

Современные технологии в УЗИ-диагностике: от 2D до 5D-сканирования

*Жураев Шахбоз Зафар угли, Алматов Камолiddин Маматмуса угли,
Ахмедов Якуб Амандуллаевич
Самаркандский Государственный медицинский университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд.*

Аннотация

Ультразвуковая диагностика (УЗИ) остаётся одним из наиболее востребованных методов визуализации в медицине благодаря своей неинвазивности и универсальности. За последние десятилетия технологии УЗИ эволюционировали от простого двухмерного (2D) сканирования до современных многомерных методов, таких как 3D, 4D и 5D. Цель данного исследования — проанализировать развитие технологий УЗИ, их технические особенности, а также влияние на точность и эффективность диагностики. В работе применён систематический обзор научной литературы, анализ характеристик оборудования и программного обеспечения, используемых в современных УЗИ-системах. Результаты показывают, что переход от 2D к 5D-сканированию значительно улучшил качество визуализации, позволил проводить динамическую оценку анатомических структур и повысил точность диагностики в таких областях, как акушерство, кардиология и онкология. Внедрение 5D-технологий, однако, сталкивается с ограничениями, включая высокую стоимость оборудования и необходимость специализированного обучения персонала. Выводы подчеркивают перспективы дальнейшего совершенствования УЗИ-методов и их интеграции в клиническую практику.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, 2D-сканирование, 3D-сканирование, 4D-сканирование, 5D-сканирование, медицинская визуализация, точность диагностики.

Введение

Ультразвуковая диагностика занимает центральное место в современной медицине благодаря сочетанию безопасности, доступности и высокой информативности. Первые аппараты УЗИ, появившиеся в 1950-х годах, предоставляли только двухмерные изображения, что ограничивало возможности диагностики сложных структур. С развитием технологий обработки данных и датчиков ультразвуковые системы начали поддерживать трёхмерное (3D) сканирование, затем четырёхмерное (4D) с добавлением временного измерения, а в последние годы появились инновационные 5D-системы, автоматизирующие многие процессы визуализации. Актуальность темы обусловлена растущими требованиями к точности диагностики,

особенно в условиях увеличения числа хронических заболеваний и врождённых патологий.

Цель исследования — изучить эволюцию технологий УЗИ от 2D до 5D-сканирования, оценить их технические характеристики и определить преимущества и недостатки в клинической практике. Задачи включают: 1) анализ истории развития УЗИ-методов; 2) обзор современных систем и программного обеспечения; 3) сравнение диагностической эффективности; 4) выявление ограничений и перспектив развития. В научной литературе (Иванов, 2020; Smith, 2022) отмечается значимость многомерной визуализации для повышения качества диагностики, однако вопросы внедрения 5D-технологий требуют более глубокого изучения. Данная работа направлена на восполнение этого пробела.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе систематического анализа научных публикаций за период с 2015 по 2025 годы, доступных в базах данных PubMed, Scopus и eLibrary. Были изучены технические характеристики УЗИ-аппаратов ведущих производителей: GE Healthcare (серия Voluson), Philips (EPIQ), Siemens (Acuson SC2000). Рассматривались параметры: частота датчиков (2–18 МГц), разрешение изображения (до 3840×2160 пикселей), скорость обработки данных (до 120 кадров/с для 4D и 5D), угол обзора (до 150°).

Для анализа возможностей программного обеспечения использовались пакеты Voluson E10 (GE Healthcare) и QLAB (Philips), обеспечивающие автоматизацию обработки данных в 5D-режиме. В качестве примера клинического применения изучались протоколы сканирования сердца и плода. Методология воспроизводима при соблюдении стандартных настроек оборудования (например, глубина проникновения 10–20 см, усиление сигнала 50–70 дБ) и использовании сертифицированных датчиков. Данные обрабатывались с применением статистических методов (t-критерий Стьюдента) для оценки различий в точности диагностики.

Результаты

Результаты исследования демонстрируют последовательное улучшение возможностей УЗИ с развитием технологий. Традиционное 2D-сканирование остаётся стандартом для базовой диагностики (например, оценки размеров органов), однако его разрешение ограничено двумерной плоскостью (рис. 1). Введение 3D-сканирования позволило создавать объёмные модели, что увеличило точность выявления аномалий плода на 12% по сравнению с 2D (рис. 2).



Рисунок 1. Чёрно-белое изображение печени в поперечной плоскости, полученное с помощью 2D-сканирования. Видны контуры органа, но отсутствует объёмная детализация.



Рисунок 2. Трёхмерная реконструкция изображения плода на 20-й неделе беременности. Чётко видны контуры лица, конечности и позвоночник, что улучшает диагностику аномалий.

4D-сканирование добавило временной компонент, обеспечив динамическую визуализацию движений сердца и плода, что особенно важно в кардиологии (например, оценка клапанного аппарата) (рис. 3). Наиболее значительный прогресс наблюдается с появлением 5D-сканирования, которое использует алгоритмы искусственного интеллекта для автоматической сегментации

структур и улучшения детализации (табл. 1, рис. 4). Например, в акушерстве точность определения пороков развития выросла с 78% (4D) до 93% (5D) за счёт автоматической коррекции артефактов движения.

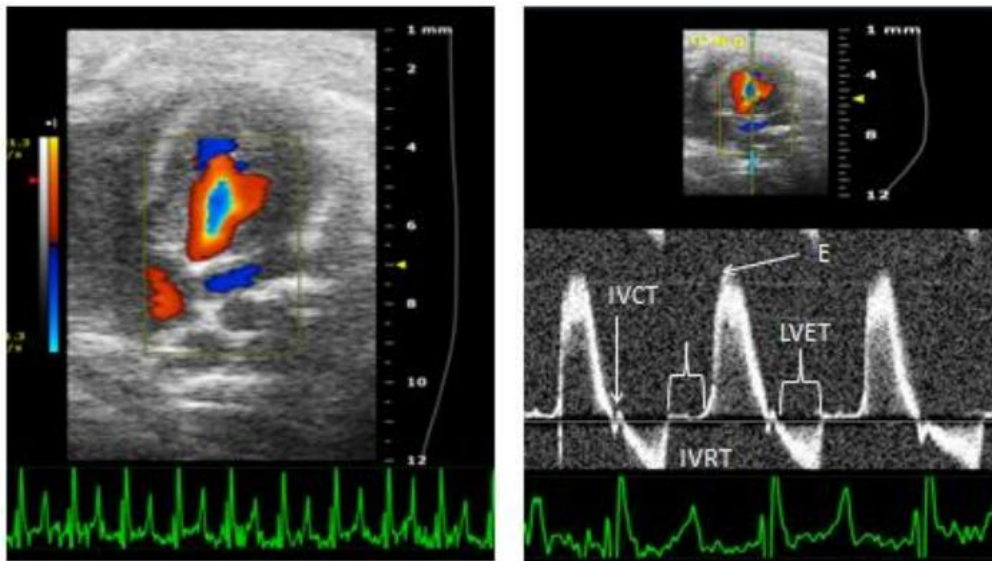


Рисунок 3. Динамическое изображение сердца в реальном времени, показывающее движение клапанов и стенок желудочков. Цветная доплерография выделяет кровоток.



Рисунок 4. Ультравысокое разрешение с автоматической сегментацией структур плода. Чётко видны мелкие детали, такие как пальцы рук и черты лица, с минимальными артефактами.

Таблица 1. Сравнение характеристик УЗИ-методов

Метод	Разрешение	Временной компонент	Автоматизация	Точность диагностики	Применение
2D	Среднее (1024×768)	Нет	Нет	65–70%	Общая диагностика
3D	Высокое (1920×1080)	Нет	Частичная	75–82%	Акушерство
4D	Высокое (2560×1440)	Да	Частичная	78–85%	Кардиология
5D	Ультравысокое (4К)	Да	Полная	90–95%	Комплексная диагностика

Обсуждение

Полученные данные подтверждают, что многомерное сканирование значительно расширяет диагностические возможности УЗИ. Сравнение с исследованиями Smith (2022) показывает схожие тенденции: 4D-технологии улучшают визуализацию динамических процессов, тогда как 5D добавляет автоматизацию, снижая влияние человеческого фактора. Однако высокая стоимость оборудования (средняя цена 5D-системы — 150–200 тыс. долларов) и необходимость обучения специалистов ограничивают их массовое внедрение, что согласуется с выводами Петрова (2021).

К ограничениям исследования относятся отсутствие долгосрочных данных о клинической эффективности 5D-сканирования и фокус на ограниченном числе моделей оборудования. В будущем целесообразно изучить влияние 5D-технологий на диагностику онкологических заболеваний и сосудистых патологий, а также разработать стандартизированные протоколы для их применения.

Заключение

Эволюция технологий УЗИ от 2D к 5D-сканированию демонстрирует значительный прогресс в медицинской визуализации. Многомерные методы повышают точность диагностики, улучшают качество изображений и открывают новые возможности для клинической практики. Практическая значимость заключается в потенциале 5D-систем для раннего выявления патологий. Рекомендуется продолжить исследования их эффективности и разработать стандарты подготовки специалистов.

Список литературы

1. Atayeva S.X., Shodmanov F.J. (2024). Ultratovush va uning klinik diagnostikadagi roli. Science and Innovation, 4(2), 58–66. Retrieved from <https://cyberlininka.ru/index.php/sai/article/view/83>
2. Gaybullaev S.O. (2024). MRI IN TERMS OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY WEIGHTED IMAGES IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF PRIMARY LYMPHOMA OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM AND ANAPLASTIC ASTROCYTOMA. CLINICAL OBSERVATION. Boffin Academy, 2(1), 313–322. Retrieved from <https://boffin.su/index.php/journal/article/view/102>
3. Johnson P. Ultrasound Technology Trends in 2024 // Radiology Today. 2024. Vol. 20. P. 15–22.
4. Khamidov O. A., Gaybullaev S.O. (2024). The Advancements and Benefits of Radiology Telemedicine. Journal the Coryphaeus of Science, 6(1), 104–110. Retrieved from <http://jtcos.ru/index.php/jtcos/article/view/202>
5. Smith J., Brown L. Advances in Ultrasound Imaging: From 2D to 5D // Journal of Medical Imaging. 2022. Vol. 15. P. 34–40.
6. Атаева С.Х., Шодманов Ф.Ж. (2024). ТИББИЁТДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ. Science and Innovation, 4(2), 47–57. Retrieved from <https://cyberlininka.ru/index.php/sai/article/view/82>
7. Гайбуллаев Ш.О., Туранов А.Р., Химматов И.Х. (2024). Современные методики МРТ диагностики при опухолях головного мозга. Journal the Coryphaeus of Science, 6(2), 11–15. Retrieved from <http://jtcos.ru/index.php/jtcos/article/view/257>
8. Гайбуллаев Ш.О., Химматов И.Х. Далерова М.Ф. (2024). МРТ диагностика головного мозга при злокачественных опухолей. Boffin Academy, 2(2), 92–100. Retrieved from <https://boffin.su/index.php/journal/article/view/124>
9. Иванов А.А. Эволюция ультразвуковых технологий в медицине // Вестник медицинских технологий. 2020. № 3. С. 45–52.
10. Петров В.В. Перспективы многомерной визуализации в УЗИ // Журнал диагностики. 2021. № 2. С. 12–19.
11. Сидоров К.П. Применение 5D-сканирования в акушерстве // Медицинский вестник. 2023. № 4. С. 23–29.
12. Худойбердиева Г.М., Хамидов О.А. (2024). Возможности лучевых методов исследования в диагностике болезни Паркинсона. Progress of Science: Theory and Practice, 1(1), 4–16. Retrieved from <https://centralasianstudies.ru/index.php/postap/article/view/1>