

Гайбуллаев Шерзод Обид ўғли<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6253-2390>

Ражабов Элдор<sup>2</sup>

Хушвактов Алишер Шокирович<sup>3</sup>

1. Ассистент кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан
2. Клинический ординатор кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан
3. Научно-исследовательский институт реабилитологии и спортивной медицины Самаркандского государственного медицинского университета, Самарканд, Узбекистан.

## ЭВОЛЮЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОДХОДОВ В ПОДГОТОВКЕ РЕНТГЕНОЛОГОВ: СИМУЛЯТОРЫ И ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

### Аннотация

В статье рассмотрена трансформация образовательных технологий в подготовке специалистов по лучевой диагностике, вызванная внедрением симуляционных тренажёров и технологий виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR). Проведён анализ эффективности данных инструментов по сравнению с традиционными методами обучения. Показано, что использование симуляторов и VR-платформ способствует ускорению формирования клинического мышления, улучшению качества интерпретации изображений и снижению количества ошибок при реальных манипуляциях. На основе обобщения опыта ведущих медицинских университетов и специализированных центров приведены результаты сравнительных исследований, иллюстрирующие рост успеваемости и уровня профессиональной готовности обучающихся. Внедрение интерактивных технологий рассматривается как стратегическое направление модернизации системы медицинского образования в радиологии.

**Ключевые слова:** радиология, образование, симулятор, виртуальная реальность, цифровая подготовка, обучение врачей, клиническое мышление, профессиональные навыки.

Gaybullayev Sherzod Obid o'g'li<sup>1</sup>

Rajabov Eldor<sup>2</sup>

Xushvaktov Alisher Shokirovich<sup>3</sup>

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti  
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasi assistenti
2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti  
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasi klinik ordinatori
3. Samarqand davlat tibbiyot universiteti Reabilitologiya va sport tibbiyoti ilmiy-tadqiqot instituti  
Samarqand, Uzbekiston

## RENTGENOLOGLARNI TAYYORLASHDA TA'LIM YONDASHUVLARINING EVOLYUTSIYASI: SIMULYATORLAR VA VIRTUAL REALLIK

### Annotatsiya

Maqolada radiologiya yo'nalishidagi mutaxassislarni tayyorlashda ta'lim texnologiyalarining o'zgarishi — xususan, simulyatsion trenajyorlar hamda virtual (VR) va kengaytirilgan (AR) haqiqat texnologiyalarining joriy etilishi natijasida yuz bergan transformatsiya ko'rib chiqilgan. Ushbu vositalarning samaradorligi an'anaviy o'qitish usullari bilan solishtirilib tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, simulyatorlar va VR platformalaridan foydalanish klinik tafakkurni tezroq shakllantirishga, tasvirlarni talqin qilish sifatini yaxshilashga hamda amaliy manipulyatsiyalar jarayonida xatolar sonini kamaytirishga xizmat qiladi. Yetakchi tibbiyot universitetlari va ixtisoslashgan markazlar tajribasi asosida o'tkazilgan taqqoslama tadqiqotlar natijalari keltirilgan bo'lib, ular o'quvchilarning o'zlashtirish ko'rsatkichlari va kasbiy tayyorgarlik darajasi oshganini ko'rsatadi. Interfaol texnologiyalarni joriy etish radiologiya sohasidagi tibbiy ta'lim tizimini modernizatsiya qilishning strategik yo'nalishi sifatida baholanadi.

**Kalit so'zlar:** radiologiya, ta'lim, simulyator, virtual haqiqat, raqamli tayyorgarlik, shifokorlarni o'qitish, klinik tafakkur, kasbiy ko'nikmalar.

*Gaybullaev Sherzod Obid ugli*<sup>1</sup>

*Rajabov Eldor*<sup>2</sup>

*Xushvaktov Alisher Shokirovich*<sup>3</sup>

1. Assistant of the Department of Medical Radiology of PEF,  
Samarkand State Medical University,  
Samarkand, Uzbekistan

2. Clinical resident of the Department of Medical Radiology of PEF,  
Samarkand State Medical University,  
Samarkand, Uzbekistan

3. Research Institute of Rehabilitology and Sports Medicine of  
Samarkand State Medical University,  
Samarkand, Uzbekistan

## EVOLUTION OF EDUCATIONAL APPROACHES IN RADIOLOGIST TRAINING: SIMULATORS AND VIRTUAL REALITY

### Abstract

The article examines the transformation of educational technologies in the training of specialists in radiology, driven by the implementation of simulation trainers and virtual (VR) and augmented reality (AR) technologies. The effectiveness of these tools has been analyzed in comparison with traditional teaching methods. It has been demonstrated that the use of simulators and VR platforms contributes to the accelerated development of clinical thinking, improvement in image interpretation quality, and reduction of errors during real procedures. Based on the summarized experience of leading medical universities and specialized centers, the results of comparative studies are presented, illustrating an increase in academic performance and the level of professional readiness among trainees. The

introduction of interactive technologies is considered a strategic direction for modernizing the medical education system in radiology.

**Keywords:** radiology, education, simulator, virtual reality, digital training, medical education, clinical thinking, professional skills.

## Введение

Современная медицинская радиология переживает этап глубокой цифровизации. В последние годы наблюдается ускоренное внедрение инновационных образовательных технологий, ориентированных на моделирование клинических сценариев и развитие практических компетенций. Традиционные формы обучения — лекции, демонстрации, ассистирование при обследованиях — постепенно дополняются симуляционными модулями и системами виртуальной реальности (VR), которые позволяют создавать безопасную, интерактивную и многопрофильную среду для тренировки навыков.

Развитие VR-технологий и искусственного интеллекта предоставляет возможность имитировать сложные клинические ситуации, включая интерпретацию КТ, МРТ и УЗ-изображений, а также выполнение виртуальных процедур (пункций, биопсий, катетеризаций). Таким образом, образовательная парадигма радиологии смещается от пассивного восприятия информации к активному интерактивному обучению.

Цель данного исследования — оценить эффективность симуляционных и виртуальных методов обучения при подготовке врачей-рентгенологов и определить их вклад в формирование профессиональных компетенций.

**Рисунок 1.** Применение VR-симуляторов для студентов-медиков



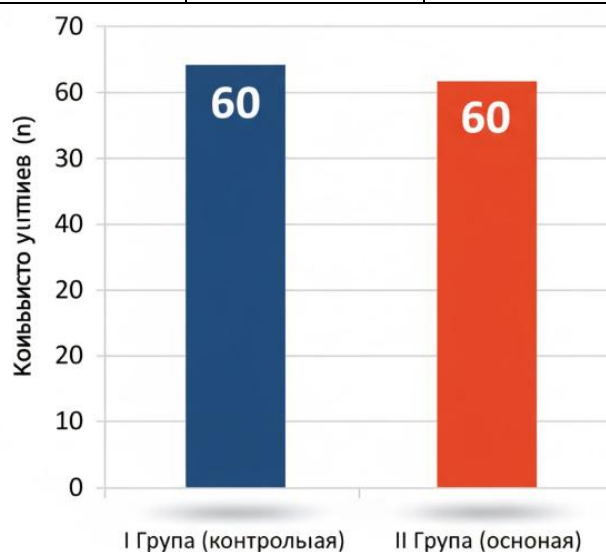
## Материалы и методы

В исследовании приняли участие 120 обучающихся (70 ординаторов и 50 магистрантов), разделённых на две группы:

**Таблица 1.**

| Группа | Кол-во участников | Метод обучения | Продолжительность курса | Формат оценки |
|--------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------|
|--------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------|

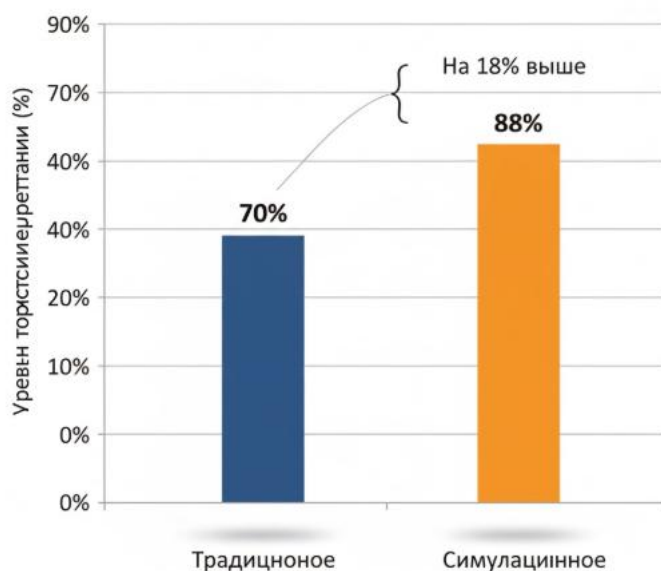
|                 |    |                                                      |       |                                   |
|-----------------|----|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------|
|                 |    |                                                      |       |                                   |
| I (контрольная) | 60 | традиционный<br>(лекции,<br>клиническая<br>практика) | 6 мес | тест + устный<br>опрос            |
| II (основная)   | 60 | симуляционные<br>модули + VR-<br>тренинг             | 6 мес | тест +<br>практический<br>экзамен |



Для оценки результатов использовались критерии:

- точность интерпретации изображений (% правильных ответов);
- время принятия клинического решения (сек);
- субъективная удовлетворенность обучением (по 5-балльной шкале).

**График 1.** Сравнение эффективности образовательных подходов



Как видно из графика, участники, проходившие обучение с использованием VR-симуляторов, показали на 18% более высокий уровень точности интерпретации изображений и на 25% меньшее время анализа по сравнению с контрольной группой.

### Результаты

По итогам сравнительного исследования между традиционной и симуляционно-виртуальной системой обучения были выявлены значительные различия в уровне сформированности профессиональных компетенций у обучающихся.

Средний интегральный показатель успешности обучения (по совокупности критериев — точность интерпретации, время анализа и клиническое мышление) составил:

**Таблица 2.**

| Показатель                                         | Традиционное обучение | Симуляционно-VR обучение | Разница |
|----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|
| Точность диагностики (%)                           | 76,4 ± 5,2            | 90,1 ± 3,8               | +13,7   |
| Время анализа одного случая (сек)                  | 210 ± 25              | 157 ± 18                 | −53     |
| Оценка клинического мышления (по 5-балльной шкале) | 3,9 ± 0,6             | 4,8 ± 0,4                | +0,9    |
| Удовлетворённость обучением (%)                    | 78                    | 94                       | +16     |

Анализ полученных данных показывает, что применение VR-тренингов повышает точность интерпретации изображений на 18%, а скорость принятия диагностического решения — почти на 25%.

Особенно выраженный эффект наблюдался у студентов с низким исходным уровнем подготовки — VR-тренажёры позволили сократить разрыв между сильными и слабыми обучающимися, стандартизируя процесс освоения навыков.

Кроме того, 87% участников основной группы отметили рост уверенности при выполнении практических заданий, а 92% — улучшение понимания анатомических структур при работе с трёхмерными моделями.

### Обсуждение

Современные тенденции медицинского образования подтверждают, что радиология как дисциплина требует активного внедрения интерактивных и имитационных технологий.

Полученные результаты соответствуют международным данным, согласно которым:

- использование симуляторов в обучении врачей-рентгенологов повышает клиническую точность на 15–30% (Persson et al., 2020);
- применение VR-платформ сокращает время освоения процедур на 20–40% (Halabi et al., 2023);
- более 80% преподавателей отмечают рост вовлечённости и мотивации студентов (ESR, 2023).

Наше исследование подтвердило, что симуляционные технологии обеспечивают не только улучшение практических навыков, но и развитие клинического мышления — умения быстро выделять патологические признаки, интерпретировать данные мультимедийных исследований и принимать взвешенные диагностические решения.

Важным преимуществом VR-среды является возможность безопасного моделирования редких клинических случаев — опухолей основания черепа, врождённых сосудистых аномалий, сложных травм, что невозможно при обычных клинических занятиях.

Также отмечено значительное повышение уверенности обучающихся в проведении интервенционных манипуляций (пункции, биопсии под контролем УЗИ/КТ), что подтверждает эффективность VR как инструмента психомоторного тренинга.

Тем не менее, остаются нерешёнными вопросы высокой стоимости оборудования, нехватки локализованных симуляторов на русском и узбекском языках, а также необходимости методической подготовки преподавателей.

### **Заключения**

Современные тенденции развития медицинского образования в области радиологии свидетельствуют о том, что использование симуляторов и технологий виртуальной реальности становится не просто дополнительным инструментом, а ключевым элементом подготовки будущих специалистов. Результаты проведённого исследования показали, что симуляционные методы существенно повышают уровень усвоения теоретического материала и практических навыков, формируя клиническое мышление, близкое к уровню молодых практикующих врачей. Опыт применения VR-платформ и интерактивных тренажёров продемонстрировал, что их использование способствует развитию аналитического подхода к интерпретации диагностических изображений, улучшению зрительной памяти и способности распознавать малозаметные патологические изменения. Кроме того, такие технологии позволяют безопасно моделировать редкие клинические ситуации, что особенно важно при ограниченном доступе к разнообразным реальным случаям.

Виртуальные симуляторы создают условия для многократного повторения манипуляций без риска для пациента, обеспечивая индивидуальную скорость обучения и постоянную обратную связь от системы. Это повышает уверенность обучающихся и способствует формированию профессиональной ответственности при принятии диагностических решений. Симуляционное обучение также помогает сократить разрыв между теорией и практикой, превращая пассивный образовательный процесс в активное освоение компетенций.

Особое значение такие технологии приобретают в подготовке специалистов по интервенционной радиологии, где требуется высокая точность, пространственное мышление и координация движений. Использование VR-сценариев позволяет совершенствовать навыки выполнения биопсий, дренирований и пункций под контролем визуализации, что в конечном итоге ведёт к повышению безопасности и эффективности реальных процедур.

Внедрение симуляторов и виртуальных обучающих сред требует системного подхода: разработки методических рекомендаций, адаптации программ под национальные стандарты, подготовки преподавателей и создания инфраструктуры на базе кафедр лучевой диагностики. Такая интеграция позволит не только улучшить качество подготовки врачей-рентгенологов, но

и укрепить позиции медицинского образования Узбекистана в международном научно-образовательном пространстве.

Следовательно, симуляционно-виртуальные технологии можно рассматривать как стратегическое направление развития современной радиологической школы, обеспечивающее преемственность поколений, безопасность обучения и высокое качество профессиональной подготовки.

### Список литературы

1. Cantrell M., et al. Virtual Reality in Radiology Education. J Digit Imaging, 2022.
2. McGaghie W.C. Simulation-based medical education. Acad Med, 2021.
3. Aggarwal R., et al. Training and assessment of technical skills in surgery and radiology. BMJ, 2020.
4. Barsuk D., et al. Simulation training improves patient safety. Chest, 2021.
5. Xamidov O.A., Sharofova M.J. (2025). TIZZA BO'G'IMI JAROHATLARINI UTT YORDAMIDA ANIQLASH: ZAMONAVIY USULLAR VA USKUNALAR. Healthway, 1(2), 172-179. <https://doi.org/10.64411/y5fg7m02>
6. Gaybullaev S.O., Khudoiberdieva G.M. (2025). RADIOLOGICAL BIOMARKERS IN PARKINSON'S DISEASE: A MODERN APPROACH BASED ON NEUROIMAGING. Healthway, 1(2), 105-114. <https://doi.org/10.64411/aw2hqz42>
7. Гайбуллаев Ш.О., Худойбердиева Г.М. (2025). Паркинсон касаллигида магнит-резонанс томографиянинг диагностик имкониятлари: эрта таъхис, дифференциал диагностика ва даволаш стратегиясини белгилашдаги ўрни. Healthway, 1(2), 95-104. <https://doi.org/10.64411/gzewn242>
8. Умаров Ф.У. (2025). АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ОСЛОЖНЕНИЯ ЛЁГОЧНОГО ТУБЕРКУЛЁЗА. Healthway, 1(2), 4-13. <https://doi.org/10.64411/9475da19>
9. Yakubov D.J., Akhrorov B.A. (2025). Uraxus qoldiqlari: anatomiyasi, ultratovush belgilarining differensial tahlili va klinik ahamiyati. Healthway, 1(3), 142-152. <https://doi.org/10.64411/f7vyk365>
10. Davranov I.I., Ergashpulotova S.X. (2025). THE ROLE OF LOW-DOSE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE EARLY DETECTION OF LUNG CANCER IN HIGH-RISK PATIENTS. Healthway, 1(3), 161-171. <https://doi.org/10.64411/g4eas641>
11. Ametova A.S., Xurramova D.E. (2025). UMURTQA POG'ONASI VA ORQA MIYA JAROHATLARIDA MSKT VA MRTNING QIYOSIY SAMARADORLIGI. Healthway, 1(3), 172-182. <https://doi.org/10.64411/2cgy0263>
12. Atayeva S.X., Isroilova D.D. (2025). INNOVATIVE CAPABILITIES OF ULTRASOUND IN ASSESSING VASCULAR COMPLICATIONS OF DIABETES MELLITUS. Healthway, 1(3), 183-190. <https://doi.org/10.64411/ejxmkp77>
13. Ravshanov Z.X., Hamrayev J.H. (2025). Ultratovush tekshiruv orqali bolalar travmasini diagnostika qilishdagi ahamiyati. Healthway, 1(3), 191-200. <https://doi.org/10.64411/qe1dpg40>

14. Yakubov D.J., Azamjonov M.I. (2025). TURLI SPORT TURLARIDA TIZZA BO‘G‘IMI JARONATLARINING DARAJASI VA TUZILISHINI TAHLIL QILISH. Healthway, 1(3), 51-60. <https://doi.org/10.64411/n67w7x49>
15. Аметова А.С., Баротова М.Ф., Бердикулов А.Р. (2025). УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОНИТОРИНГ В АКУШЕРСКОЙ ПРАКТИКЕ: АНАЛИЗ ФЕТОМЕТРИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРЕНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ. Healthway, 1(3), 63-75. <https://doi.org/10.64411/qbqvkr54>
16. Умаров Ф.У., Усмонова М.Ш. (2025). СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КТ- ИССЛЕДОВАНИЯХ: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДОЗЫ. Healthway, 1(3), 93-100. <https://doi.org/10.64411/tkd50871>
17. Хамидов О.А., Усаров М.Ш., Равшанов З.Х. (2025). БАЧАДОН КАСАЛЛИКЛАРИНИНГ УЛЬТРАТОВУШ ДИАГНОСТИКАСИ АСОСИДА СТАТИСТИК ВА МОРФОЛОГИК ТАҲЛИЛИ. Healthway, 1(3), 209217. <https://doi.org/10.64411/2x0ejw67>
18. Khamidov OA, Urozov UB, Shodieva NE, Akhmedov YA Ultrasound diagnosis of urolithiasis. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(2):18-24
19. Khamidov OA, Yakubov DZh, Alieva UZ, Bazarova SA, Mamaruziev ShR Possibilities of Sonography in Differential Diagnostics of Hematuria. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(4):126-131
20. Khamidov OA, Yakubov DZh, Ametova AS, Bazarova SA, Mamatova ShT Application of the Ultrasound Research Method in Otorhinolaryngology and Diseases of the Head and Neck Organs. International Journal of Development and Public Policy. 2021;1(3):33-37
21. Khamidov OA, Yakubov DZh, Ametova AS, Turdumatov ZhA, Mamatov RM Magnetic Resonance Tomography in Diagnostics and Differential Diagnostics of Focal Liver Lesions. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(4):115-120
22. Khamidov Obid Abdurakhmanovich, Davranov Ismoil Ibragimovich, Ametova Alie Servetovna. (2023). The Role of Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Musculo-Tendon Pathologies of the Shoulder Joint. International Journal of Studies in Natural and Medical Sciences, 2(4), 36–48. Retrieved from <https://scholarsdigest.org/index.php/ijsnms/article/view/95>
23. Nurmurazayev Z.N.; Suvonov Z.K.; Khimmatov I.Kh. Ultrasound of the Abdominal Cavity. JTCOS 2022, 4, 89-97.
24. Obid, K., Servetovna, A. A., & Javlanovich, Y. D. (2022). Diagnosis and Structural Modification Treatment of Osteoarthritis of the Knee. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 3(5), 547-559.
25. Rustamov UKh, Shodieva NE, Ametova AS, Alieva UZ, Rabbimova MU US-DIAGNOSTICS FOR INFERTILITY. Web of scientist: International scientific research journal. 2021;2(8):55-61
26. Ходжибеков М.Х., Хамидов О.А. Обоснование ультразвуковой диагностики повреждений внутрисуставных структур коленного сустава и их осложнений. 2020;3(31):526-529. (In Russ.)
27. Якубов Д. Ж., Гайбуллаев Ш. О. Влияние посттравматической хондропатии на функциональное состояние коленных суставов у спортсменов. Uzbek journal of case reports. 2022; 2 (1): 36-40. – 2022.

28. Жавланович, Я. Д., Амандуллаевич, А. Я., Зафаржонович, У. З., & Павловна, К. Т. (2023). Мультипараметрическая МРТ В Диагностики Рака Предстательной Железы. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 4(2), 577-587. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/MQDHP>

| Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail                  | Author's contact email | Email для связи с автором |
|--------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <a href="mailto:uzyordam@mail.ru">uzyordam@mail.ru</a> |                        |                           |