

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА/RADIATION DIAGNOSTICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.98> EDN: GHNGTU

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПОЧЕК

Научная статья

Сажина А.А.^{1,*}, Ратников В.А.², Удалов Ю.Д.³, Горелов В.П.⁴, Строкова Л.А.⁵, Степанова Ю.А.⁶¹ ORCID : 0009-0008-2843-6697;² ORCID : 0000-0002-9645-8408;³ ORCID : 0000-0002-9739-8478;⁴ ORCID : 0000-0003-4829-7029;⁵ ORCID : 0000-0002-2053-6502;⁶ ORCID : 0000-0001-6986-901X;^{1,3} Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Российская Федерация^{2,4,5} Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова ФМБА, Санкт-Петербург, Российская Федерация^{2,4,5} Федеральный научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА, Санкт-Петербург, Российская Федерация⁶ Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (anna_sazhina2000[at]mail.ru)

Предложена: 28.04.2026; Принята: 23.07.2026; Опубликовано: 17.08.2026

Аннотация

Цель исследования. Оценить практическую применимость цифровой модели поддержки принятия диагностических решений для стратификации риска злокачественного характера объемных образований почек на этапе первичной диагностики.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ данных 491 пациента с объемными образованиями почек, обследованных на базе одного медицинского центра. Были проанализированы клиничко-анамнестические и лучевые данные, включая пол, возраст, анамнез заболевания, результаты ультразвукового исследования, компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и сведения о сопутствующих заболеваниях. Ранее на основании указанных параметров была разработана прогностическая модель с использованием бинарной логистической регрессии и ROC-анализа, позволяющая рассчитывать вероятность злокачественного характера образования и относить пациента к одной из трех групп риска. Внешняя валидация модели была проведена на независимой выборке пациентов из другого медицинского учреждения.

Результаты. Разработанная модель обеспечивает количественную оценку вероятности злокачественного процесса и позволяет стратифицировать пациентов на группы низкого, промежуточного и высокого риска. Наибольшую прогностическую значимость имели признаки, полученные при компьютерной томографии ($r=0,640$; $p<0,001$) и ультразвуковом исследовании ($r=0,336$; $p<0,001$). Оптимальная для практического применения модель, включающая пол, анамнез, данные УЗИ и КТ, продемонстрировала хорошую дискриминационную способность: AUC 0,874 при 95% доверительном интервале 0,833–0,915. Пороговые значения вероятности для трехзонной стратификации риска составили 27,8% и 70,4%. В ходе внешней валидации на независимой выборке из 25 пациентов установлено, что в наблюдениях с дооперационным подозрением на рак почки и последующей морфологической верификацией доброкачественного характера образования модель относилась к промежуточной группе риска.

Заключение. Цифровая модель является инструментом поддержки принятия диагностических решений при первичной оценке объемных образований почек. Ее применение способствует систематизации клиничко-лучевых данных, повышению объективности интерпретации результатов и более обоснованному выбору тактики дообследования и маршрутизации пациентов. Результаты внешней валидации подтверждают клиническую значимость промежуточной зоны риска как категории диагностической неопределенности.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак, объемные образования почек, первичная диагностика, риск-стратификация, компьютерная томография, ультразвуковое исследование, цифровая модель, поддержка принятия решений, ROC-анализ, бинарная логистическая регрессия.

A DIGITAL MODEL TO SUPPORT DIAGNOSTIC DECISION-MAKING DURING THE INITIAL ASSESSMENT OF RENAL MASSES

Research article

Sazhina A.A.^{1,*}, Ratnikov V.A.², Udalov Y.D.³, Gorelov V.P.⁴, Strokov L.A.⁵, Stepanova Y.A.⁶¹ ORCID : 0009-0008-2843-6697;² ORCID : 0000-0002-9645-8408;³ ORCID : 0000-0002-9739-8478;⁴ ORCID : 0000-0003-4829-7029;

⁵ ORCID : 0000-0002-2053-6502;⁶ ORCID : 0000-0001-6986-901X;^{1,3} Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of The Federal Medical-Biological Agency, Moscow, Russian Federation^{2,4,5} Northwest Regional Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov of The Federal Medical-Biological Agency, Saint-Petersburg, Russian Federation^{2,4,5} Federal Scientific and Clinical Center of Infectious Diseases of the Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, Russian Federation⁶ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (anna_sazhina2000[at]mail.ru)

Suggested: 28.04.2026; Accepted: 23.07.2026; Published: 17.08.2026

Abstract

Research objective: To evaluate the practical applicability of a digital diagnostic decision-support model for the risk stratification of malignant renal masses at the stage of initial diagnosis.

Materials and methods. A retrospective analysis was conducted of data from 491 patients with renal masses who were examined at a single medical centre. Clinical, anamnestic and imaging data were analysed, including gender, age, medical history, the results of ultrasound, computed tomography and magnetic resonance imaging, and information on comorbidities. Previously, based on these parameters, a prognostic model was developed using binary logistic regression and ROC analysis, making it possible to calculate the probability of a mass being malignant and to classify patients into one of three risk groups. External validation of the model was carried out on an independent sample of patients from another medical institution.

Results. The developed model provides a quantitative estimate of the probability of malignancy and allows patients to be stratified into low-, intermediate- and high-risk groups. The traits obtained from computed tomography (CT) ($r = 0,640$; $p < 0,001$) and ultrasound ($r = 0,336$; $p < 0,001$). The model optimal for clinical use, incorporating gender, medical history, and ultrasound and CT data, demonstrated good discriminatory ability: an AUC of 0,874 with a 95% confidence interval of 0,833–0,915. The probability cut-off values for three-tier risk stratification were 27,8% and 70,4%. During external validation on an independent sample of 25 patients, it was found that in cases where renal cancer was suspected preoperatively but the lesion was subsequently confirmed to be benign, the model classified patients into the intermediate-risk group.

Conclusion. The digital model serves as a tool to support diagnostic decision-making during the initial assessment of renal masses. Its use contributes to the systematisation of clinical and radiological data, enhances the objectivity of result interpretation, and facilitates a more informed choice of further investigation strategies and patient referral pathways. The results of external validation confirm the clinical significance of the intermediate risk zone as a category of diagnostic uncertainty.

Keywords: renal cell carcinoma, renal masses, initial diagnosis, risk stratification, computed tomography, ultrasound, digital model, decision support, ROC analysis, binary logistic regression.

Введение

Злокачественные новообразования почки сохраняют высокую клиническую значимость как в мировой, так и в российской онкоурологической практике. По данным международной базы GLOBOCAN 2022, рак почки остается одной из значимых локализаций в структуре онкологической заболеваемости, а в российских клинических рекомендациях рак паренхимы почки рассматривается как актуальная проблема, требующая своевременной диагностики и корректной маршрутизации пациентов [1], [2].

В последние годы отмечается рост выявляемости объемных образований почек, что во многом связано с широким применением методов визуализации. Согласно рекомендациям Европейской ассоциации урологов, многие почечные образования длительное время остаются бессимптомными, а большинство опухолей почки выявляется случайно при выполнении неинвазивных методов визуализации по поводу неспецифических симптомов или других заболеваний органов брюшной полости [3]. Российские авторы также подчеркивают, что совершенствование ультразвукового исследования и компьютерной томографии привело к увеличению числа бессимптомных опухолей, диагностируемых на ранних стадиях [4].

Несмотря на развитие лучевой диагностики, дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных объемных образований почек по-прежнему остается сложной клинической задачей. Современные обзоры указывают, что основными методами визуализации при подозрении на почечно-клеточный рак остаются ультразвуковое исследование, компьютерная и магнитно-резонансная томография, однако даже при их комплексном использовании интерпретация ряда кистозных и солидных образований может быть неоднозначной [5]. По данным EAU, ключевым критерием при оценке солидных образований является накопление контраста, при этом визуализация позволяет точно охарактеризовать большинство, но не все почечные массы [3].

В современных публикациях подчеркивается, что развитие методов визуализации почечно-клеточного рака связано не только с совершенствованием стандартных протоколов КТ и МРТ, но и с внедрением новых диагностических подходов, включая двухэнергетическую КТ, мультипараметрическую МРТ, контраст-усиленное ультразвуковое исследование, молекулярную визуализацию, радиомику и методы искусственного интеллекта [7]. Эти технологии расширяют возможности неинвазивной характеристики почечных образований, однако их практическое применение требует стандартизации, воспроизводимости результатов и клинической валидации.

Дополнительные трудности связаны с тем, что существующие классификационные и лучевые подходы не всегда обеспечивают исчерпывающую индивидуальную оценку риска злокачественного процесса. В частности, даже обновленная классификация Bosniak version 2019, оставаясь важным инструментом оценки кистозных образований

почек, сохраняет ряд ограничений, связанных с воспроизводимостью и интерпретацией отдельных категорий [6]. При этом современные обзоры по новым методам диагностики почечно-клеточного рака указывают, что стандартизированные системы интерпретации изображений повышают сопоставимость заключений, но не устраняют полностью проблему неопределенности при оценке сложных кистозных и солидных образований [7].

Отдельное направление развития связано с применением искусственного интеллекта в визуализации почек. По данным современных обзоров, методы машинного обучения и радиомики могут использоваться для сегментации почек и опухолевых образований, дифференциации доброкачественных и злокачественных почечных масс, прогнозирования гистологического подтипа и оценки клинически значимых характеристик опухоли [8]. Вместе с тем большинство таких решений пока нуждается в дальнейшей внешней валидации, оценке устойчивости на независимых выборках и адаптации к реальным условиям клинической практики [8]. Это особенно важно для моделей поддержки принятия решений, поскольку их диагностическая ценность определяется не только статистическими показателями, но и возможностью безопасной интерпретации результата врачом.

Дополнительным аспектом проблемы является наличие категории неопределенных почечных образований, которые на этапе первичного выявления не могут быть уверенно отнесены к доброкачественным или злокачественным. В рекомендациях ACR Appropriateness Criteria® подчеркивается, что такие образования требуют выбора оптимального метода дообследования с учетом исходных данных визуализации, клинического контекста и диагностической задачи [9]. Это подтверждает необходимость разработки инструментов, способных не только фиксировать отдельные лучевые признаки, но и объединять их в клинически интерпретируемую систему оценки риска.

Наряду с традиционными методами визуализации в последние годы активно развиваются подходы, основанные на радиомике и искусственном интеллекте. Современные обзоры показывают, что такие методы могут применяться для количественного анализа изображений, отбора диагностически значимых признаков и классификации почечных образований, включая дифференциацию доброкачественных и злокачественных поражений [10]. Вместе с тем их внедрение в клиническую практику ограничивается необходимостью стандартизации протоколов, внешней валидации моделей и оценки воспроизводимости результатов на независимых выборках.

Значимость комплексной лучевой оценки также определяется гетерогенностью почечно-клеточного рака. Различные гистологические подтипы опухоли могут отличаться по данным компьютерной и магнитно-резонансной томографии, а также по клиническому поведению, прогнозу и ответу на лечение [11]. В связи с этим интеграция клинико-анамнестических данных и результатов визуализации в единую прогностическую модель представляется перспективным направлением для повышения объективности первичной диагностики и обоснования дальнейшей маршрутизации пациентов.

Таким образом, в клинической практике врачу необходим не просто набор отдельных лучевых признаков, а инструмент, позволяющий объединить клинико-анамнестические и лучевые данные в единую количественную оценку риска. Необходимость повышения объективности первичной диагностики и совершенствования маршрутизации пациентов подчеркивается в российских и европейских клинических рекомендациях [2], [3]. Вместе с тем результаты современных исследований свидетельствуют, что даже при использовании современных методов визуализации сохраняются сложности дифференциальной диагностики отдельных объемных образований почек [4], [5]. В качестве одного из перспективных направлений решения данной проблемы рассматриваются цифровые технологии, включая методы искусственного интеллекта и системы поддержки принятия диагностических решений [7], [8].

Материалы и методы

В исследование включены пациенты, обследованные по поводу объемных образований почек на базе ГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в период с 2012 по 2026 год. Критериями включения являлись наличие выявленного объемного образования почки по данным лучевых методов диагностики (УЗИ, КТ, МРТ) и наличие морфологической верификации объемного образования. В исследование вошли данные по 491 пациенту. Из которых было 292 (59,5%) мужчин и 199 (40,5%) женщин. В основную группу было в 383 пациента, из которых мужчин было 234 (61,1%) и 149 женщин (38,9%). В контрольную группу вошли 108 пациентов, где мужчин было 58 (53,7%), женщин — 50 (46,3%). Медиана возраста всех пациентов составила 61 год (53,0;68,0).

У всех пациентов были проанализированы клинико-анамнестические и лучевые данные, включая пол, возраст, анамнез заболевания, результаты ультразвукового исследования, компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, а также наличие сопутствующих заболеваний. На основании полученной информации была сформирована структурированная база данных. Для включения в регрессионную модель категориальные клинико-анамнестические и лучевые признаки были предварительно закодированы в виде порядковых числовых значений. Кодирование выполнялось с учетом клинической значимости признаков и степени их ассоциации с вероятностью злокачественного характера объемного образования почки. Полученные числовые значения использовались в качестве независимых переменных при построении модели бинарной логистической регрессии.

В данном исследовании анализ межэкспертной воспроизводимости (интерпретационного согласия) целенаправленно не проводился, поскольку в структуру цифровой модели были включены исключительно жестко стандартизированные, объективные и бинарные/дискретные критерии. Такие параметры, как пол и анамнез заболевания, обладают абсолютной воспроизводимостью по определению. В свою очередь, лучевые предикторы (результаты УЗИ и КТ) оценивались строго в соответствии с международными стандартизированными протоколами и классификационными системами, принятыми в рутинной практике нашего и стороннего учреждений. В спорных или неоднозначных случаях интерпретация лучевых признаков (выставление весов УЗИ и КТ) осуществлялась коллегиально, путем достижения консенсуса между двумя экспертами (врачами-рентгенологами со стажем работы более 10 лет). Подобный дизайн исследования позволил изначально нивелировать индивидуальную субъективность

оценок и обеспечить высокую внутреннюю стабильность параметров, подаваемых на вход цифровой модели, без необходимости проведения формального межоператорского тестирования

Перед проведением статистического анализа характер распределения количественных переменных оценивали с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Поскольку исследуемые показатели не соответствовали нормальному распределению, для описания количественных данных использовали медиану и межквартильный интервал, а для оценки связи между признаками и исследуемыми исходами применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимыми считали различия и корреляции при значении $p < 0,05$.

Ранее на основе полученных клинико-анамнестических и лучевых данных была разработана прогностическая модель оценки вероятности злокачественного характера объемного образования почки с использованием метода бинарной логистической регрессии. Диагностическую эффективность модели оценивали с помощью ROC-анализа с расчетом площади под кривой.

Для оценки диагностической эффективности модели рассчитывали площадь под ROC-кривой (AUC) и 95% доверительные интервалы; при формировании решающего правила для формирования трехзонной системы стратификации риска использовали пороговые значения вероятности, соответствующие границам низкого, промежуточного и высокого риск.

Описание модели и принцип стратификации

Разработанная цифровая модель предназначена для количественной оценки вероятности злокачественного характера объемного образования почки на основании совокупности клинико-анамнестических и лучевых данных пациента. В качестве исходной информации используются пол, анамнез заболевания, результаты ультразвукового исследования и компьютерной томографии. На основе интеграции указанных параметров модель рассчитывает индивидуальную вероятность злокачественного процесса.

Расчет вероятности выполнялся с использованием логистической функции:

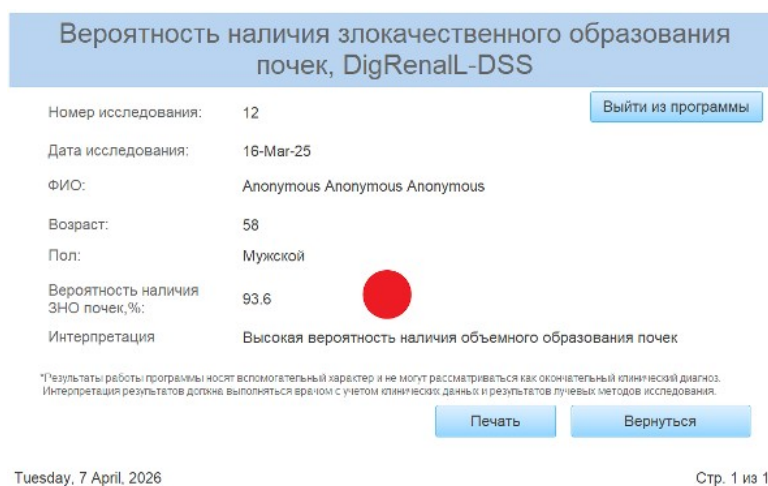
$$p = 1 / (1 + e^{-z}),$$

где p — расчетная вероятность злокачественного характера образования почки; e — основание натуральных логарифмов; z — линейная комбинация включенных в модель предикторов.

Для оптимальной модели, выбранной для практического применения, линейная часть уравнения имела следующий вид:

$$z = -4,375 + 0,622 \times \text{вес пола} + 0,255 \times \text{вес анамнеза} + 0,229 \times \text{вес УЗИ} + 1,156 \times \text{вес КТ}.$$

Практическая реализация модели предусматривает ввод закодированных клинико-анамнестических и лучевых параметров с последующим автоматическим расчетом индивидуальной вероятности злокачественного характера образования почки (рис. 1).



Вероятность наличия злокачественного образования почек, DigRenalL-DSS

Номер исследования:	12	Выйти из программы
Дата исследования:	16-Mar-25	
ФИО:	Anonymous Anonymous Anonymous	
Возраст:	58	
Пол:	Мужской	
Вероятность наличия ЗНО почек, %:	93.6	
Интерпретация	Высокая вероятность наличия объемного образования почек	

*Результаты работы программы носят вспомогательный характер и не могут рассматриваться как окончательный клинический диагноз. Интерпретация результатов должна выполняться врачом с учетом клинических данных и результатов лучевых методов исследования.

[Печать](#) [Вернуться](#)

Tuesday, 7 April, 2026 Стр. 1 из 1

Рисунок 1 - Пример интерфейса цифровой модели для расчета вероятности злокачественного характера объемного образования почки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.98.1>

Оптимальная модель для практического применения, включающая пол, анамнез, результаты ультразвукового исследования и компьютерной томографии, продемонстрировала AUC 0,874 при 95% доверительном интервале 0,833–0,915, что соответствует хорошей дискриминационной способности.

Практическая интерпретация результатов модели основана на трехуровневой стратификации риска. Зеленая зона соответствует низкой вероятности злокачественного характера объемного образования почки и может рассматриваться как ориентир в пользу менее агрессивной диагностической тактики при обязательном учете полной клинической картины. Желтая зона отражает промежуточный риск и категорию диагностической неопределенности, при которой требуется дополнительное уточнение характера образования, включая углубленное лучевое обследование и

экспертную оценку. Красная зона соответствует высокой вероятности злокачественного процесса и указывает на необходимость повышенной онкологической настороженности и приоритетной онкоурологической маршрутизации.

Согласно разработанному пороговому правилу, при значении вероятности $p \leq 27,8\%$ пациент относится к группе низкого риска, при $27,8\% < p < 70,4\%$ — к группе промежуточного риска, а при $p \geq 70,4\%$ — к группе высокого риска. Указанные пороговые значения были определены на основании ROC-анализа и использованы для формирования трехуровневой схемы стратификации риска. Использование такой схемы делает результаты модели более наглядными, облегчает клиническую интерпретацию и позволяет применять ее как инструмент поддержки принятия решений при первичной оценке объемных образований почек (табл. 1).

Таблица 1 - Интерпретация расчетной вероятности злокачественного характера объемного образования почки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.98.2>

Расчетная вероятность	Группа риска	Клиническая интерпретация	Возможное клиническое действие
$p \leq 27,8\%$	Низкий риск	Низкая вероятность злокачественного характера образования	Динамическое наблюдение / плановое уточнение с учетом клинической картины
$27,8\% < p < 70,4\%$	Промежуточный риск	Диагностическая неопределенность	Углубленное лучевое обследование, экспертная оценка
$p \geq 70,4\%$	Высокий риск	Высокая онкологическая настороженность	Приоритетная онкоурологическая маршрутизация

Результаты применения модели

Применение разработанной цифровой модели показало, что она позволяет не только рассчитывать индивидуальную вероятность злокачественного характера объемного образования почки, но и стратифицировать пациентов по степени онкологической настороженности. Практическая ценность такого подхода заключается в переводе разрозненных клинико-анамнестических и лучевых данных в единый интерпретируемый показатель риска, который может быть использован для поддержки принятия диагностических решений на этапе первичного выявления образования.

Разработанные модели продемонстрировали диагностическую эффективность от AUC 0,835 до 0,883. Наибольшее значение площади под ROC-кривой было получено для полной модели, включающей пол, возраст, анамнез, данные УЗИ, КТ, МРТ и сопутствующие заболевания (AUC 0,883; 95% ДИ 0,844–0,922). Вместе с тем в качестве оптимальной для практического применения была выбрана упрощенная модель, включающая пол, анамнез, данные УЗИ и КТ, обладающая высокой разделительной способностью (AUC 0,874; 95% ДИ 0,833–0,915).

Анализ структуры модели показал, что наибольший вклад в итоговую оценку вероятности злокачественного процесса вносят признаки, полученные при компьютерной томографии и ультразвуковом исследовании. Корреляционный анализ продемонстрировал, что наибольшую прогностическую значимость имеют КТ-признаки ($r=0,640$; $p<0,001$) и данные УЗИ ($r=0,336$; $p<0,001$). Возраст имел слабую, хотя и статистически значимую связь с вероятностью злокачественного процесса ($r=0,102$; $p=0,023$), а сопутствующие заболевания — слабую положительную корреляцию ($r=0,154$; $p=0,001$). Это подтверждает ведущую роль лучевых методов в системе риск-стратификации при вспомогательном значении клинико-анамнестических факторов.

С практической точки зрения особое значение имеет выделение промежуточной группы риска. Желтая зона отражает ситуацию диагностической неопределенности, при которой имеющиеся данные не позволяют с достаточной уверенностью отнести пациента ни к группе низкого, ни к группе высокого риска. Именно эта категория представляет наибольший интерес для клинической практики, поскольку требует проведения уточняющей диагностики, более детального анализа лучевых признаков и, при необходимости, экспертного пересмотра результатов обследования.

В рамках внешней валидации, проведенной на независимой выборке пациентов из другого медицинского учреждения (федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»), были проанализированы 25 анонимизированных историй болезни. Из них у 3 дооперационно был установлен диагноз рака почки, однако по данным послеоперационного морфологического исследования образования оказались доброкачественными (табл. 2). Во всех этих наблюдениях разработанная модель относилась пациентов к промежуточной группе риска. Полученные данные подтверждают клиническую значимость желтой зоны как категории диагностической неопределенности и показывают, что модель в подобных случаях не формирует преждевременно категоричное заключение о злокачественном характере образования, а указывает на необходимость дополнительного диагностического уточнения.

Таблица 2 - Примеры применения цифровой модели при внешней валидации в наблюдениях с расхождением между дооперационной диагностикой и морфологическим заключением

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.98.3>

№ наблюдения	Дооперационная лучевая интерпретация	Послеоперационное морфологическое заключение	Расчетная вероятность злокачественного характера образования, %	Категория риска по модели	Клиническая интерпретация
1	Подозрение на рак почки	Ангиомиолипома без жирового компонента	41,7	Промежуточный риск	Требуется дополнительное диагностическое уточнение
2			48		
3			53,7		

Таблица 3 - Результаты внешней валидации модели

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.98.4>

Категория риска по модели	Число пациентов	Морфологически подтвержденные злокачественные образования	Морфологически подтвержденные доброкачественные образования
Низкий риск	0	0	0
Промежуточный риск	3	0	3
Высокий риск	22	22	0
Всего	25	22	3

Сводный анализ результатов внешней валидации представлен в таблице 3. Из 25 пациентов внешней выборки 22 были отнесены моделью к группе высокого риска, при этом во всех случаях злокачественный характер образования был подтвержден морфологически. Три пациента были отнесены к промежуточной группе риска; во всех наблюдениях послеоперационное морфологическое исследование подтвердило доброкачественный характер образования.

Использование трехуровневой системы интерпретации результатов упрощает клиническую оценку разнородной информации и делает итоговое заключение более наглядным. Врач получает не только числовую вероятность злокачественного процесса, но и клинически понятную категорию риска, которая может быть использована для выбора дальнейшей тактики обследования и маршрутизации пациента. Таким образом, модель выполняет не только прогностическую, но и прикладную навигационную функцию, облегчая работу с комплексом клиничко-лучевых данных в условиях повседневной практики.

Интерпретация зон риска

Практическая значимость разработанной модели определяется не только возможностью количественного расчета вероятности злокачественного процесса, но и клинически понятной интерпретацией полученного результата. Выделение трех зон риска позволяет использовать модель как инструмент поддержки принятия диагностических решений на этапе первичной оценки объемных образований почек.

Низкий риск. К группе низкого риска относятся пациенты, у которых расчетная вероятность злокачественного характера объемного образования почки находится в пределах зеленой зоны. Такая категория отражает относительно невысокую вероятность злокачественного процесса. В подобных случаях возможно динамическое наблюдение, плановое уточнение характера образования и дальнейшее ведение пациента в соответствии с клинической картиной, данными визуализации и общим соматическим статусом. При этом отнесение пациента к низкому риску не исключает клинической оценки и не отменяет необходимости индивидуального подхода.

Промежуточный риск. Желтая зона соответствует промежуточному, или неопределенному, риску злокачественного характера образования. Данная группа имеет наибольшее практическое значение, поскольку именно в ней сохраняется диагностическая неопределенность. В таких случаях требуется углубленная диагностика, сопоставление клинических и лучевых данных, а при необходимости — дополнительное обследование экспертного уровня. Использование модели в этой категории позволяет не столько дать окончательный ответ, сколько своевременно выделить пациентов, нуждающихся в уточняющей диагностической тактике.

Высокий риск. К группе высокого риска относятся пациенты, у которых расчетная вероятность злокачественного процесса соответствует красной зоне. Такое заключение указывает на высокую степень онкологической настороженности и должно рассматриваться как основание для приоритетной онкоурологической маршрутизации, уточнения объема дальнейшего обследования и определения лечебно-диагностической тактики. Вместе с тем результат модели не должен интерпретироваться изолированно и требует обязательного учета полной клинической картины, данных лучевых методов и мнения профильного специалиста.

Таким образом, трехуровневая интерпретация результатов обеспечивает клинически удобный формат представления расчетной вероятности и делает применение модели более практико-ориентированным. Модель не заменяет решения врача, а служит дополнительным инструментом систематизации данных и поддержки выбора дальнейшей диагностической тактики.

Практические рекомендации

Разработанную цифровую модель целесообразно использовать на этапе первичного выявления объемных образований почек как вспомогательный инструмент поддержки принятия диагностических решений. Ее применение позволяет систематизировать клиничко-анамнестические и лучевые данные, представив их в виде единой количественной оценки риска злокачественного процесса, что особенно важно в ситуациях, когда отдельные признаки требуют комплексной интерпретации.

Наибольшая практическая ценность модели заключается в возможности перевода разрозненных диагностических параметров в клинически понятную систему риск-стратификации. Такой подход способствует повышению

объективности первичной оценки объемного образования почки и может быть полезен как при работе в специализированном стационаре, так и при маршрутизации пациента на последующие этапы обследования.

Использование модели представляется особенно целесообразным в случаях неоднозначной интерпретации лучевых признаков, когда изолированная оценка результатов ультразвукового исследования, компьютерной томографии или сопутствующих клинических данных не позволяет с достаточной уверенностью определить степень онкологической настороженности. В таких ситуациях интегральный расчет вероятности злокачественного характера образования может служить дополнительным ориентиром при выборе дальнейшей диагностической тактики.

Особое внимание следует уделять пациентам, отнесенным к промежуточной группе риска. Клиническая значимость данной категории подтверждается результатами внешней валидации: в наблюдениях с дооперационным подозрением на рак почки и последующей морфологической верификацией доброкачественного характера образования модель относилась пациентов именно к промежуточной зоне риска. Результаты внешней валидации показали, что именно к данной категории могут относиться наблюдения с дооперационным подозрением на рак почки и последующей морфологической верификацией доброкачественного характера образования. Желтая зона должна рассматриваться как основание для расширенного дообследования, более детального сопоставления клинических и лучевых данных, а при необходимости — привлечения специалистов экспертного уровня. Именно эта категория пациентов в наибольшей степени нуждается в уточняющей диагностике, поскольку сохраняющаяся неопределенность не позволяет ограничиться ни наблюдением, ни однозначной трактовкой высокого онкологического риска.

При этом разработанная модель не заменяет клиническое решение врача и не должна рассматриваться как самостоятельный критерий выбора лечебной тактики. Ее значение состоит в поддержке стратификации риска, стандартизации интерпретации данных и повышении обоснованности дальнейших диагностических действий. Окончательное заключение должно формироваться на основании совокупности клинической картины, данных визуализации, лабораторных показателей и, при наличии, морфологической верификации.

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации полученных результатов.

Основным ограничением текущего этапа работы является сравнительно небольшой объем выборки, использованной для внешней валидации модели ($n = 25$), а также ее проведение на базе одного стороннего медицинского учреждения. Данный объем группы наблюдения является недостаточным для прецизионного (высокоточного) расчета классических операционных характеристик модели, таких как чувствительность, специфичность и площадь под ROC-кривой (AUC-ROC), из-за формирования избыточно широких доверительных интервалов.

Тем не менее, текущая выборка клинически полезна в качестве пилотной оценки (pilot study). Она позволила первично верифицировать поведение алгоритма в условиях независимой клинической практики и продемонстрировала его высокую устойчивость: в сложных диагностических случаях с послеоперационным расхождением диагнозов модель корректно относилась пациентов в промежуточную («желтую») зону риска, избегая ложноположительной категоризации.

Основное внимание в настоящем исследовании было уделено разработке модели, оценке ее дискриминационной способности с использованием ROC-анализа и формированию клинически интерпретируемой системы риск-стратификации. Анализ калибровки прогнозируемых вероятностей не проводился, что не позволяет оценить степень соответствия расчетной вероятности злокачественного процесса фактической частоте его выявления. Проведение анализа калибровки представляется перспективным направлением дальнейших исследований.

Следующим этапом работы планируется проведение масштабного многоцентрового исследования по внешней валидации на репрезентативной выборке, включающей не менее 200 пациентов (минимум 100 случаев со злокачественным и 100 — с доброкачественным характером образований почки). Это позволит не только получить статистически значимые оценки диагностической эффективности модели в соответствии с международными стандартами TRIPOD, но и провести углубленный анализ калибровки (calibration plot) для окончательной верификации точности расчета индивидуальных рисков.

Заключение

Разработанная цифровая модель количественной оценки вероятности злокачественного характера объемных образований почек может рассматриваться как дополнительный инструмент поддержки принятия диагностических решений на этапе первичного обследования пациента. Ее применение позволяет не только рассчитать индивидуальную вероятность злокачественного процесса, но и представить результат в клинически интерпретируемом формате стратификации риска.

Полученные данные подтверждают ведущую роль лучевых методов исследования в дифференциальной диагностике объемных образований почек. Наибольшей прогностической значимостью в модели обладали признаки, полученные при компьютерной томографии и ультразвуковом исследовании, что согласуется с их ключевым значением при первичной оценке характера почечного образования. Оптимальная для практического применения модель, включающая пол пациента, данные анамнеза, результаты ультразвукового исследования и компьютерной томографии, продемонстрировала хорошую дискриминационную способность: AUC составила 0,874 при 95% доверительном интервале 0,833–0,915.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности распределения пациентов на группы низкого, промежуточного и высокого риска на основании пороговых значений расчетной вероятности 27,8% и 70,4%. Такой формат представления результатов повышает удобство клинической интерпретации модели и может



использоваться для обоснования дальнейшей диагностической тактики, включая углубленное обследование, экспертную оценку данных лучевой диагностики или динамическое наблюдение.

Особое значение имеет промежуточная зона риска, отражающая категорию диагностической неопределенности. Результаты внешней валидации на независимой выборке из 25 пациентов показали, что данная зона может быть клинически полезной в наблюдениях с расхождением между дооперационной лучевой интерпретацией и последующим морфологическим заключением. В таких случаях модель позволяет выделить пациентов, нуждающихся в дополнительном диагностическом уточнении, без преждевременной категоризации образования как доброкачественного или злокачественного.

Таким образом, предложенная цифровая модель не заменяет клиническое решение врача и экспертное радиологическое заключение, однако может способствовать повышению воспроизводимости оценки риска, систематизации клинических данных и более обоснованной маршрутизации пациентов с объемными образованиями почек. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение внешней валидации модели, оценку ее устойчивости в различных клинических условиях и определение возможностей интеграции в практические алгоритмы первичной диагностики.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Bray F. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray, M. Laversanne, H. Sung [et al.] // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2024. — Vol. 74. — № 3. — P. 229–263. — DOI: 10.3322/caac.21834.
2. Рак паренхимы почки : клинические рекомендации. — 2025. — URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/10_5 (дата обращения: 27.04.2026).
3. Bex A. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: the 2025 update / A. Bex, L. Albiges, B. Ljungberg [et al.] // European Urology. — 2025. — DOI: 10.1016/j.eururo.2025.02.020.
4. Воробьев В.А. Обзор диссертационных исследований и инноваций в российской науке (2012–2024), посвященных злокачественным новообразованиям почки / В.А. Воробьев, Д.С. Мицкевич, О.В. Бакланова [и др.] // Онкоурология. — 2025. — Т. 21. — № 3. — С. 157–169. — DOI: 10.17650/1726-9776-2025-21-3-157-169.
5. Woon D. Imaging in renal cell carcinoma detection / D. Woon, Sh. Qin, A. Al-Khanaty [et al.] // Diagnostics. — 2024. — Vol. 14. — № 18. — DOI: 10.3390/diagnostics14182105.
6. Brandi N. Bosniak classification of cystic renal masses: looking back, looking forward / N. Brandi, C. Mosconi, E. Giampalma [et al.] // Academic Radiology. — 2024. — DOI: 10.1016/j.acra.2023.12.019.
7. Bellin M.-F. Update on renal cell carcinoma diagnosis with novel imaging approaches / M.-F. Bellin, C. Valente, O. Bekdache [et al.] // Cancers. — 2024. — Vol. 16. — № 10. — DOI: 10.3390/cancers16101926.
8. Sheikhy A. State of the art review of AI in renal imaging / A. Sheikhy, F. Dehghani Firouzabadi, N. Lay [et al.] // Abdominal Radiology. — 2025. — Vol. 50. — № 11. — P. 5305–5323. — DOI: 10.1007/s00261-025-04963-3.
9. Wang Z.J. ACR Appropriateness Criteria® indeterminate renal mass / Z.J. Wang, P. Nikolaidis, G. Khatri [et al.] // Journal of the American College of Radiology. — 2020. — Vol. 17. — № 11S. — P. S415–S428. — DOI: 10.1016/j.jacr.2020.09.010.
10. Cellina M. Radiomics and artificial intelligence in renal lesion characterization: current status and future directions / M. Cellina, M. Cè, G. Irmici [et al.] // Critical Reviews in Oncogenesis. — 2024. — Vol. 29. — № 2. — P. 65–75. — DOI: 10.1615/CritRevOncog.2023051084.
11. Baytok A. Computed tomography and magnetic resonance imaging characteristics of renal cell carcinoma: differences between subtypes and clinical evaluation / A. Baytok, G. Ecer, M. Balasar [et al.] // Journal of Clinical Imaging Science. — 2025. — Vol. 15. — DOI: 10.25259/JCIS_160_2024.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bray F. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray, M. Laversanne, H. Sung [et al.] // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2024. — Vol. 74. — № 3. — P. 229–263. — DOI: 10.3322/caac.21834.
2. Rak parenhimy pochki [Renal parenchymal cancer] : clinical guidelines. — 2025. — URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/10_5 (accessed: 27.04.2026). [in Russian]
3. Bex A. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: the 2025 update / A. Bex, L. Albiges, B. Ljungberg [et al.] // European Urology. — 2025. — DOI: 10.1016/j.eururo.2025.02.020.
4. Vorobyov V.A. Obzor dissertacionnykh issledovanij i innovacij v rossijskoj nauke (2012–2024), posvyashchennykh zlokachestvennym novoobrazovaniyam pochki [Narrative review of dissertation research and innovations in Russian science



- (2012-2024) on malignant kidney tumors] / V.A. Vorobyov, D.S. Mitskevich, O.V. Baklanova [et al.] // *Onkourologiya* [Cancer urology]. — 2025. — Vol. 21. — № 3. — P. 157–169. — DOI: 10.17650/1726-9776-2025-21-3-157-169. [in Russian]
5. Woon D. Imaging in renal cell carcinoma detection / D. Woon., Sh. Qin, A. Al-Khanaty [et al.] // *Diagnostics*. — 2024. — Vol. 14. — № 18. — DOI: 10.3390/diagnostics14182105.
6. Brandi N. Bosniak classification of cystic renal masses: looking back, looking forward / N. Brandi, C. Mosconi, E. Giampalma [et al.] // *Academic Radiology*. — 2024. — DOI: 10.1016/j.acra.2023.12.019.
7. Bellin M.-F. Update on renal cell carcinoma diagnosis with novel imaging approaches / M.-F. Bellin, C. Valente, O. Bekdache [et al.] // *Cancers*. — 2024. — Vol. 16. — № 10. — DOI: 10.3390/cancers16101926.
8. Sheikhy A. State of the art review of AI in renal imaging / A. Sheikhy, F. Dehghani Firouzabadi, N. Lay [et al.] // *Abdominal Radiology*. — 2025. — Vol. 50. — № 11. — P. 5305–5323. — DOI: 10.1007/s00261-025-04963-3.
9. Wang Z.J. ACR Appropriateness Criteria® indeterminate renal mass / Z.J. Wang, P. Nikolaidis, G. Khatri [et al.] // *Journal of the American College of Radiology*. — 2020. — Vol. 17. — № 11S. — P. S415–S428. — DOI: 10.1016/j.jacr.2020.09.010.
10. Cellina M. Radiomics and artificial intelligence in renal lesion characterization: current status and future directions / M. Cellina, M. Cè, G. Irmici [et al.] // *Critical Reviews in Oncogenesis*. — 2024. — Vol. 29. — № 2. — P. 65–75. — DOI: 10.1615/CritRevOncog.2023051084.
11. Baytok A. Computed tomography and magnetic resonance imaging characteristics of renal cell carcinoma: differences between subtypes and clinical evaluation / A. Baytok, G. Ecer, M. Balasar [et al.] // *Journal of Clinical Imaging Science*. — 2025. — Vol. 15. — DOI: 10.25259/JCIS_160_2024.