreatic masses. *Endoscopy*. 2023;55(2):140–149. DOI: 10.1055/a-1873-7920.
 33. Marya N.B., Powers P.D., Chari S.T., et al. Utilisation of artificial intelligence for the development of an EUS-convolutional neural network model trained to enhance the diagnosis of autoimmune pancreatitis. *Gut*. 2021;70(7):1335–1344. DOI: 10.1136/gutjnl-2020-322821.
 34. Kuwahara T., Hara K., Mizuno N., et al. Usefulness of Deep Learning Analysis for the Diagnosis of Malignancy in Intraductal Papillary Mucinous Neoplasms of the Pancreas. *Clin Transl Gastroenterol*. 2019;10(5):1–8. DOI: 10.14309/ctg.0000000000000045.
 35. Wu H.L., Yao L.W., Shi H.Y., et al. Validation of a real-time biliopancreatic endoscopic ultrasonography analytical device in China: a prospective, single-centre, randomised, controlled trial. *Lancet Digit Health*. 2023;5(11):e812–e820. DOI: 10.1016/S2589-7500(23)00160-7.
 36. Zhang J., Zhu L., Yao L., et al. Deep learning-based pancreas segmentation and station recognition system in EUS: development and validation of a useful training tool (with video). *Gastrointest Endosc*. 2020;92(4):874–885.e3. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.071.
 37. Zhang B., Zhu F., Li P., Zhu J. Artificial intelligence-assisted endoscopic ultrasound in the diagnosis of gastrointestinal stromal tumors: a meta-analysis. *Surg Endosc*. 2023;37(3):1649–1657. DOI: 10.1007/s00464-022-09597-w.
 38. Tanaka H., Kamata K., Ishihara R., et al. Value of artificial intelligence with novel tumor tracking technology in the diagnosis of gastric submucosal tumors by contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography. *J Gastroenterol Hepatol*. 2022;37(5):841–846. DOI: 10.1111/jgh.15780.
 39. Zhang X., Tang D., Zhou J.D., et al. A real-time interpretable artificial intelligence model for the cholangioscopic diagnosis of malignant biliary stricture (with videos). *Gastrointest Endosc*. 2023;98(2):199–210.e10. DOI: 10.1016/j.gie.2023.02.026.
 40. Saraiva M.M., Ribeiro T., Ferreira J.P.S., et al. Artificial intelligence for automatic diagnosis of biliary stricture malignancy status in single-operator cholangioscopy: A pilot study. *Gastrointest. Endosc*. 2022;95:339–348.
 41. Agudo Castillo B., Mascarenhas M., Martins M., et al. Advancements in biliopancreatic endoscopy - A comprehensive review of artificial intelligence in EUS and ERCP. *Rev Esp Enferm Dig*. 2024;116(11):613–622. DOI: 10.17235/reed.2024.10456/2024.
 42. Aoki T., Yamada A., Kato Y., et al. Automatic detection of blood content in capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network. *J Gastroenterol Hepatol*. 2020;35(7):1196–1200. DOI: 10.1111/jgh.14941.
 43. Ding Z., Shi H., Zhang H., et al. Gastroenterologist-Level Identification of Small-Bowel Diseases and Normal Variants by Capsule Endoscopy Using a Deep-Learning Model. *Gastroenterology*. 2019;157(4):1044–1054.e5. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.06.025.

44. Fu Y., Zhang W., Mandal M., Meng M.Q. Computer-aided bleeding detection in WCE video. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2014;18(2):636–42. DOI: 10.1109/JBHI.2013.2257819.
45. Tsuboi A., Oka S., Aoyama K., et al. Artificial intelligence using a convolutional neural network for automatic detection of small-bowel angioectasia in capsule endoscopy images. *Dig Endosc.* 2020;32(3):382–390. DOI: 10.1111/den.13507.
46. Otani K., Nakada A., Kurose Y., et al. Automatic detection of different types of small-bowel lesions on capsule endoscopy images using a newly developed deep convolutional neural network. *Endoscopy.* 2020;52(9):786–791. DOI: 10.1055/a-1167-8157.
47. Rey J.F. Magnetically guided gastric capsule endoscopy: a review and new developments. *Clin Endosc.* 2025. DOI: 10.5946/ce.2025.062.
48. An P., Yang D., Wang J., et al. A deep learning method for delineating early gastric cancer resection margin under chromoendoscopy and white light endoscopy. *Gastric Cancer.* 2020;23:884–892. DOI: 10.1007/s10120-020-01071-7.
49. Thakkar S., Carleton N. M., Rao B., Syed A. Use of Artificial Intelligence-Based Analytics from Live Colonoscopies to Optimize the Quality of the Colonoscopy Examination in Real Time: Proof of Concept. *Gastroenterology.* 2020;158(5):1219–1221.e2. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.12.035.
50. Leenhardt R., Souchaud M., Houist G., et al. A neural network-based algorithm for assessing the cleanliness of small bowel during capsule endoscopy. *Endoscopy.* 2021;53(9):932–936. DOI: 10.1055/a-1301-3841.
51. Wu L., Zhang J., Zhou W., et al. Randomised controlled trial of WISENSE, a real-time quality improving system for monitoring blind spots during esophagogastroduodenoscopy. *Gut.* 2019;68(12):2161–2169. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317366.
52. Yao L., Zhang L., Liu J., et al. Effect of an artificial intelligence-based quality improvement system on efficacy of a computer-aided detection system in colonoscopy: a four-group parallel study. *Endoscopy.* 2022;54(8):757–768. DOI: 10.1055/a-1706-6174.
53. Parasa S., Wallace M., Bagci U., et al. Proceedings from the First Global Artificial Intelligence in Gastroenterology and Endoscopy Summit. *Gastrointest Endosc* 2020;92:938–945.e1. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.044.
54. Messmann H., Bisschops R., Antonelli G., et al. Expected value of artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Position Statement. *Endoscopy.* 2022;54(12):1211–1231. DOI: 10.1055/a-1950-5694.
55. Kröner P. T., Engels M. M., Glicksberg B. S., et al. Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-art review. *World J Gastroenterol.* 2021;27(40):6794–6824. DOI: 10.3748/wjg.v27.i40.6794.
56. Zhang J., Liu L., Xiang P., et al. AI co-pilot bronchoscope robot. *Nat Commun.* 2024;15(1):241. DOI: 10.1038/s41467-023-44385-7.
57. Takamatsu T., Endo Y., Fukushima R., et al. Robotic endoscope with double-balloon and double-bend tube for colonoscopy. *Sci Rep.* 2023;13(1):10494. DOI: 10.1038/s41598-023-37566-3.
58. Ahmed J. F., Coda S., Premchand P., et al. A UK single-center pilot experience using a novel robotic inchworm colonoscopy system. *DEN Open.* 2025;6(1):e70123. DOI: 10.1002/deo2.70123.
59. Лебедев А. А., Хрящев В. В., Кашин С. В. и др. Применение методов глубокого обучения для поддержки врачебного решения при эндоскопическом исследовании желудка. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021;2:95–106. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-2-6. [Lebedev A. A., Khryashchev V. V., Kashin S. V., et al. Application of deep learning methods to support medical decision-making during endoscopic examination of the stomach. Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature and Society. 2021;2:95–106. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-2-6. (In Russ.)].
60. Хрящев В. В. Система поддержки принятия врачебного решения с использованием модуля искусственного интеллекта для эндоскопических исследований желудка. Медицинская техника. 2023;6:44–47. [Khryashchev V. V. Decision support system for medical decision-making using an artificial intelligence module for endoscopic examinations of the stomach. Medical Equipment (Meditsinskaya tekhnika). 2023;6:44–47 (In Russ.)].

Поступила 26.07.2025

Принята 01.08.2025

Опубликована 29.08.2025

Received 26.07.2025

Accepted 01.08.2025

Publication 29.08.2025

Авторы

Шляхто Евгений Владимирович – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, генеральный директор, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, fmrc@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2929-0980>

Солоницын Евгений Геннадьевич – канд. мед. наук, доцент кафедры факультетской хирургии с клиникой, врач-эндоскопист, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, mail@esolonitsyn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0794-232X>

Баранов Дмитрий Геннадьевич – ассистент кафедры факультетской хирургии с клиникой, врач-эндоскопист, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства

здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, dimabaranov@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6297-5159>

Сигуа Бадри Валериевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, sigua_bv@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4556-4913>

Данилов Иван Николаевич – канд. мед. наук, заведующий кафедрой факультетской хирургии с клиникой, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, ivandanilov75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9540-7812>

Authors

Shlyakhto Evgeny V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, General Director, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, fmrc@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2929-0980>

Solonitsyn Evgenii G. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Surgery with a Clinic, Endoscopist, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, mail@esolonitsyn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0794-232X>

Baranov Dmitrii G. – Assistant of the Department of Faculty Surgery with a Clinic, Endoscopist, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, dimabaranov@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6297-5159>

Sigua Badri V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General Surgery, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, sigua_bv@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4556-4913>

Danilov Ivan N. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Faculty Surgery with the Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, ivandanilov75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9540-7812>