

УДК 004.946

## РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ КАМПУСА

Б. А. НУРИЕВ<sup>1</sup>, А. Ф. АТНАБАЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>bat2003@mail.ru, <sup>2</sup>aaf1981@mail.ru

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

**Аннотация.** В этой статье анализируются основы разработки цифровых двойников для зданий и сооружений в Уфимском университете науки и технологий (УУНИТ), как важного компонента процесса цифровизации университета в целом. Описывается технология создания цифровых двойников для зданий и сооружений. Приводятся преимущества визуализации трёхмерной модели и её применение в различных сферах. Особое внимание уделяется значению цифровых двойников для повышения эффективности управления университетской инфраструктурой. Рассматриваются перспективы использования разработанных моделей для анализа данных в реальном времени и планирования инженерных задач.

**Ключевые слова:** цифровой двойник; умный кампус; пространственные данные; цифровизация; ГИС; трёхмерное моделирование; информационная система; инфраструктура университета; визуализация; мониторинг данных.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к применению цифровых инноваций в различных сферах, в том числе в образовании. Внедрение современных информационных технологий на предприятиях способствует изменению бизнес-процессов с целью создания обновленных, более устойчивых моделей компаний. Одним из подходов к такой трансформации является использование цифровых двойников, которые представляют собой виртуальные копии физических объектов или процессов. Эти инструменты, включая ГИС-технологии, играют ключевую роль в оптимизации управления и принятии решений, в том числе в создании виртуальных моделей университетов для более эффективного распределения ресурсов и обеспечения безопасности.

Основной целью цифровых двойников является разработка продуктов и обеспечение непрерывного функционирования реальных объектов на протяжении их жизненного цикла. Путем создания виртуальных моделей на основе математического моделирования свойств и поведения объектов, эти технологии позволяют эффективно поддерживать их работоспособность.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Мировой опыт демонстрирует актуальность решаемых задач. В частности, Стэнфордский университет успешно применил технологию "цифрового двойника" в нескольких проектах, связанных с архитектурой, строительством и инженерией.

Копенгагенская школа морской инженерии и управления технологиями также включила материалы о цифровых двойниках в свои учебные программы, считая их существенными для реальной работы в данной отрасли.

В Государственном университете Уичито, Национальный институт авиационных исследований, управляемый лабораторией Digital Twin Lab, в сотрудничестве с ВВС США осуществил разборку и цифровое сканирование двух самолетов F-16 для создания полноценной 3D-модели. Дэн Айзекс, технический директор Консорциума цифровых двойников отмечает, что технология цифровых двойников позволит студентам обучаться таким способом, который никогда прежде не наблюдался [1].

В Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) был выполнен проект "Цифровой двойник". Главной целью проекта было разработать цифровую модель города, используя 3D геотехнологии и дополненную реальность, чтобы решить задачи бизнеса и городских служб [2].

В Университете науки и технологий имени короля Абдуллы был разработан цифровой двойник кампуса университета городского масштаба для оценки транспортных выбросов при передвижении в кампусе. Основной задачей инициативы было оценить и оптимизировать проблемы урбанизации и изменения климата в надежной среде моделирования перед внедрением в реальном мире [3].

### ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

При проектировании цифровых двойников кампуса УУНиТ требуется учитывать множество аспектов, включая соответствие реальной инфраструктуре, точность географических данных, интеграцию с существующими информационными системами и учет потребностей пользователей. Важно отметить, что этот процесс является итеративным и требует постоянного обновления модели в соответствии с изменениями в окружающем мире и запросами пользователей.

Анализ предметной области предполагает понимание специфики объекта – учебного корпуса. Это включает в себя изучение его географического положения, архитектурных особенностей, внутренней планировки, инженерных систем и прочих характеристик. На основе этого анализа определяются основные требования к цифровому двойнику и выбирается соответствующий стек технологий.

Для создания трехмерной модели использовались различные программные и аппаратные решения, включая ГИС системы, пакеты для работы с географическими данными, инструменты для создания и визуализации трехмерных моделей и др.

Процесс создания моделей включает три этапа:

1. Сбор и анализ пространственных данных;
2. Векторизация объектов с указанием их атрибутов;
3. Создание 3D модели на основе атрибутивной информации.

В работе описывается технология создания модели на примере одного из учебных корпусов УУНиТ. На первом этапе происходит сбор и анализ источников данных. Для создания цифрового двойника необходимо иметь доступ к различным источникам пространственно-распределенных данных, таким как инженерные чертежи, проектно-сметная документация и т.д. Требуются различные проекции исследуемого объекта, отражающие как внешний вид, так и внутреннее устройство здания и его частей с различными технологическими сведениями. Важно не только собрать эти данные, но и провести их анализ, выделить ключевые элементы и атрибуты объекта. Часть чертежа используемого для векторизации учебного корпуса представлена на рис. 1.

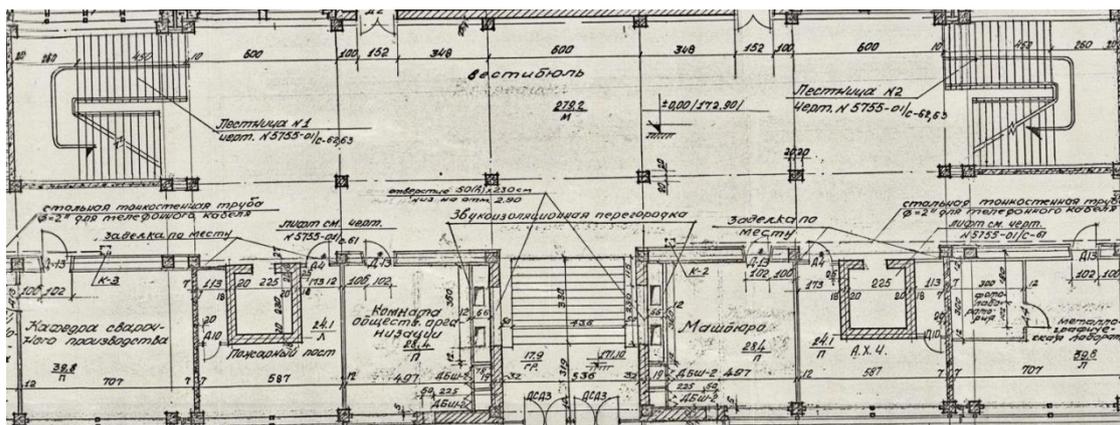


Рис. 1. Чертеж вестибюля первого этажа

Затем следует этап создания точных векторных данных на основе полученных данных. Это включает в себя процесс векторизации объектов на основе собранных данных. Каждый объект, такой как стена, окно, дверь и прочее, представляется в виде векторного полигона с указанием его атрибутов, таких как тип помещения, высота, площадь и прочее. Векторизованный первый этаж представлен на рис. 2.

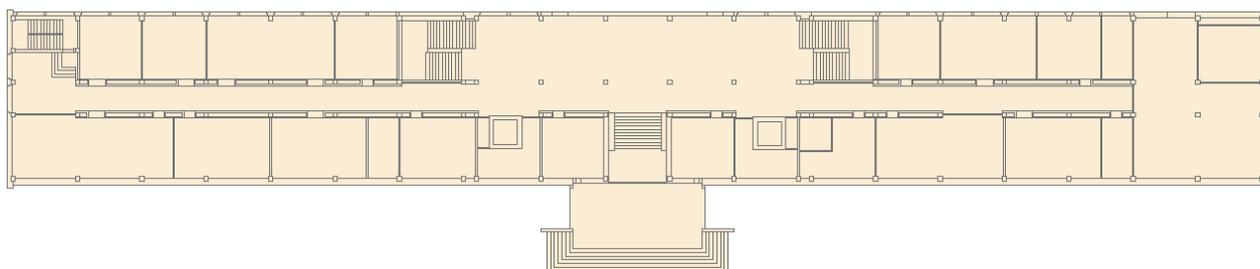


Рис. 2. Векторизованный первый этаж

На последнем этапе происходит создание трехмерной модели. Это важный шаг, требующий добавления третьей координаты ( $Z$ ) для каждого объекта, что позволяет представить модель в трехмерном пространстве. На рис. 3 представлен фрагмент 3D модели 1 этажа учебного корпуса, который был сделан на основе чертежа вестибюля первого этажа (см. рис. 1).

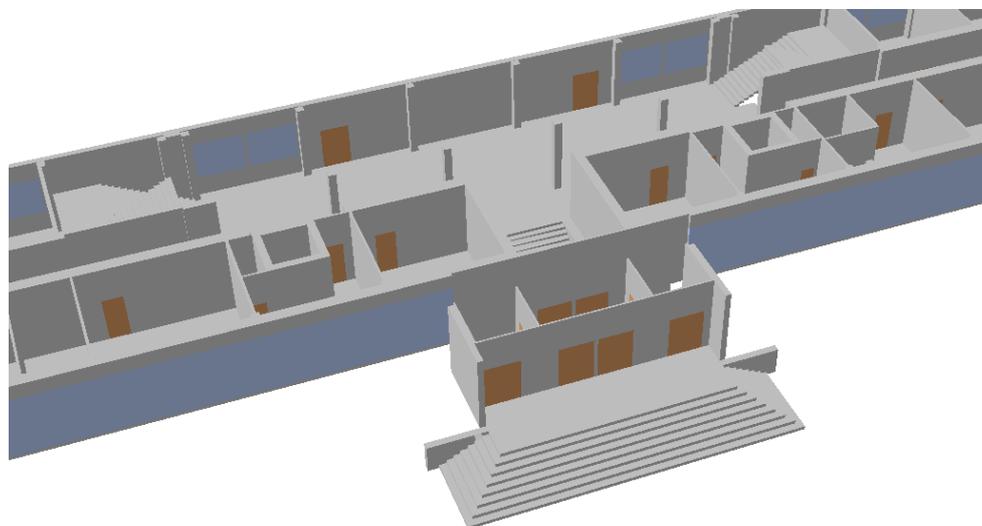


Рис. 3. Фрагмент 3D модели первого этажа учебного корпуса.

Таким образом, цифровой двойник учебного корпуса создается путем интеграции различных методов и технологий, начиная от анализа предметной области и выбора стека технологий, и заканчивая процессом создания трехмерной модели на основе точных векторных данных. Этот подход позволяет создать реалистичный и масштабируемый цифровой аналог реального объекта, что имеет множество применений в области проектирования, управления и обучения.

Подобным образом создана векторная электронная карта всех этажей учебного корпуса УУНиТ. В результате проведенных работ была создана точная трехмерная модель учебного корпуса, представленная на рис. 4.



Рис. 4. Цифровой двойник учебного корпуса УУНиТ в разрезе.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КАМПУСА

Визуализация трехмерной модели кампуса университета имеет множество преимуществ и находит применение в различных областях. Она способствует более точному планированию и проектированию кампуса, управлению ресурсами, повышению безопасности, улучшению информационного обслуживания и использованию в образовательных целях. Разработка стратегий также входит в число возможных применений трехмерной модели.

Принцип цифровизации кампуса заключается в создании цифрового двойника, который отображает и взаимодействует с реальными объектами и процессами, формируя цифровую экосистему. Экосистема "Умный кампус УУНиТ" объединяет все объекты университета в цифровой форме.

Цифровой двойник кампуса позволяет не только визуализировать и моделировать кампус, но и управлять и мониторить объекты и процессы в нем. Это способствует повышению эффективности и устойчивости кампуса, обеспечивая комфорт и безопасность для его пользователей.

Реализация экосистемы цифрового двойника кампуса включает использование различных современных технологий, таких как сенсорные сети, системы умного освещения и климат-контроля, а также виртуальные и дополненные реальности для обучения и навигации.

Цифровизация университетского кампуса стремится улучшить эффективность, удобство и безопасность его среды. Она охватывает все аспекты жизни на кампусе, от управления ресурсами и инфраструктурой до образовательного процесса и коммуникации, позволяя автоматизировать и оптимизировать их с помощью цифровых технологий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровизация не только повышает эффективность управления кампусом, но и создает новые возможности для обучения и взаимодействия студентов, преподавателей и персонала. Она способствует развитию инноваций и улучшению качества образования, позволяя более гибко адаптироваться к изменяющимся потребностям и требованиям современного образования. Экосистема цифрового двойника кампуса становится основой для развития умных и устойчивых кампусов будущего. Цифровой двойник кампуса, основанный на ГИС-технологиях, является виртуальным представлением реального кампуса. Он содержит пространственные данные, описывающие географические координаты, размеры, формы и расположение зданий, сооружений и других объектов в кампусе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сучи Р.** Что такое цифровые двойники и как высшее образование может их использовать? [Электронный ресурс]. URL: <https://edtechmagazine.com/higher/article/2022/03/what-are-digital-twins-and-how-can-higher-ed-use-them> (дата обращения: 08.06.2023).
2. **Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК).** Проект «Цифровой двойник» [Электронный ресурс]. URL: [https://miigaik.ru/student-research-and-development-center/proekt-tsifrovoy-dvoynik.php?sphrase\\_id=405734](https://miigaik.ru/student-research-and-development-center/proekt-tsifrovoy-dvoynik.php?sphrase_id=405734) (дата обращения: 08.06.2023).
3. **Faiad A. A., Abdel-Ghany S. M., Ayachi M., Ahmed S.** City Scale Digital Twins for Mobility Emissions Evaluation // 2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC). Marrakesh, Morocco, 2023. P. 1166–1171. doi: 10.1109/IWCMC58020.2023.10182944.
4. **Акули М., Островская А. А.** Цифровой двойник университета в современных условиях // Горизонты экономики. 2022. Т. 6 (72). С. 62–67.
5. **Думлер М. А.** Роль цифровых двойников в цифровой трансформации городов // Сборник трудов конференции. Омский государственный технический университет. 2022. С. 163–166.

## ОБ АВТОРАХ

**НУРИЕВ Батыр Амирович**, студ. каф. ГИС.

**АТНАБАЕВ Андрей Фарагатович**, доц. каф. ГИС. Канд. техн. наук. Иссл. в обл. применения ГИС технологий для решения прикладных задач.

## METADATA

**Title:** Development of Digital Twins for the Formation of an Intelligent Ecosystem of the Campus.

**Authors:** B. A. Nuriev<sup>1</sup>, A. F. Atnabaev<sup>2</sup>

**Affiliation:**

<sup>1,2</sup> Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

**Email:** <sup>1</sup> bat2003@mail.ru, <sup>2</sup> aaf1981@mail.ru,

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (31), pp. 96-100, 2024. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** This article analyzes the foundations of digital twin development for buildings and structures at Ufa State University of Science and Technology (UUST) as an essential component of the university's digitalization process. The technology for creating digital twins for buildings and structures is described, along with the advantages of visualizing a three-dimensional model and its applications in various fields. Special attention is paid to the significance of digital twins in enhancing the efficiency of university infrastructure management. The perspectives for utilizing the developed models for real-time data analysis and engineering task planning are also discussed.

**Key words:** digital twin; smart campus; spatial data; digitalization; GIS; three-dimensional modeling; information system; university infrastructure; visualization; data monitoring.

**About authors:**

**NURIEV, Batyr Amirovich**, Bachelor Student, Dept. of Geoinformation Systems (UUST).

**ATNABAEV, Andrew Faragatovich**, Associate Professor, Department of GIS, PhD in Technical Sciences. Researches the application of GIS technologies for solving applied problems (UUST).