

# СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА И ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ КРОВОИЗЛИЯНИЙ

3.1.25 - Лучевая диагностика  
(медицинские науки)

\*Медведева Н.А.<sup>1,2</sup>, Казиева М.Ю.<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>1</sup>, Филимонова Н.А.<sup>1</sup>, Кох В.Н.<sup>1</sup>, Серова Н.С.<sup>2</sup>, Соколова Е.В.<sup>1</sup>, Талыбов Р.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО «СберМедИИ» - разработчик медицинских решений с использованием технологий искусственного интеллекта

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет)

<sup>3</sup>ГБУЗ Тюменской области «Областная клиническая больница №2

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- искусственный интеллект в лучевой диагностике
- алгоритмы искусственного интеллекта в диагностике острого нарушения мозгового кровообращения
- радиомика
- ОНМК
- машинное обучение в медицине

## АННОТАЦИЯ:

**Цель:** определить возможности комплексного сервиса искусственного интеллекта (СИИ) в диагностике острого ишемического инсульта и кровоизлияний в клинической практике на базе сосудистого центра. Сравнить диагностическую эффективность искусственного интеллекта с данными специалистов в области нейровизуализации.

**Материал и методы:** использовались ретроспективные бесконтрастные исследования компьютерной томографии (КТ) головного мозга пациентов старше 18 лет, поступивших с подозрением на наличие острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), сопровождаемые заключениями врачей-рентгенологов по данным КТ исследования, которые в процессе предварительных клинико-технических испытаний (ПКТИ) сравнивались с заключениями Математической модели комплексного сервиса искусственного интеллекта «КТ головного мозга» от компании-разработчика СберМедИИ. В исследовании было обработано 703 DICOM исследований, из них с диагнозом острый ишемический инсульт - 51, острое внутримозговое кровоизлияние - 36, и соответственно без целевой патологии - 616.

**Результаты:** в результате проведения исследования были оценены метрики диагностической точности работы Математической модели СИИ «КТ головного мозга».

Классификационные метрики Математической модели СИИ «КТ головного мозга» по выявлению острого ишемического инсульта составили: чувствительность - 94%, специфичность - 94%, точность - 94%, ROC-кривая - 0,96. Классификационные метрики Математической модели СИИ «КТ головного мозга» по выявлению внутримозговых кровоизлияний составили: чувствительность - 89%, специфичность - 98%, точность - 98%, ROC-кривая - 0,99. В заключении эксперимента был подготовлен отчет о проведении предварительных клинико-технических испытаний.

**Заключение:** разработанная Математическая модель комплексного сервиса искусственного интеллекта бесконтрастной КТ-диагностики острого ишемического инсульта и внутримозговых кровоизлияний на базе нейронных сетей глубокого обучения продемонстрировала приемлемый результат работы, в котором результаты Математической модели СИИ оказались сопоставимы с эталонным мнением врачей-рентгенологов в трех независимых просмотрах.

**Для цитирования.** Медведева Н.А., Казиева М.Ю., Сидорова А.А., Филимонова Н.А., Кох В.Н., Серова Н.С., Соколова Е.В., Талыбов Р.С. «СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА И ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ КРОВОИЗЛИЯНИЙ». Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ. 2024; 18(2.1): 152–159.

# MODERN CAPABILITIES OF THE INTEGRATED NEURAL NETWORK ALGORITHM IN THE DIAGNOSIS OF ISCHEMIC AND HEMORRHAGIC STROKES

\*Medvedeva N.A.<sup>1,2</sup>, Kazieva M.Yu.<sup>1</sup>, Sidorova A.A.<sup>1</sup>, Filimonova N.A.<sup>1</sup>, Kokh V.N.<sup>1</sup>, Serova N.S.<sup>2</sup>, Sokolova E.B.<sup>1</sup>, Talybov R.S.<sup>3</sup>

## KEY-WORDS:

- artificial intelligence in radiation diagnostics
- artificial intelligence algorithms in the diagnosis of acute cerebrovascular accident
- radiomics
- stroke
- machine learning in medicine

<sup>1</sup>LLC «SberMedAI» - developer of medical solutions using artificial intelligence technologies

<sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

<sup>3</sup>State Budgetary Healthcare Institution of the Tyumen Region «Regional Clinical Hospital №2»

## ABSTRACT:

**Aim:** was to determine possibilities of the integrated service of the artificial intelligence algorithm (AIA) in the diagnosis of acute ischemic and hemorrhagic strokes in clinical practice on the basis of vascular center. Was to compare the diagnostic effectiveness of artificial intelligence with the data of specialists in the field of neuroimaging.

**Material and methods:** retrospective contrast-free CT studies of the brain of patients over the age of 18 with suspected acute cerebrovascular accident, accompanied by the conclusions of radiologists according to CT studies, which were compared with the conclusions during the Preliminary clinical and technical testing. A mathematical model of the integrated artificial intelligence service «CT of the brain» from the developer company SberMedAI. In the study, 703 DICOM images were processed, of which 51 were diagnosed with acute ischemic stroke, 36 with acute intracerebral hemorrhage, and 616, respectively, without target pathology.

**Results:** as a result of the study, the metrics of the diagnostic accuracy of the Mathematical model of the AIA «CT of the brain» were evaluated.

The classification metrics of the Mathematical model of the AIA «CT of the brain» for the detection of acute ischemic stroke were: sensitivity - 94%, specificity - 94%, accuracy - 94%, ROC-curve - 0,96. Classification metrics of the Mathematical model of the AIA «CT of the brain» for the detection of intracranial hemorrhages were: sensitivity - 89%, specificity - 98%, accuracy - 98%, ROC-curve - 0,99. At the end of the experiment, a report was prepared on the conduct of preliminary clinical and technical tests.

**Conclusion:** the developed mathematical model of an integrated artificial intelligence service for contrast-free CT diagnostics of acute ischemic and hemorrhagic strokes based on deep learning neural networks demonstrated an acceptable result of work, in which results of the Mathematical model were comparable with the reference opinion of radiologists in three independent revisions.

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания занимают лидирующую позицию в мире среди причин смертности населения различных возрастных групп. По данным мировой статистики экономически развитых стран, инсульт переносят до 7 млн человек в год, из которых 4,5 млн завершаются летальным исходом [1]. В Российской Федерации стандарты оказания медицинской помощи при ОНМК изложены в приказе Минздрава России № 1740н от 29.12.12 «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга». Золотым стандартом в диагностике острого инсульта является компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга [2]. Метод КТ предпочтительней ввиду сохранения временного ресурса, так как исследование занимает до 5-7 минут, применим у пациен-

тов в тяжелом и крайне тяжелом состоянии, находящихся на искусственной вентиляции легких (ИВЛ), имеет высокую диагностическую эффективность в детализации ишемического инсульта и внутричерепных кровоизлияний, и экономически выгоден по сравнению с МРТ. Решающую роль в исходе инсульта определяет временной интервал оказания специализированной медицинской помощи в условиях стационара от момента начала заболевания [3]. Именно врач-рентгенолог имеет первое касание с пациентом в рамках клинической диагностики, от заключения которого в дальнейшем зависит тактика лечения и маршрутизации пациента в неотложном состоянии. В практике лучевой диагностики ИИ был впервые применен в 1980-х годах. Алгоритмы применялись для систематизации изображений. Второй пик эволюции ИИ в лучевой диагности-



Рис. 1. Схема процесса предварительных клинико-технических испытаний.

ке пришелся на период с 1990-2000 гг. с основным упором на автоматизацию распознавания изображений с отличных от нормальной лучевой картины конкретной анатомической области, в частности на маммограммах. Базой обучения алгоритмов нейросети являлись методы дифференциации образов на моделях. Важно отметить, что данные, полученные с помощью обработки изображений нейросетью, всегда оцениваются квалифицированным рентгенологом, и только после этого заключение может считаться легитимным [4]. В современных реалиях, с развитием диджитализации в здравоохранении, алгоритмы нейросети на базе ИИ применяются в рутинной работе докторов, в частности в лучевой диагностике. За последние 7 лет в России отмечен существенный прогресс возможностей ИИ в рентгенологии с использованием предварительного ответа сервиса в виде сегментации патологических зон. Предварительные клинико-технические испытания (ПКТИ) проводились согласно следующей логике (рис. 1).

**Цель исследования:** оценить диагностическую эффективность сервиса искусственного интеллекта (СИИ) «КТ-головного мозга» в детализации зон острой ишемии и внутричерепных кровоизлияний в корреляции с тройным слепым пересмотром специалистами в области нейровизуализации.

### Материал и методы

В исследование включено 703 безконтрастных КТ исследования головного мозга в формате DICOM пациентов возрастом старше 18 лет, с клинической картиной ОНМК в период июль-октябрь 2023 г. Данные были деперсонализированы медицинской организацией и вследствие этого лишены какой-либо дополнительной информации о пациенте, за исключением возраста. Каждое исследование было оценено двумя независимыми специалистами в области лучевой диагностики с предоставлением заключения и сервисом ИИ «КТ-головного мозга» компании-разработчика СберМедИИ. Каждое заключение содержало информацию о наличии или отсутствии лучевых признаков ОНМК, в случаях обнаружения целевой патологии с обязательным указанием анатомической локализации ишемиче-

ского инсульта или внутричерепных кровоизлияний. Для оценки результатов применялись референсные понятия «патология» и «норма». За «патологию» принималась исключительно целевая патология - инсульт по ишемическому типу и/или внутричерепные кровоизлияния. За «норму» принимались КТ исследования, на которых не обнаружены признаки целевой патологии.

Критериями включения являлись:

1. Возраст от 18 лет;
2. Наличие клинической картины острого нарушения мозгового кровообращения;
3. Выполненная КТ головного мозга в пределах 24 часов от момента развития клинической симптоматики.

Критериями исключения из исследования являлись:

1. Артефакты от металла и/или от движений пациента;
2. Обнаружение по данным КТ не целевой патологии.

При анализе тремя независимыми специалистами в области нейровизуализации использовалось программное обеспечение для анализа DICOM файлов - Radiant Dicom Viewer.

### Результаты

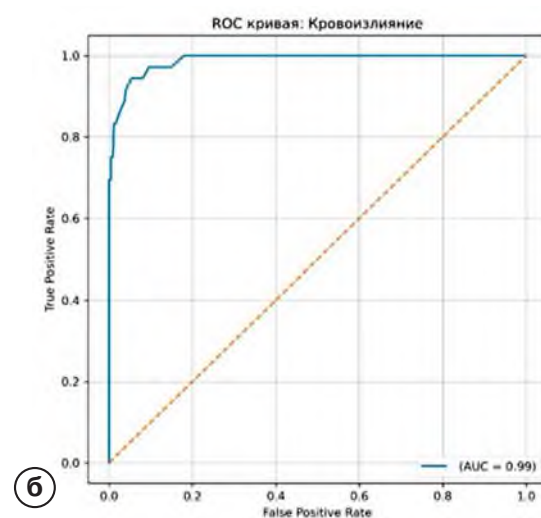
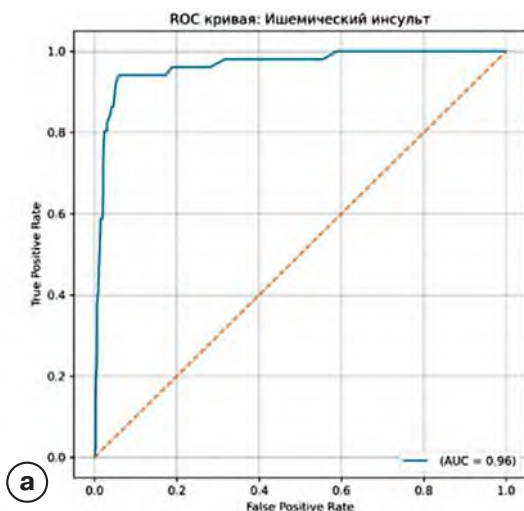
Среди ретроспективного пула данных бесконтрастных КТ исследований головного мозга, имеющегося в распоряжении, с целью формирования эталонного набора материала случайным образом были отобраны 703 КТ исследования пациентов старше 18 лет, поступивших с подозрением на острое нарушение мозгового кровообращения без артефактов на изображениях, с наличием острого ишемического инсульта был представлен 51 случай, с наличием внутричерепного кровоизлияния 36 случаев. Случаев без «целевой патологии», то есть без острого ишемического инсульта и внутричерепных кровоизлияний соответственно 616. Все 703 случая сопровождалось выписным эпикризом по данным истории болезни. Весь пул исследований и заключения к ним были анонимизированы, очищены от любой информации о пациенте, кроме возраста, и рандомизированы. После этого каждое анонимизированное КТ исследование головного мозга было проанализировано моделью ИИ «КТ головного мозга», которая не

**Таблица 1. Оценка метрик качества результатов работы Математической модели СИИ «КТ головного мозга» по выявлению острого ишемического инсульта относительно врачей-рентгенологов**

Идентификатор обезличенного КТ-исследования	Заключение СИИ «КТ головного мозга» (Индекс-Тест)	Референсное заключение врачей-рентгенологов (Референс-Тест)	Результат СИИ «КТ головного мозга» по выявлению острого ишемического инсульта			
			Является Истинно-Положительным (ИП)	Является Истинно-Отрицательным (ИО)	Является Ложно-Положительным (ЛП)	Является Ложно-Отрицательным (ЛО)
Итого:	703	703	48	616	36	3
Чувствительность = ИП / (ИП + ЛО)			0,94			
Специфичность = ИО / (ИО + ЛП)			0,94			
Точность = (ИП+ИО)/(ИП+ИО+ЛП+ ЛО)			0,94			
Отношение правдоподобия положительного результата = Чувствительность / (1-специфичность)			17,05			
Отношение правдоподобия отрицательного результата = (1-чувствительность) / специфичность			0,06			
Прогностическая ценность положительного результата = ИП / (ИП + ЛП)			0,57			
Прогностическая ценность отрицательного результата = ИО / (ИО + ЛО)			1			
Площадь под ROC-кривой			0,96 (рис. 6)			
Средняя скорость обработки			5 минут			

**Таблица 2. Оценка метрик качества результатов работы Математической модели СИИ «КТ головного мозга» по выявлению внутричерепного кровоизлияния относительно врачей-рентгенологов**

Идентификатор обезличенного КТ-исследования	Заключение СИИ «КТ головного мозга» (Индекс-Тест)	Референсное заключение врачей-рентгенологов (Референс-Тест)	Результат СИИ «КТ головного мозга» по выявлению остро́го ишемического инсульта			
			Является Истинно-Положительным (ИП)	Является Истинно-Отрицательным (ИО)	Является Ложно-Положительным (ЛП)	Является Ложно-Отрицательным (ЛО)
Итого:	703	703	48	616	36	3
Чувствительность = $\text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО})$			0,89			
Специфичность = $\text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛП})$			0,98			
Точность = $(\text{ИП} + \text{ИО}) / (\text{ИП} + \text{ИО} + \text{ЛП} + \text{ЛО})$			0,98			
Отношение правдоподобия положительного результата = $\text{Чувствительность} / (1 - \text{специфичность})$			53,9			
Отношение правдоподобия отрицательного результата = $(1 - \text{чувствительность}) / \text{специфичность}$			0,11			
Прогностическая ценность положительного результата = $\text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛП})$			0,74			
Прогностическая ценность отрицательного результата = $\text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛО})$			0,99			
Площадь под ROC-кривой			0,99 (рис. 6)			
Средняя скорость обработки			5 минут			



**Рис. 2.** Площадь под ROC-кривой.

*а* - ROC-кривая для выявления патологии ишемического инсульта (Порог активации составляет 0,64);

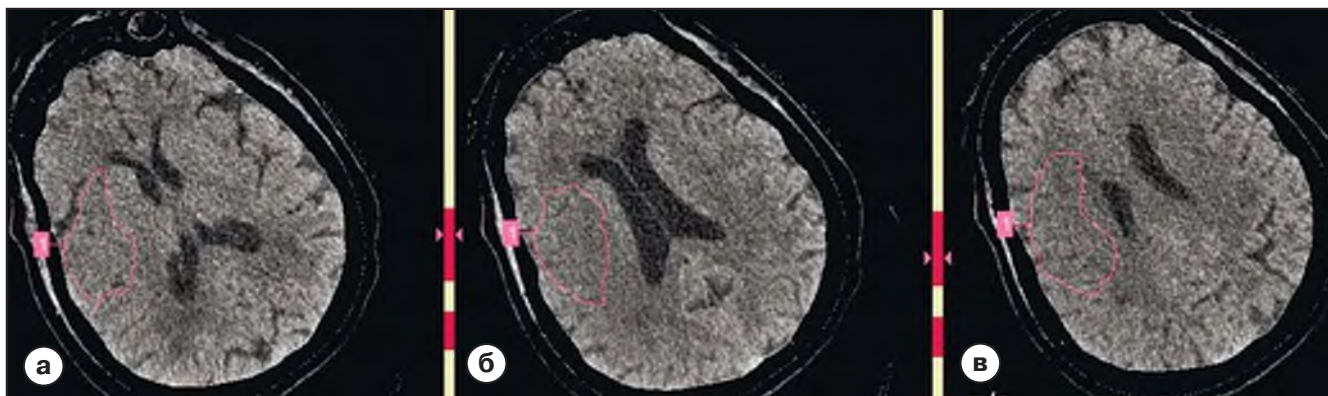
*б* - ROC-кривая для выявления патологии внутричерепного кровоизлияния (Площадь активации составляет 0,6).

имела доступа к клиническим данным анализируемых случаев и информации о соотношении случаев норма/патология в представленной выборке. Результат анализа математической модели СИИ «КТ головного мозга» включает заключение от алгоритма нейросети о вероятности наличия острого ишемического инсульта, его объёме и локализации, балле по шкале ASPECTS, либо об отсутствии ишемического инсульта, и/или заключение о вероятности наличия внутричерепного кровоизлияния и его объёме, либо об отсутствии внутричерепного кровоизлияния. Для оценки метрик качества работы модели СИИ «КТ головного мозга» были составлены таблицы результатов заключений системы искусственного интеллекта и заключений врачей-рентгенологов, прилагающиеся к каждому КТ исследованию относительно наличия острого ишемического инсульта (табл. 1) и относительно наличия внутричерепного кровоизлияния (табл. 2). На основа-

нии статистически обработанных данных построены ROC-кривые для выявления ишемического инсульта и внутричерепного кровоизлияния (рис. 2).

Существенным и клинически значимым достижением стала возможность математической модели «КТ головного мозга» идентифицировать и маркировать зоны с острейшими проявлениями ОНМК по ишемическому типу, которые часто могут упускаться даже опытными специалистами, ввиду чувствительности зрительного анализатора, так как явной гиподенсивности еще не будет обнаружено. В частности, мы отметили 13 случаев обскурации чечевицеобразных ядер, сглаженности дифференцировки коры и подлежащего белого вещества в области островковой доли (рис. 3). Во всех случаях результаты ИИ были подтверждены тремя независимыми специалистами рентгенологами.





**Рис. 3.** Результаты анализа изображения математической моделью ИИ. Нативная компьютерная томография. Аксиальные срезы. а, б, в - розовым контуром моделью автоматически выделена целевая патология в виде острой ишемии в бассейне правой средней мозговой артерии. Вертикальный бегунок с зонированием красным цветом соответствует срезам, на которых была обнаружена целевая патология. Цифрой (розовый цвет) маркируется количество обнаруженных патологических зон.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:**

**ОПИСАНИЕ:**

**Выявленные патологии:** Ишемический инсульт

**Вероятность патологии:** 0,89

**Объём области патологии:** 29,21 см<sup>3</sup>

**Балл по ASPECTS:** 3

**Затронутые зоны СМА:** I, L, M2, M4, M5, M6

**Очаги выявленной патологии:**

**Очаг 1:** Ишемический Инсульт, объём 25,69 см<sup>3</sup>, размеры 2x40x26 мм

**Очаг 2:** Ишемический Инсульт, объём 0,0 см<sup>3</sup>, размеры 1x1x1 мм

**Очаг 3:** Ишемический Инсульт, объём 3,52 см<sup>3</sup>, размеры 26x27x14 мм

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

Обнаружены признаки ишемического инсульта в зонах I, L, M1, M2, M4, M5, M6, общим объёмом 29,21 см<sup>3</sup>.

**Балл по ASPECTS:** – 3

**Краткое руководство пользователя**

Область ишемического инсульта выделена розовым контуром.

Область внутримозгового кровоизлияния выделена оранжевым контуром

Область ишемического инсульта выделена розовым контуром.

**Очаги найденных патологий пронумерованы.**

Если не удалось выявить ни одной патологии, дополнительная серия с разметкой не формируется.

**Рис. 4.** Предварительное заключение сервиса ИИ. Заключение отражает процент вероятности наличия целевой патологии с указанием типа инсульта и его объема. При вовлечении зон бассейна кровоснабжения СМА автоматически вычисляется балл по шкале ASPECTS. Прилагается краткое руководство для пользователя.

После обработки изображения математическая модель «КТ головного мозга» предоставляет предварительное заключение на основе анализа данных, которое требует обязательной оценки врачом-рентгенологом (рис. 4). В обнаружении внутримозговых кровоизлияний математическая модель ИИ также выполняет цветное контурирование целевой патологии (гематомы) и рассчитывает ее объем в предварительном заключении, что существенно сокращает время на обработку данных врачом-рентгенологом (рис. 5,6).

**Обсуждение**

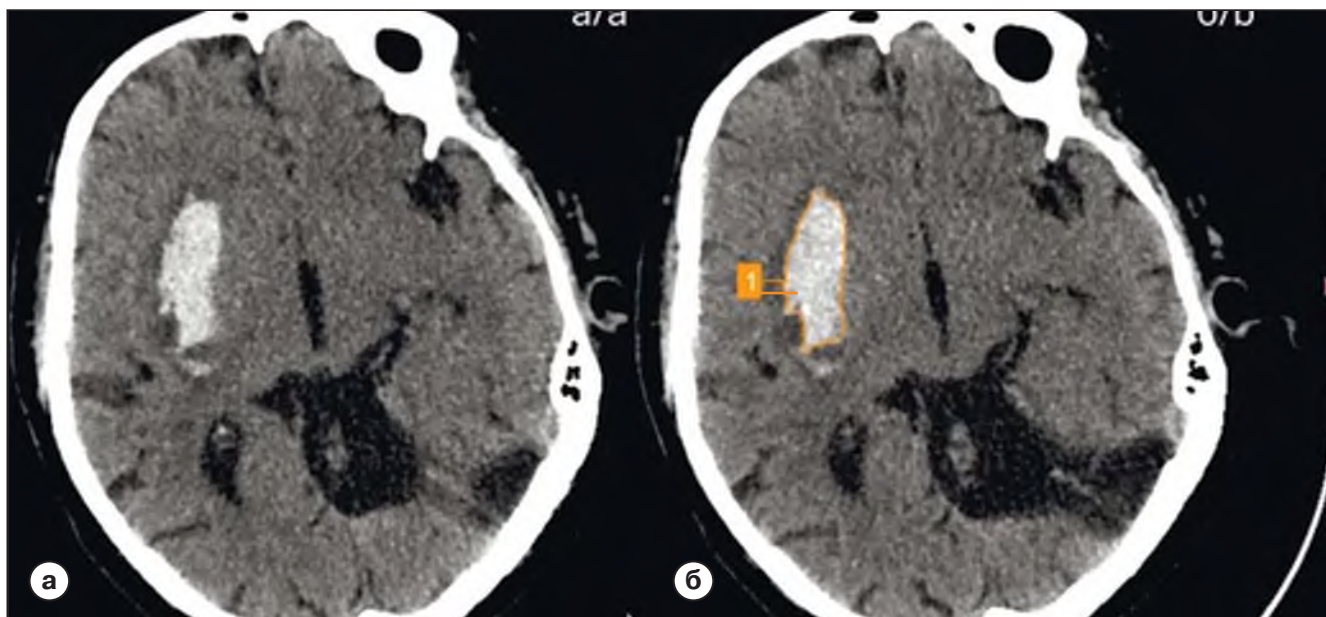
В современных реалиях технического прогресса компьютерной томографии головного мозга отведена главенствующая позиция в диагностике острого инсульта [5,6].

Выбор тактики лечения в первые сутки от момента возникновения клинической картины острого инсульта напрямую зависит от результатов КТ головного мозга, которая позволяет подтвердить наличие ОНМК, детализировать тип (ишемический или внутримозговое кровоизлияние) и судить об объёме поражения церебральной паренхимы, а, следовательно, принять решение о целесообразности тромболизиса.

В исследованиях ECASS II сообщалось, что эффективность и исход тромболизиса зависит от объема и площади поражения головного мозга при инсульте. Базируясь на выявленной корреляции, была создана шкала оценки ранних ишемических изменений головного мозга ASPECTS (Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score), отражающая топографию церебральной катастрофы [7,8]. Однако в практике, примене-

ние данной шкалы ограничено субъективностью интерпретатора, причем независимо от опыта специалиста. При анализе идентичного изображения несколькими независимыми рентгенологами разница оценки по шкале ASPECTS может достигать до 2-3 баллов, что вносит в свою очередь существенные коррективы в принятии тактики лечения [9]. В связи с этим алгоритмы нейросети в лучевой диагностике способны на сегодняшний день не только сократить рутинные действия врачей-рентгенологов, но и стандартизировать предварительную оценку распространенности патологических изменений, в том числе в обнаружении острых признаков патологии по шкале ASPECTS.

Здравоохранение в Российской Федерации за последние 10 лет претерпело существенные модификации на пути преобразования аналогового в цифровое, что явилось предиктором трансформации не только подходов в лучевой диагностике, но и методик оказания специализированной медицинской помощи. Учитывая прогностическую ценность каждой минуты у пациентов с ОНМК, и необходимость применения методов лучевой диагностики головного мозга, сервисы искусственного интеллекта в нейровизуализации способны повысить диагностическую эффективность в идентификации острых инсультов, снизив нагрузку на врачей-рентгенологов, которые не застрахованы от врачебной ошибки на фоне физической моральной усталости в течение суточных смен в стационарах экстренной помощи. Автоматизация рутинных действий и расчетов позволяет делегировать эти процессы сервису искусственного интеллекта и использовать врачебный временной и интеллектуальный ресурс для решения



**Рис. 5.** Результаты анализа изображения математической моделью ИИ. Нативная компьютерная томография. Аксиальные срезы.

а, б - оранжевым контуром моделью автоматически выделена целевая патология в виде внутримозговой гематомы в правом полушарии головного мозга. Вертикальный безунок с зонированием красным цветом соответствует срезам, на которых была обнаружена целевая патология. Цифрой (оранжевый цвет) маркируется количество обнаруженных патологических зон.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ СБЕРМЕДИИ:

**Модальность:** СТ

**Область исследования:** BRAIN

**Идентификатор исследования:** Дата и время формирования заключения

**ИИ-сервисом:** 09.08.2023, 17:44

**Предупреждение:** Только для исследовательских целей

**Наименование сервиса:** SberMedAI CT Stroke (HAEMOBRAIN)

**Версия сервиса:** 0.0.5

**Назначение сервиса:** Сервис осуществляет автоматическую диагностику внутримозговых кровоизлияний на безконтрастных КТ исследованиях головного мозга, а так же определяет степень тяжести патологии посредством расчета объемов.

**Технические данные:** Толщина срезоы = 1.

количество срезов = 339

**Данные по качеству срезов:** Дополнительная серия не диагностического качества.

**Описание:** Область внутримозгового кровоизлияния выделена оранжевым контуром с указанием уникального идентификатора.

**Вероятность патологии:** 0,93

**Тип кровоизлияния:** внутримозговое.

**Объём области внутримозгового кровоизлияния:** 19,6 см<sup>3</sup>

**Патологические находки локализованы на срезах:** 124-175

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружены признаки внутримозгового кровоизлияния, общим объемом 19,6 см<sup>3</sup>

**Вероятность патологии:** 0,93

**Тип кровоизлияния:** внутримозговое

**Объём области внутримозгового кровоизлияния:** 19,6 см<sup>3</sup>

**Патологические находки локализованы на срезах:** 124-175

#### ДЕТАЛИЗАЦИЯ НАХОДОК

**Объект 1:** Внутримозговое кровоизлияние, объём 19,6 см<sup>3</sup>, размеры 51x22x51 мм, срезы 124-175.

#### РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Очаги внутримозгового кровоизлияния выделены оранжевым контуром и пронумерованы. Если не удалось выявить ни одной патологии, в верхней части серии отображается сообщение об отсутствии патологии.

**Рис. 6.** Предварительное заключение сервиса ИИ. Заключение отражает процент вероятности наличия целевой патологии (кровоизлияния), указывает тип кровоизлияния и его объем. Прилагается краткое руководство для пользователя.

сложных диагностических задач. Кодификация исследований на норму и целевую патологию на доврачебном этапе позволяет снизить рабочую нагрузку на рентгенолога, что способствует повышению экономической эффективности ввиду возможности концентрироваться только на патологических изменениях и анализировать большее количество сложных исследований за смену.

Следующей ступенью эволюции моделей искусственного интеллекта в диагностике инсультов представляется симбиоз математической модели и радиомики, а именно акцентуация на биомаркерах изображения пациентов с ОНМК, с дальнейшим предсказанием течения и исхода инсульта [10,11]. При успешной апробации мы можем рассчитывать на возможность определения персонализированного риска осложнений у пациентов с

ОНМК. Основопологающим в развитии нейросетей в области лучевой диагностики является необходимость итогового заключения врачом-рентгенологом, так как создаваемые сервисы направлены на помощь принятия врачебных решения и снятия с квалифицированного персонала рутинных задач.

#### Заключение

Результаты нашей работы в клиническом тестировании комплексного алгоритма нейросети на статистически значимой группе пациентов показали, что диагностическая эффективность математической модели «КТ головного мозга» сопоставима с результатами оценки аналогичных изображений тремя независимыми врачами-специалистами. Разработанная

математическая модель комплексного сервиса искусственно-го интеллекта бесконтрастной КТ-диагностики острого ишемического и геморрагического инсультов на базе нейронных сетей глубокого обучения продемонстрировала клинически

применимый, релевантный результат. Важно отметить, что данные из набора, полученные от в процессе проведения ПКТИ, не использовались для обучения и калибровки модели СИИ «КТ головного мозга». ■

## Список литературы/References

1. Стулин И.Д., Мусин Р.С., Белоусов Ю.Б. Инсульт с точки зрения доказательной медицины. *Качественная клиническая практика*. 2003; 4: 100-118.

Stulin ID, Musin RS, Belousov YuB. Stroke from the point of view of evidence-based medicine. *High-quality clinical practice*. 2003; 4: 100-118 [In Russ].

2. Стаховская Л.В., Котов С.В. Инсульт. Практическое руководство для врачей. М.: МИА; 2013.

Stakhovskaya LV, Kotov SV. Stroke. A practical guide for doctors. M.: MIA; 2013 [In Russ].

3. Wardlaw JM, Seymour J, Cairns J, et al. Immediate computed tomography scanning of acute stroke is cost-effective and improves quality of life. *Stroke*. 2004; 35(911): 2477-2483.

<https://doi.org/10.1161/01.STR.0000143453.78005.44>

4. Wang S, Summers RM. Machine learning and radiology. *Med Image Anal*. 2012; 16(5): 933-951.

<https://doi.org/10.1016/j.media.2012.02.005>

5. Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *New England Journal of Medicine*. 2015; 372(1): 11-20.

<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1411587>

6. Прохорихин А.А., Байструков В.И., Бойков А.А. и др. Сравнительное исследование системы бесконтрастной КТ-диагностики острого ишемического инсульта на базе нейронных сетей глубокого обучения. *REJR*. 2020; 10(3):36-45.

Prokhorikhin AA, Baystrukov VI, Boykov AA, et al. Neural network-based system of acute stroke non-contrast computed

tomography diagnostics: a comparative study. *REJR*. 2020; 10(3): 36-45 [In Russ].

<https://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-3-36-45>

7. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *New England Journal of Medicine*. 2015; 372(11): 1019-1030.

<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414905>

8. Jovin TG, Chamorro A, Cobo E, et al. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke. *New England Journal of Medicine*. 2015; 372 (24): 2296-2306.

<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503780>

9. Chen Y, Li J, Xiao H, et al. Dual path networks. 31st Conference on Neural Information Processing Systems 2017; 4467-4475.

10. Zhang X, Liu J, Lu L, Shen D. Deep learningbased prognosis prediction for brain tumors using MRI. *Medical Image Analysis*. 2021; 66: 101957.

<https://doi.org/10.1016/j.media.2021.101957>

11. Труфанов Г.Е., Ефимцев А.Ю. Технологии искусственного интеллекта в МР-нейровизуализации. Взгляд рентгенолога. *Российский журнал персонализированной медицины*. 2023; 3(1): 6-17.

Trufanov GE, Efimtsev AYU. Artificial intelligence technology in MR neuroimaging. A radiologist's perspective. *Russian Journal for Personalized Medicine*. 2023; 3(1): 6-17 [In Russ].

<https://doi.org/10.18705/2782-3806-2023-3-1-6-17>

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:**

- МЕДВЕДЕВА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА** - [ORCID: 0000-0002-2371-5661]  
к.м.н., клинический эксперт ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;  
доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии,  
Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского,  
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет),  
119991 Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубецкая, 8 стр. 2;
- КАЗИЕВА МАРИЯМ ЮСУФОВНА** - [ORCID: 0009-0001-2875-0802]  
продуктовый менеджер ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;
- СИДОРОВА АННА АЛЕКСАНДРОВНА** - [ORCID: 0009-0002-9575-8297]  
врач-рентгенолог ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;
- ФИЛИМОНОВА НАТАЛЬЯ АНДРЕЕВНА** - [ORCID: 0009-0006-2514-2875]  
главный врач ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;
- КОХ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ** - [ORCID: 0000-0002-9257-0259]  
генеральный директор ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;
- СЕРОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА** - [ORCID: 0000-0002-7003-9387]  
д.м.н., член-корреспондент РАН,  
профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии,  
Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского,  
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет),  
119991 Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубецкая, 8 стр. 2;
- СОКОЛОВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА** - [ORCID: 0000-0002-9985-1328]  
продуктовый директор ООО «СберМедИИ»,  
121205 Российская Федерация, г. Москва, Большой бул., 30 стр. 1;
- ТАЛЫБОВ РУСТАМ САБИРОВИЧ** - [ORCID: 0000-0003-3820-2057]  
заведующий отделением лучевой диагностики,  
ГБУЗ Тюменской области «Областная клиническая больница №2»,  
625039 Российская Федерация, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 75.

**Конфликт интересов, информация о клинической базе и финансировании**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.  
Исследование проводилось с формированием данных на базе ГБУЗ Тюменской области  
«Областная Клиническая Больница №2 (ОКБ №2).