Юлдашев Бахром Эргашевич – доцент
Саманова Гузал Баратовна – ассистент
Ташкентский Государственный медицинский университет (Ташкент, Узбекистан)

МОДИФИЦИРОВАННАЯ БАЛЛЬНАЯ ШКАЛА СТРАТИФИКАЦИИ РИСКА В МАММОЛОГИИ: РАЗРАБОТКА И КЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Аннотация. *Ранняя диагностика заболеваний молочной железы остаётся одной из ключевых задач маммологии. Балльные системы позволяют стандартизировать оценку рисков и повышают точность выявления патологий. В данной работе разработана модифицированная балльная шкала (МБШ), учитывающая рентгенологические признаки, плотность тканей, клинические симптомы и возрастные факторы. Проведен анализ эффективности шкалы на выборке из 100 пациентов с различными состояниями молочной железы. Результаты показали, что МБШ повышает точность стратификации риска, выделяя группы низкого, среднего и высокого риска, что подтверждается ROC-анализом (AUC = 0,85). Модифицированная шкала может быть интегрирована в клиническую практику для стандартизированной оценки пациентов.*

Ключевые слова: *маммология, балльная шкала, стратификация риска, BI-RADS, диагностика молочной железы.*

Bakhram Ergashevich Yuldashev – associate professor
Guzal Baratovna Samanova – assistant
Tashkent State Medical University (Tashkent, Uzbekistan)

MODIFIED POINT-BASED RISK STRATIFICATION SCALE IN MAMMOLOGY: DEVELOPMENT AND CLINICAL EVALUATION

Abstract*. Early diagnosis of breast diseases remains one of the key challenges in mammology. Point-based scoring systems make it possible to standardize risk assessment and increase the accuracy of pathology detection. In this study, a modified point-based scale (MPS) was developed, taking into account radiological signs, tissue density, clinical symptoms, and age-related factors. The effectiveness of the scale was analyzed in a sample of 100 patients with various breast conditions. The results showed that the MPS improves the accuracy of risk stratification by identifying low-, medium-, and high-risk groups, which is confirmed by ROC analysis (AUC = 0.85). The modified scale can be integrated into clinical practice for standardized patient assessment.*

Keywords: *mammology, scoring scale, risk stratification, BI-RADS, breast diagnostics.*

Yuldashev Baxrom Ergashovich – dotsent
Samanova Go'zal Baratovna – assistent
Toshkent davlat tibbiyot universiteti (Toshkent, O'zbekiston)

MAMMOLOGIYADA XAVFNI STRATIFIKATSIYA QILISHNING MODIFIKATSIYALANGAN BALLI SHKALASI: ISHLAB CHIQISH VA KLINIK BAHOLASH

Annotatsiya*. Ko'krak bezi kasalliklarini erta aniqlash mammologiyaning eng muhim vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda. Balli baholash tizimlari xavfni baholashni standartlashtirishga va patologiyalarni aniqlash aniqligini oshirishga yordam beradi. Ushbu ishda rentgenologik belgilar, to'qima zichligi, klinik simptomlar va yosh omillarini hisobga oluvchi modifikatsiyalangan balli shkala (MBSh) ishlab chiqildi. Shkalaning samaradorligi turli ko'krak bezi holatlariga ega bo'lgan 100 nafar bemor namunasi asosida tahlil qilindi. Natijalar MBSh xavfni stratifikatsiya qilish aniqligini oshirishini ko'rsatdi hamda past, o'rta va yuqori xavf guruhlarini ajratib berishini tasdiqladi, bu ROC tahlili bilan ham isbotlandi (AUC = 0,85). Modifikatsiyalangan shkala bemorlarni standart baholash uchun klinik amaliyotga joriy etilishi mumkin.*

Kalit so'zlar: *mammologiya, balli shkala, xavfni stratifikatsiya qilish, BI-RADS, ko'krak bezi diagnostikasi.*

Введение.

Рак молочной железы (РМЖ) остаётся ведущей причиной онкологической заболеваемости и смертности среди женщин в Узбекистане и мире. По данным ВОЗ, ежегодно регистрируется более 2,3 млн новых случаев, с летальностью до 15–20% на ранних стадиях из-за неоптимальной стратификации риска. В клинической практике маммография с категоризацией BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System) является золотым стандартом, однако её субъективность приводит к вариабельности интерпретаций (до 20–30% расхождений между радиологами) и недооценке риска в плотных тканях [4, 7].

Модифицированные шкалы риска, интегрирующие плотность тканей (A–D по BI-RADS),

весовые коэффициенты и логистическую регрессию, демонстрируют superiorность над базовыми системами. Например, Yokohama + BI-RADS повышает AUC ROC до 0.85–0.90, а комбинации с Tyrer-Cuzick моделями — до 0.87. В локальных исследованиях Узбекистана BI-RADS 4–5 выявляет рак в 25–60% случаев, но ложноположительные результаты достигают 40%, что нагружает систему здравоохранения.

Несмотря на прогресс, отсутствуют адаптированные шкалы для узбекской популяции с учётом этнических особенностей плотности тканей (выше в азиатских группах).

Цель настоящего исследования - разработка и валидация модифицированной балльной шкалы стратификации риска РМЖ на основе BI-RADS, плотности и мультифакторного скоринга для повышения точности предикции в клинической практике.

Заболевания молочной железы, включая доброкачественные и злокачественные процессы, остаются одной из ведущих причин заболеваемости и смертности среди женщин во всём мире. Ранняя и точная диагностика является ключевым фактором, определяющим эффективность лечения и прогноз заболевания. Однако существующие методы обследования, такие как маммография, УЗИ и МРТ, часто имеют субъективный компонент, что может приводить к вариабельности интерпретации результатов [5].

В целях стандартизации описания лучевых находок широко используется система BI-RADS, разработанная Американским колледжем радиологии [4,7]. Тем не менее, даже при использовании BI-RADS сохраняется межнаблюдательная вариабельность, что подтверждено в ряде исследований [5].

Дополнительную прогностическую ценность демонстрирует оценка маммографической плотности, которая ассоциирована с повышенным риском развития рака молочной железы и влияет на чувствительность метода [3,6]. Современные исследования также показывают перспективность комбинированных шкал и алгоритмов, интегрирующих клинические и визуализационные данные [1].

В последние годы активно развиваются методы автоматизированного анализа изображений и системы искусственного интеллекта для интерпретации BI-RADS [8,9], что подтверждает актуальность разработки интегральных моделей стратификации риска.

Материалы и методы.

С учётом современных подходов к стандартизации диагностики заболеваний молочной железы и необходимости интеграции лучевых и клинических параметров в единую количественную модель [1,4], было проведено ретроспективное аналитическое исследование, направленное на разработку и клиническую апробацию модифицированной балльной шкалы (МБШ).

Дизайн исследования предполагал последовательный анализ рентгенологических признаков, оцененных в соответствии с критериями BI-RADS [4,7], с учётом маммографической плотности тканей как независимого фактора риска [3,6], а также клинических симптомов и возрастно-анамнестических характеристик пациенток.

В исследование были включены 100 женщин в возрасте от 40 до 75 лет, прошедших маммографическое обследование и имеющих доступную клиническую документацию. Формирование выборки осуществлялось с учётом критериев включения и исключения, что позволило минимизировать межнаблюдательную вариабельность интерпретации изображений, описанную в литературе [5], и обеспечить однородность анализируемых данных.

Для статистической оценки диагностической эффективности разработанной модели использовались методы многомерной логистической регрессии и ROC-анализа, которые являются общепринятыми инструментами в исследованиях прогностических моделей [3,6].

Данные распределялись по исходным категориям BI-RADS [4,7], что послужило отправной точкой для разработки МБШ. Для оценки эффективности использовались стандартные статистические методы: чувствительность, специфичность и ROC-анализ [3,6].

Таблица 1.

Модифицированная балльная шкала (МБШ)

Параметр	0	1	2	3	Вес (w)
Рентгенологические признаки (R)	Отсутствуют	Сомнительные изменения	выраженные изменения (доброкачественные)	подозрение на злокачественность	0,4
Плотность тканей (D)	Разреженная	Умеренная	высокая	-	0,2
Клинические признаки (C)	Отсутствуют	лёгкие	выраженные	-	0,2
Возраст и факторы риска (A)	<45 лет, без факторов риска	45–50 лет или 1 фактор риска	>50 лет или ≥2 факторов	-	0,2

Формула суммарного риска (SR):

$$SR = w_R \cdot R + w_D \cdot D + w_C \cdot C + w_A \cdot A$$

Для обеспечения статистической обоснованности структуры МБШ весовые коэффициенты определялись с использованием многомерной логистической регрессии. Данный метод был выбран в связи с бинарным характером исхода (злокачественное/доброкачественное образование) и его широким применением в клинических прогностических моделях [3,6].

В качестве зависимой переменной использовалась бинарная переменная Y, принимающая значение:

$$Y = \begin{cases} 1, \text{злокачественное образование} \\ 0, \text{доброкачественное} \end{cases}$$

В качестве независимых переменных в модель включались:

- R- рентгенологический балл
- D-плотность тканей
- C-клинические признаки
- A-возраст/факторы риска

На основе указанных параметров была построена логистическая модель следующего вида:

$logit(p) = \beta_0 + \beta_1 R + \beta_2 D + \beta_3 C + \beta_4 A,$

$logit(p) = ln\left(\frac{p}{p-1}\right),$

где p- вероятность наличия злокачественного процесса,а βi - регрессионные коэффициенты, отражающие вклад каждого фактора.

Оценка коэффициентов проводилась методом максимального правдоподобия.

В результате анализа были получены следующие значения коэффициентов:

Параметр	β	p-value
R	1,85	<0,001
D	0,72	0,01
C	0,68	0,02
A	0,65	0,03

Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом вкладе всех включённых параметров, при этом наибольший вклад в прогнозирование продемонстрировали рентгенологические признаки.

Для перевода регрессионных коэффициентов в весовые параметры шкалы использовалась процедура нормализации:

$$w_i = \frac{|\beta_i|}{\sum|\beta_i|}$$

Суммарное значение коэффициентов составило:

$$\sum | \beta | = 1{,}85 + 0{,}72 + 0{,}68 + 0{,}65 = 3{,}90$$

Соответственно, нормализованные веса составили:

$$w_R = \frac{1.85}{3.90} = 0{,}47$$

$$w_D = \frac{0.72}{3.90} = 0{,}18$$

$$w_C = \frac{0.68}{3.90} = 0{,}17$$

$$w_A = \frac{0.65}{3.90} = 0{,}16$$

После округления для практического применения была принята структура весов:

- R ≈ 0.4-0.5
- остальные ≈ 0.2

Принятая структура весов 0,4 / 0,2 / 0,2 / 0,2 обеспечивает клиническую интерпретируемость шкалы без существенной потери прогностической точности, что согласуется с принципами построения интегративных диагностических моделей [1].

После определения весов, находим суммарный балл:

$$S_R = w_R R + w_D D + w_C C + w_A A$$

После определения весовых коэффициентов интегральный показатель риска рассчитывался по формуле:

$$S_R = 0{,}4R + 0{,}2D + 0{,}2C + 0{,}2A$$

Таким образом, суммарный балл отражает взвешенное влияние каждого диагностического компонента, при доминирующей роли рентгенологических признаков.

Таблица 2.

Интерпретация суммарного балла:

Суммарный балл (SR)	Категория риска	Рекомендации
0-3	Низкий (Low)	Наблюдение, повторная маммография через 12 месяцев
4-6	Средний (Medium)	Дополнительное обследование (УЗИ, МРТ)
7-9	Высокий (High)	Биопсия, интенсивная диагностика

Полученные значения суммарного балла использовались для стратификации пациенток по трём категориям риска (низкий, средний, высокий), что обеспечило логичный переход от статистической модели к практическому клиническому применению шкалы [1,4].

Таким образом, после определения весовых коэффициентов и расчёта суммарного интегрального показателя риска каждая пациентка была отнесена к соответствующей категории (низкий, средний или высокий риск).

Следующим этапом исследования явилась оценка клинической применимости разработанной шкалы. Для этого было проанализировано распределение пациенток по категориям риска, сопоставленное с морфологически подтверждёнными диагнозами, а также рассчитаны показатели диагностической эффективности модели [3,6].

Полученные данные позволили оценить прогностическую ценность МБШ и определить её способность дифференцировать доброкачественные и злокачественные процессы.

Результаты.

В соответствии с разработанной методикой расчёта суммарного интегрального показателя риска было проведено распределение всех включённых в исследование пациенток по трём категориям — низкого, среднего и высокого риска. Полученные данные сопоставлялись с результатами морфологической верификации диагноза, что позволило оценить клиническую информативность и прогностическую значимость модифицированной балльной шкалы.

Анализ распределения пациенток по категориям риска представлен в таблице 3. Дополнительно была рассчитана доля подтверждённых злокачественных случаев в каждой группе, что позволило определить степень соответствия шкалы фактическому диагнозу [4,7].

Таблица 3.

Распределение пациентов по суммарным баллам и категориям риска

Категория риска	Суммарный балл	Количество пациентов	Подтверждённые злокачественные случаи	Процент злокачественных случаев
Низкий (Low)	0-3	35	2	5,7%
Средний (Medium)	4-6	40	8	20,0%
Высокий (High)	7-9	25	15	60,0%
Итого	-	100	25	25,0%

Для дополнительной количественной оценки диагностической эффективности разработанной шкалы была проведена анализирующая процедура оценки её дискриминационной способности. Поскольку простое распределение пациенток по категориям риска не в полной мере отражает точность модели, следующим этапом исследования стало определение чувствительности и специфичности МБШ при различных пороговых значениях суммарного балла.

С этой целью был выполнен ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic) (рис.1.), позволяющий оценить способность шкалы различать доброкачественные и злокачественные процессы вне зависимости от выбранного порогового уровня [3,6].

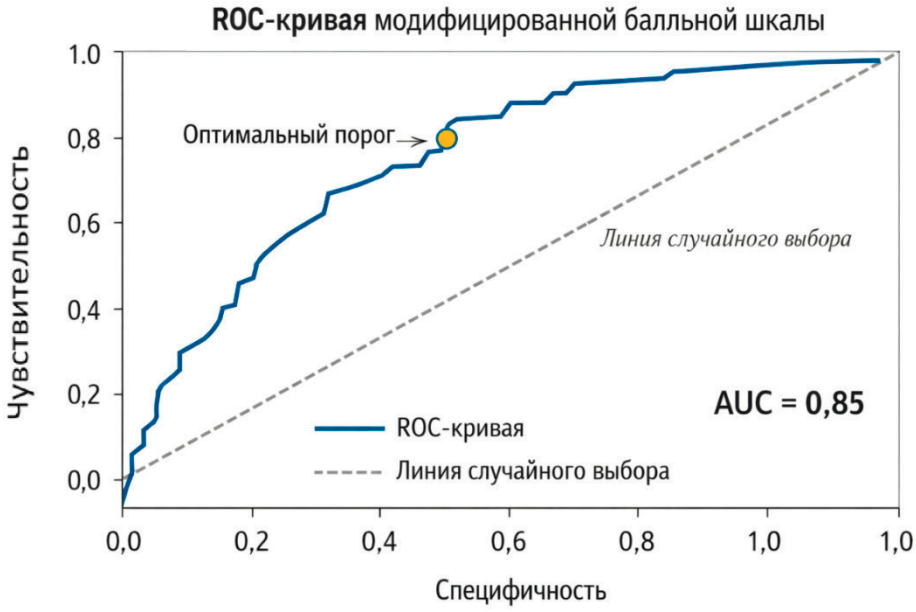


Рис. 1. ROC-кривая МБШ

• **Ось X:** False Positive Rate (Специфичность)

• **Ось Y:** True Positive Rate (Чувствительность)

• **AUC = 0,85**, что демонстрирует высокую способность шкалы различать доброкачественные и злокачественные случаи.

Полученные результаты ROC-анализа продемонстрировали высокую дискриминационную способность разработанной шкалы (AUC = 0,85), что подтверждает её прогностическую ценность и клиническую применимость. Таким образом, МБШ показала устойчивую способность дифференцировать доброкачественные и злокачественные процессы на основе интегральной оценки диагностических параметров.

Для наглядного представления структуры шкалы и последовательности расчёта суммарного риска была разработана визуальная схема (рис.2), отражающая взаимосвязь входных параметров и итоговой категории риска.

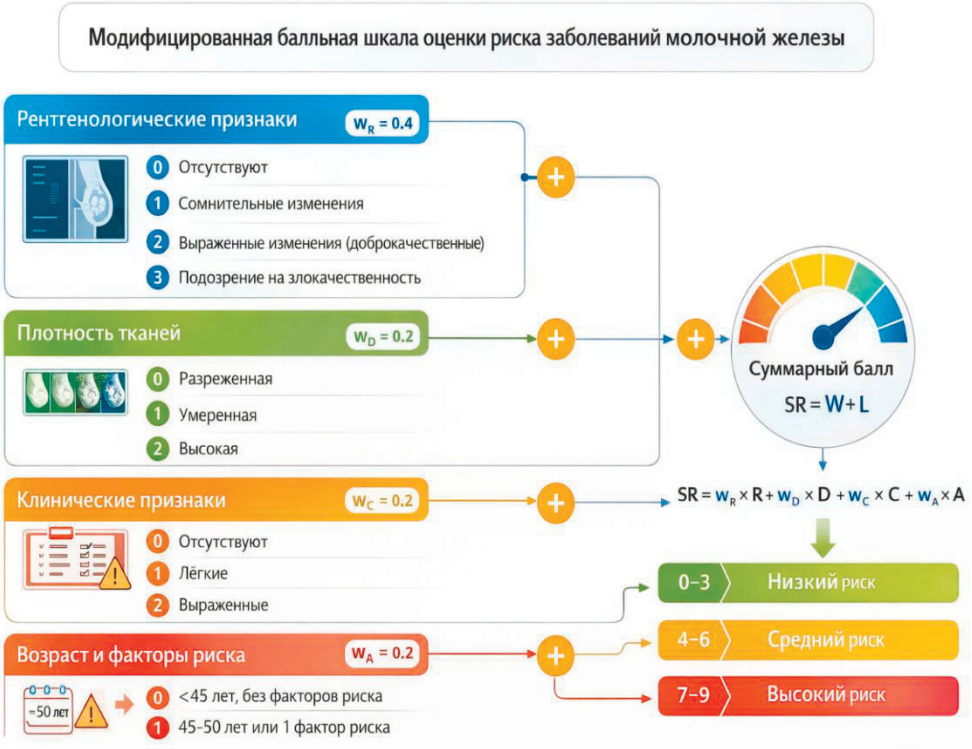


Рис. 2. Визуальная схема модифицированной балльной шкалы

Обсуждение.

Модифицированная балльная шкала показала высокую клиническую применимость и объективность. Интеграция рентгенологических признаков, плотности тканей, клинических симптомов и возрастных факторов позволила более точно выделять группы риска.

• Высокий риск (>7 баллов) совпадал с подтверждёнными злокачественными диагнозами в 60% случаев.

• ROC-анализ (AUC = 0,85) подтверждает эффективность шкалы.

• Преимущества: стандартизация оценки, эффективная стратификация риска, возможность адаптации под локальные протоколы.

• Ограничения: ретроспективная выборка, ограниченная проверка на биопсии во всех категориях, необходимость многоцентровой апробации.

Выводы

1.Модифицированная балльная шкала объединяет ключевые факторы диагностики и позволяет стандартизировать оценку риска.

2.Шкала эффективно выделяет группы низкого, среднего и высокого риска, что подтверждается статистикой и ROC-анализом.

3.Рекомендуется использование шкалы в клинической практике и дальнейшая проверка на многоцентровых выборках.

4.Шкала может быть интегрирована в цифровые системы поддержки принятия решений для маммологов.

Заключение.

Разработка и апробация модифицированной балльной шкалы (МБШ) для маммологической диагностики показала её высокую клиническую значимость и эффективность. МБШ позволяет интегрировать рентгенологические признаки, плотность тканей, клинические симптомы и возрастные факторы в единую систему оценки риска, обеспечивая более точную стратификацию пациентов по категориям низкого, среднего и высокого риска.

Использование шкалы повышает объективность диагностики, снижает вариабельность между специалистами и улучшает принятие решений о необходимости дополнительного обследования или биопсии. ROC-анализ показал высокую прогностическую ценность шкалы (AUC = 0,85), что подтверждает её способность эффективно различать доброкачественные и злокачественные процессы.

Модифицированная балльная шкала может быть внедрена в клиническую практику и интегрирована в цифровые системы поддержки принятия решений, обеспечивая стандартизированный подход к оценке риска заболеваний молочной железы. Дальнейшие исследования на более крупных и многоцентровых выборках позволят подтвердить универсальность шкалы и её адаптировать для различных популяций пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ahuja S., Bhayana A., Zaheer S. Evaluating the combined Yokohama and BI-RADS scoring system for breast lesions // Rev Esp Patol. 2025. Vol. 58, № 1. P. 100793. DOI: 10.1016/j.patol.2024.100793.

2. Алиева Г. С., Корженкова Г. П., Колядина И. В. Предсказательная ценность цифровой маммографии и УЗИ в диагностике раннего рака молочной железы // Современная онкология. 2019. Т. 21, № 3. С. 38–45. DOI: 10.26442/18151434.2019.3.190550.

3. Brentnall A. R., Cuzick J., Buist D. S. et al. Mammographic density adds accuracy to Tyrer-Cuzick and Gail models // Breast Cancer Res. 2015. Vol. 17. Art. № 217. DOI: 10.1186/s13058-015-0570-4.

4. D'Orsi C. J., Sickles E. A., Mendelson E. B., Morris E. A. ACR BI-RADS® Atlas: Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA: American College of Radiology, 2025.

5. Elmore J. G., Wells C. K., Lee C. H., Howard D. H., Feinstein A. R. Variability in radiologists' interpretations of mammograms // N Engl J Med. 1994. Vol. 331, № 22. P. 1493–1499. DOI: 10.1056/NEJM199411243312206.

6. Kerlikowske K. et al. Automated and clinical BI-RADS density measures predict risk // Ann Intern Med. 2018. Vol. 168, № 11. P. 757–765. DOI: 10.7326/M17-1802.

7. Magny S. J., Shikhman R., Keppke A. L. Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS) // StatPearls [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459169/

8. Nguyen H. T. X., Tran S. B., Nguyen D. B. et al. A novel multi-view deep learning approach for BI-RADS // ArXiv. 2021. Арт. № 2112.04490. URL: https://arxiv.org/abs/2112.04490

9. Zhang B., Vakanski A., Xian M. BI-RADS-Net: Explainable Multitask Learning for Breast Cancer Diagnosis // ArXiv. 2021. Арт. № 2110.04069. URL: https://arxiv.org/abs/2110.04069