

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ | SHORT REPORT

Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 150-157.  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И  
УПРАВЛЕНИЕ

Modern Science and Innovations. 2025;(1):150-157.  
TECHNICAL SCIENCE  
INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND  
MANAGEMENT

Научная статья

УДК 681.5

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>



### Современные подходы к формированию и реализации методов по созданию информационных систем цифровых двойников пациентов

**Залина Асланбековна Шогенова**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия  
[shogenova.88@mail.ru](mailto:shogenova.88@mail.ru)

**Аннотация.** Основная цель развития компании – это увеличение объема выпускаемых автобусов. В статье разработан прогноз объема выпуска автобусов на 2024-2025 годы на основе данных за последние 10 лет. Отмечена восходящая тенденция развития компании. Приводятся результаты системного анализа показателей автомобилестроительной компании ПАО «НЕФАЗ». Построен прогноз объема выпуска продукции на два отчетных периода с использованием тренд-моделей. Также с помощью метода экспертного оценивания и многомерного корреляционно-регрессионного анализа выявлены факторы, влияющие на основные показатели компании. Полученные результаты позволяют принимать обоснованные управленческие решения, снижать временные и денежные издержки, грамотно оценить риски, основываясь на прогнозы.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, персонализированная медицина, методология цифровых двойников, искусственный интеллект

**Для цитирования:** Шогенова З. А. Современные подходы к формированию и реализации методов по созданию информационных систем цифровых двойников пациентов // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 150-157. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>

Research article

### Modern approaches to the formation and implementation of methods for creating information systems of digital twins of patients

**Zalina A. Shogenova**

Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia  
[shogenova.88@mail.ru](mailto:shogenova.88@mail.ru)

**Abstract.** Technology Digital Twinning (DCS) (technology of digital twins) produces a revolution in healthcare systems, using data integration in real time, expanded analytics and virtual modeling to improve patient care, provide predictive analytics, optimize clinical operations and simplify training and modeling. Thanks to the ability to collect and analyze a large amount of data on patients from various sources, digital twins can offer

© Шогенова З. А., 2025

*персонализированные планы лечения на основе индивидуальных характеристик, истории болезни и физиологических данных в реальном времени. В данной статье отражен анализ различных источников данных и методологий, которые способствуют созданию цифровых аналогов в различных областях здравоохранения.*

**Keywords:** digital twin, personalized medicine, methodology of digital twins, artificial intelligence

**For citation:** *Shogenova ZA. Modern approaches to the formation and implementation of methods for creating information systems of digital twins of patients. Modern Science and Innovations. 2025;(1):150-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>*

**Введение.** В современном мире технологии цифровых двойников набирают большую популярность в различных отраслях промышленности, включая производство, машиностроение, медицину и т.д. Это можно объяснить развитием технологий быстрого сбора, хранения и обработки больших объемов данных, а также способностью компьютеров применять сложные математические модели и алгоритмы в течение короткого периода времени. В таких областях, как здравоохранение, медицина и клинические испытания, использование цифровых двойников становится все более очевидным, поскольку они могут служить инструментом для понимания и моделирования сложных физиологических процессов. Кроме того, цифровые двойники могут помочь снизить потребность в экспериментах на животных, которые в настоящее время требуют, по оценкам, 200 миллионов подопытных животных в год из-за времени и ресурсов, требуемых для традиционных методов.

Цифровые двойники сложных информационных систем требуют огромных объемов данных, например, в медицине для точного представления своих физических аналогов. Эти данные могут поступать из различных источников, включая датчики, которые носят пациенты, такие как smart - часы, а также более сложные и инвазивные методы. Сбор всех этих данных может оказаться сложной задачей, однако с расширением использования датчиков, надеваемых на тело пациента, можно непрерывно собирать больше данных.

Технология цифровых двойников производит революцию в системах здравоохранения, используя интеграцию данных в реальном времени, расширенную аналитику и виртуальное моделирование для улучшения ухода за пациентами, обеспечения прогнозной аналитики, оптимизации клинических операций и облегчения обучения и моделирования. Благодаря способности собирать и анализировать огромное количество данных о пациентах из различных источников цифровые двойники могут предлагать персонализированные планы лечения, основанные на индивидуальных характеристиках, истории болезни и физиологических данных в режиме реального времени. Прогнозная аналитика и профилактические меры становятся возможными благодаря алгоритмам машинного обучения, позволяющим раннее выявлять риски для здоровья и принимать упреждающие меры.

Цифровые двойники могут оптимизировать клинические операции за счет анализа рабочих процессов и распределения ресурсов, что приводит к оптимизации процессов и улучшению ухода за пациентами. Более того, цифровые двойники могут обеспечить безопасную и реалистичную среду для медицинских работников, позволяющую им совершенствовать свои навыки и практиковать сложные процедуры. Внедрение технологии цифровых двойников в здравоохранении может значительно улучшить результаты лечения пациентов, повысить безопасность пациентов и стимулировать инновации в отрасли здравоохранения.

Одним из наиболее перспективных достижений в здравоохранении является использование технологии цифровых двойников, которая дает возможность для мониторинга, диагностики и разработки стратегий лечения, адаптированных к индивидуальному лечению пациента. Цифровые двойники также могут быть применены

для нового назначения в лечении или прогнозировании воздействия разрабатываемых лекарственных средств и других химических веществ.

Несмотря на то, что технологии создания цифровых двойников достигли огромного прогресса, все еще существуют препятствия на пути создания полностью комплексного цифрового двойника пациента. Разработки в области неинвазивного сбора данных с высокой пропускной способностью, а также улучшения в моделировании и вычислительной мощности будут иметь решающее значение для совершенствования цифровых двойных медицинских информационных систем.

Исследования медицинских информационных систем и эталонных подходов при разработке их информационных моделей показало, что они основываются на принципах, моделирующих три различных типа информации – данные о пациентах, терминология и поддержка принятия медицинских решений, между этими тремя типами моделей требуются четко определенные интерфейсы. Основная проблема, которая возникает при исследовании концептуальной модели цифрового двойника, является взаимодействие между онтологическими и логическими выводами.

**Материалы и методы исследований.** Методы сбора и анализа данных. Создание точных цифровых двойников требует доступа к обширным и разнообразным данным о пациентах. Современные подходы используют следующие методы сбора и анализа данных:

Электронные медицинские записи (ЭМЗ): содержат подробную информацию о медицинской истории, диагностике и лечении пациентов.

Устройства Интернета вещей (IoT): Устройства IoT, такие как носимые датчики и мониторы, отслеживают жизненно важные показатели, активность и другие параметры.

Технологии медицинской визуализации: КТ, МРТ и УЗИ предоставляют детальные изображения анатомии и физиологии пациента.

Омиксные данные: омиксные данные, включая геномные, протеомные и метаболомные данные, обеспечивают информацию о генетической предрасположенности и биохимических процессах.

После сбора данных они используются для построения моделей, которые имитируют поведение пациентов в разных сценариях:

физиологическое моделирование: эти модели имитируют функционирование органов и систем тела на основе физических принципов;

математическое моделирование: эти модели используют математические уравнения для представления биологических процессов, таких как рост опухоли и фармакокинетика и т.д.;

компьютерные симуляции: компьютерные симуляции используют вычислительную мощность для запуска моделей и прогнозирования результатов.

Цифровые двойники должны быть адаптированы к конкретным пациентам, чтобы быть эффективными. Современные подходы используют методы искусственного интеллекта (ИИ) для персонализации моделей цифрового двойника:

машинное обучение: алгоритмы машинного обучения используются для выявления закономерностей в данных пациентов и прогнозирования индивидуальных результатов;

глубокое обучение: глубокое обучение может создавать сложные модели, которые учитывают нелинейные взаимосвязи в данных.

Цифровые двойники должны быть интегрированы с другими информационными системами в сфере здравоохранения для обмена данными и улучшения взаимодействия:

облачные вычисления: облачные платформы обеспечивают безопасный и масштабируемый доступ к данным и вычислительным ресурсам для ЦД.

Интерфейсы прикладного программирования (API): API позволяют ЦД взаимодействовать с другими программами и приложениями.

Стандартизация данных: стандарты HL7 и FHIR обеспечивают единообразие форматов данных для облегчения обмена и взаимодействия.

Различные сопутствующие услуги и проблемы, связанные с технологией цифровых двойников в сфере здравоохранения, представлены на рисунке 1. Здесь представлены интеллектуальные услуги этой новейшей вспомогательной и продвинутой практики. В основном он фокусируется на услугах с точки зрения здоровья пациента, фактах и проблемах, связанных с данными, снижении затрат на обслуживание, связанных с лечением и уходом за пациентом, качественных услугах, проблемах, связанных с социальными потрясениями, и т.д. Эти услуги также отражают улучшение ухода за пациентами на протяжении всего их лечения, что позволяет добиться быстрого выздоровления [1-5].



Рисунок 1 – Услуги и проблемы, связанные с цифровым двойником в здравоохранении / Figure 1 – Services and challenges associated with the digital twin in healthcare

Каждая организация здравоохранения стремится улучшить качество обслуживания пациентов, одновременно повышая эффективность, результативность и качество медицинской помощи.

Цифровые двойники имеют широкий спектр практических применений, поэтому идея больше не является чисто научной фантастикой. С помощью этого метода можно создать виртуальную копию физической системы или объекта. Цифровой двойник также можно использовать для оценки производительности его физического аналога. Собирая исчерпывающие данные о любом пациенте и анализируя их с помощью алгоритмов на базе искусственного интеллекта, можно создать цифровую двойную модель в здравоохранении [6,8,20].

На рисунке 2 показаны примеры нескольких интеллектуальных инструментов и технологий, связанных с созданием цифрового двойника для сектора здравоохранения. Основы и вводная схема его услуг связаны с различными платформами, такими как; аспекты, связанные с подключением, имитационные модели и практики развития моделей; в случае физического, это связано с зондированием, измерением, материалами, динамикой и т. д. [9 - 14], [16-18]

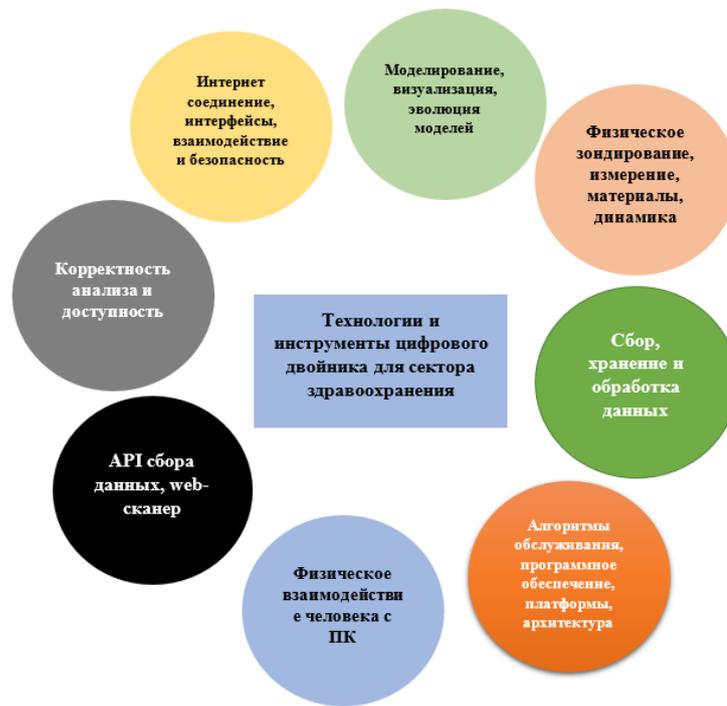


Рисунок 2 – Технологии и инструменты цифровых двойников для сектора здравоохранения /  
Figure 2 – Digital Twin Technologies and Tools for the Healthcare Sector

Поскольку технология цифровых двойников продолжает развиваться, она, вероятно, перейдет от использования для неживых объектов и оборудования к применению в биологических системах. Предприятия, стремящиеся к инновациям и совершенствованию своей деятельности, все чаще обращаются к цифровым двойникам. Путь к созданию цифрового двойника может начинаться с технологической точки зрения, подхода к решению проблем или с точки зрения пользователя при взаимодействии с экосистемой услуг.

**Заключение.** Современные подходы к формированию методов создания цифровых двойников в здравоохранении направлены на повышение точности, персонализации и интеграции. Эти подходы используют методы сбора и анализа данных, моделирования, персонализации и интеграции для создания цифровых двойников, которые могут прогнозировать результаты для отдельных пациентов, оптимизировать планирование лечения и улучшать результаты для здоровья. По мере совершенствования этих методов цифровые двойники будут играть все более важную роль в предоставлении персонализированной, эффективной и доступной медицинской помощи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Talkhestani B. A., Jazdi N., Schlögl W., Weyrich M. Consistency check to synchronize the Digital Twin of manufacturing automation based on anchor points. Proceedings of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2018. P. 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.166>
2. Madni A. M., Madni C. C., Lucero S. D. Leveraging Digital Twin Technology in ModelBased Systems Engineering // Systems. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>
3. Hu L., Nguyen N-T., Tao W., Leu M. C., Liu X. F., Shahriar M. R., Sunny S. M. N. Modeling of Cloud-Based Digital Twins for Smart Manufacturing with MT Connect. Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 26. P. 1193–1203. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.155>
4. Modoni GE, Caldarola E. G., Sacco M., Terkaj W. Synchronizing physical and digital factory: benefits and technical challenges. Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. 2018. P. 472–477. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.125>

5. Boulos M. N. K., Zhang P. Digital Twins: From Personalised Medicine to Precision Public Health. *J Pers Med.* 2021. Vol 11 (8). P. 745. PMID: 34442389; PMCID: PMC8401029. <https://doi.org/10.3390/jpm11080745>
6. Шогенова З. А., Крымшохалова Д. А., Кетова Ф. Р., Дзамихова Ф. Х. Методологии формирования структур информационных систем хранения анализа данных о пациенте // *Современная наука и инновации.* 2024. № 1. С. 25–31.
7. Крымшохалова Д. А., Шогенова З. А., Тхакумашев К. Р. Формализация и валидация пользовательских требований при разработке информационных систем // *Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация науки и образования.* Нальчик, 2022 г. С. 101–110.
8. Липко Ю. Ю., Шогенова З. А. К вопросу о концептуальных подходах формирования и реализации моделей интерфейсов информационных систем поддержки принятия медицинских решений // *Современная наука и инновации.* 2023. № 2. С. 33–40.
9. U.S. FDA. Paving the Way for Personalized Medicine-Fda’s Role in a New Era of Medical Product Development; U.S. Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA, 2013. [Electronic resource]. URL: <https://www.fda.gov/oc/ocresources/files/10/10-28-13-PersonalizedMedicine.pdf> (accessed: 06.01.2025).
10. Gelernter D. *Mirror Worlds: Or the Day Software Puts the Universe in A Shoebox. How It Will Happen and What It Will Mean;* Oxford University Press: Oxford, UK, 1993.
11. Grieves M. 'Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins. In: *complex systems engineering: theory and practice.* American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2019. P. 175–200.
12. Grieves M. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking;* McGraw Hill Education: New York, NY, USA, 2005.
13. Grieves M. W. Product lifecycle management: The new paradigm for enterprises // *Int. J. Prod. Dev.* 2005. Vol. 2. P. 71–84.
14. Piascik R., Vickers J., Lowry D., Scotti S., et al. 'Technology area 12: materials, structures, mechanical systems, and manufacturing road map.
15. Boulos K. M. N., Al-Shorbaji N. M. On the internet of things, smart cities and the WHO healthy cities // *Int. J. Health Geogr.* 2014. Vol. 13. P. 10.
16. Piplani S., Singh P.K., Winkler D.A., Petrovsky N. In silico comparison of SARS-CoV-2 spike protein-ACE2 binding affinities across species and implications for virus origin // *Sci. Rep.* 2021. Vol. 11. P. 13063.
17. Telenti A., Pierce L. C. T., Biggs W. H., di Iulio J., Wong E. H. M., Fabani M. M., Kirkness E. F., Moustafa A., Shah N., Xie C., et al. Deep sequencing of 10,000 human genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2016. Vol. 113. P. 11901–11906.
18. Lehrach H., Ionescu A., Benhabiles N. *The Future of Health Care: Deep Data, Smart Sensors, Virtual Patients and the Internet-of-Humans (White Paper-2016).* [Electronic resource]. URL: [https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87\\_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf) (accessed: 04.01.2025).
19. Cho S. W., Byun S. H., Yi S., Jang W. S., Kim J. C., Park I. Y., Yang B. E. Sagittal relationship between the maxillary central incisors and the forehead in digital twins of korean adult females // *J. Pers. Med.* 2021. Vol. 11. P. 203.
20. Шогенова З. А., Крымшохалова Д. А., Кетова Ф. Р., Дзамихова Ф. Х. Методологии формирования структур информационных систем хранения анализа данных о пациенте // *Современная наука и инновации.* 2024. № 1. С. 25–31.

## REFERENCES

1. Talkhestani BA, Jazdi N, Schlögl W, Weyrich M. Consistency check to synchronize the Digital Twin of manufacturing automation based on anchor points. In *Proceedings of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems;* 2018;159-164. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.166>
2. Madni AM, Madni CC, Lucero SD. Leveraging Digital Twin Technology in ModelBased Systems Engineering. *Systems.* 2019;7(1):7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>

3. Hu L, Nguyen N-T, Tao W, Leu MC, Liu XF, Shahriar MR, Sunny SMN. Modeling of Cloud-Based Digital Twins for Smart Manufacturing with MT Connect. *Procedia Manufacturing*. 2018;26:1193-1203 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.155>
4. Modoni GE, Caldarola EG, Sacco M, Terkaj W. Synchronizing physical and digital factory: benefits and technical challenges. In *Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*. 2018;472-477. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.125>
5. Kamel Boulos MN, Zhang P. Digital Twins: From Personalised Medicine to Precision Public Health. *J Pers Med*. 2021;11(8):745. PMID: 34442389; PMCID: PMC8401029. <https://doi.org/10.3390/jpm11080745>
6. Shogenova ZA, Krymshokalova DA, Ketova FR, Dзамikhova FH. Methodologies for forming structures of information systems for storing patient data analysis. *Modern Science and Innovations*. 2024;(1):25-31. (In Russ).
7. Krymshokalova DA, Shogenova ZA, Tkhakumashev KR. Formalization and validation of user requirements in the development of information systems. In *Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference "Digital transformation of science and education"*. Nalchik; 2022; 101-110. (In Russ).
8. Lipko YuYu, Shogenova ZA. On the issue of conceptual approaches to the formation and implementation of interface models for information systems to support medical decision-making. *Modern Science and Innovations*. 2023;(2):33-40. (In Russ).
9. U.S. FDA. Paving the Way for Personalized Medicine-Fda’s Role in a New Era of Medical Product Development; U.S. Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA, 2013. Available from: <https://www.fda.gov/oc/ocresources/files/10/10-28-13-PersonalizedMedicine.pdf> [Accessed 6 May 2025].
10. Gelernter D. *Mirror Worlds: Or the Day Software Puts the Universe in A Shoebox. How It Will Happen and What It Will Mean*; Oxford University Press: Oxford, UK; 1993.
11. Grieves M. 'Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins. In: *complex systems engineering: theory and practice*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2019;175-200.
12. Grieves M. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking*; McGraw Hill Education: New York, NY, USA, 2005.
13. Grieves MW. Product lifecycle management: The new paradigm for enterprises. *Int. J. Prod. Dev*. 2005;2:71-84.
14. Piascik R, Vickers J, Lowry D., Scotti S., et al. 'Technology area 12: materials, structures, mechanical systems, and manufacturing road map. 2010.
15. Boulos KMN, Al-Shorbaji NM. On the internet of things, smart cities and the WHO healthy cities. *Int. J. Health Geogr*. 2014;13:10.
16. Piplani S, Singh PK, Winkler DA, Petrovsky N. In silico comparison of SARS-CoV-2 spike protein-ACE2 binding affinities across species and implications for virus origin. *Sci. Rep*. 2021;11:13063.
17. Telenti A, Pierce LCT, Biggs WH, di Iulio J, Wong EHM, Fabani MM, Kirkness EF, Moustafa A, Shah N, Xie C, et al. Deep sequencing of 10,000 human genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2016;113:11901-11906.
18. Lehrach H, Ionescu A, Benhabiles N. *The Future of Health Care: Deep Data, Smart Sensors, Virtual Patients and the Internet-of-Humans (White Paper-2016)*. Available from: [https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87\\_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf) [Accessed 4 May 2025].
19. Cho SW, Byun SH, Yi S, Jang WS, Kim JC, Park IY, Yang BE. Sagittal relationship between the maxillary central incisors and the forehead in digital twins of korean adult females. *J. Pers. Med*. 2021;11:203.
21. Shogenova ZA, Krymshokalova DA, Ketova FR. Methodologies for the formation of structures of information systems for storing and analyzing patient data. *Modern Science and Innovations*. 2024;(1):25-31. (In Russ).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Залина Асланбековна Шогенова** – старший преподаватель кафедры компьютерных технологий и информационной безопасности Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, +79969163092, [shogenova.88@mail.ru](mailto:shogenova.88@mail.ru)

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.01.2025;  
одобрена после рецензирования 23.03.2025;  
принята к публикации 27.03.2025.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Zalina A. Shogenova** – Senior Lecturer of the Department of Computer Technologies and Information Security, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, +79969163092, [shogenova.88@mail.ru](mailto:shogenova.88@mail.ru)

**Conflict of interest:** the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 21.01.2025;  
approved after reviewing: 23.03.2025;  
accepted for publication: 27.03.2025.