

В. В. Гармаш¹, А. В. Дубровский²✉

Цифровое прототипирование пространственных структур: актуальность, цель и задачи

¹ ООО «2ГИС», г. Новосибирск, Российская Федерация,

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: avd5@ssga.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается роль цифрового прототипирования как элемента цифровой трансформации экономики государства. Цифровое прототипирование позволяет создавать виртуальные модели пространственных структур, включая объекты, процессы и явления, что значительно упрощает этапы проектирования и принятия управленческих решений. Авторы систематизируют основные задачи, которые необходимо решить на различных этапах разработки, в зависимости от специфики прототипа. Указанные задачи представлены в табличной форме для более наглядного восприятия. Исследование подтверждает, что инновационные технологии, такие как геоинформационные системы, 3D-моделирование, а также виртуальная и дополненная реальность, играют важную роль в интеграции данных о социально-экономических и экологических аспектах при планировании землепользования. Результаты исследования подчеркивают значение цифровых технологий в эффективном управлении процессами жизненного цикла пространственных структур.

Ключевые слова: цифровое прототипирование, пространственные структуры, 3D-моделирование, планировании землепользования, геоинформационные системы

V. V. Garmash¹, A. V. Dubrovsky²✉

Digital prototyping of spatial structures: relevance, purpose and objectives

¹ 2GIS, Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: avd5@ssga.ru

Abstract: This article examines the role of digital prototyping as an element of the digital transformation of the state economy. Digital prototyping allows you to create virtual models of spatial structures, including objects, processes and phenomena, which greatly simplifies the stages of design and management decision-making. The authors systematize the main tasks that need to be solved at various stages of development, depending on the specifics of the prototype. These tasks are presented in tabular form for a more visual perception. The study confirms that innovative technologies such as geographic information systems, 3D modeling, as well as virtual and augmented reality, play an important role in integrating data on socio-economic and environmental aspects in land use planning. The results of the study emphasize the importance of digital technologies in the effective management of the life cycle processes of spatial structures.

Keywords: digital prototyping, spatial structures, 3D modeling, land use planning, geographic information systems

Введение

В современных условиях быстроразвивающихся информационных технологий, цифровое прототипирование пространственных структур становится все более доступным и экономически рентабельным [1]. Исследования в этой области отвечают на ряд ключевых вызовов и потребностей различных отраслей, включая кадастр, землеустройство, мониторинг земель, архитектуру, строительство, а также автоматизированные системы управления сложными системами с природными компонентами.

Цифровое прототипирование является элементом цифровой трансформации экономики государства [2]. Оно позволяет создавать виртуальные модели пространственных структур, включая объекты, процессы и явления, что значительно упрощает этапы проектирования и принятия управленческих решений. В условиях, когда скорость изменений пространственных данных увеличивается, новые технологии помогают сократить время и затраты на разработку проектов по развитию территорий и вовлечение неиспользуемых земельных ресурсов в хозяйственный оборот. Визуализация и моделирование пространственных структур, цифровое прототипирование, помогают выявить потенциальные риски и угрозы на ранних стадиях проектирования. Это позволяет снизить количество ошибок, связанных с планированием пространственных структур, и обеспечивает более эффективное распределение ресурсов, что, в свою очередь, ведет к повышению общей эффективности землепользования [3]. В условиях глобальных экологических вызовов цифровое прототипирование становится особенно важным для разработки устойчивых пространственных решений.

Методы и материалы

Для подготовки статьи использовались следующие методы и материалы:

- метод литературного обзора: изучение существующих источников и публикаций по теме цифрового прототипирования;
- метод анализа кейс-стадий: анализ конкретных примеров реализации цифрового прототипирования в проектах;
- метод сравнительного анализа: оценка различных методов и подходов к цифровому прототипированию на основе критериев эффективности, стоимости и времени реализации.

Результаты

Цифровое прототипирование пространственных структур охватывает множество задач, которые необходимо решить на разных этапах разработки. Эти задачи могут варьироваться в зависимости от специфики проекта, но, как правило, они охватывают следующие ключевые направления, систематизировано представленные в таб. 1.

Задачи цифрового прототипирования пространственных структур

Задачи цифрового прототипирования	Результат	Описание результата цифрового прототипирования
Моделирование и визуализация	Создание трехмерных моделей	На первом этапе цифрового прототипирования разрабатываются детализированные 3D-модели пространственной структуры. Это позволяет визуализировать проект на различных стадиях его разработки, учитывая геометрию, размеры и функции
	Визуализация для представления и презентации проектов	Создание визуализаций позволяет заинтересованным сторонам проще понять концепцию проекта. Применяются 3D-модели, виртуальная и дополненная реальность
Анализ и симуляция	Структурный анализ	Проведение информационного (математического) моделирования
	Симуляции функциональности	Анализ поведения пространственных структур в различных условиях (например, при различных антропогенных нагрузках, климатических изменениях или взаимодействии с окружающей средой) для оценки эффективности системы управления
	Энергетический анализ	Моделирование энергоэффективности, определение потенциальных источников энергосбережения, а также анализ потребления ресурсов в процессе эксплуатации
	Тестирование	Сравнение цифрового прототипа с реальными объектами для оценки точности и функциональности
Оптимизация	Оптимизация проектных решений	Использование алгоритмов для поиска наиболее эффективных решений по конструкции, материалам и пространственному расположению элементов
	Адаптация под пользовательские требования	Учет обратной связи от конечных пользователей и возможность модификации прототипа
	Подбор и планирование ресурсов	На основе модели разрабатываются временные рамки для каждого этапа проекта. Это позволяет более точно выставить график работ и выделение ресурсов
Поддержка междисциплинарного сотрудничества	Интеграция различных дисциплин	Решение задач по обеспечению совместной работы между различными специалистами
	Обмен данными и совместимость	Создание совместимых форматов файлов и систем для обмена информацией между участниками проекта
	Обеспечение соответствия стандартам и нормативам	Обеспечение соответствия проектируемых структур действующим правилам, нормам и стандартам

Обсуждение

В рамках данного исследования были рассмотрены задачи, которые решает цифровое прототипирование пространственных структур. Существующие исследо-

вания подтверждают, что инновационные технологии, такие как ГИС, 3D-моделирование, виртуальная и дополненная реальность, способны интегрировать данные о социально-экономических и экологических аспектах при проектировании территорий [4, 5]. Цифровое прототипирование позволяет визуализировать разнообразные сценарии и оценивать их последствия до начала реализации проектов [6]. Это согласуется с идеями о необходимости вовлечения наук о Земле в процессы планирования для достижения устойчивости пространственных структур при их взаимодействии [7]. Как показано в работах [8, 9], использование цифровых прототипов, основанных на геоданных, позволяет анализировать динамику социальных и пространственных процессов, что крайне важно для адаптивного управления территориями [10].

Заключение

Цифровое прототипирование пространственных структур решает широкий спектр задач, от создания и визуализации моделей территории до их анализа, оптимизации и контроля параметров. Эти процессы не только повышают качество проектируемых объектов, но и способствуют более устойчивому и эффективному использованию земельных и других природных ресурсов, что является важным элементом в современном территориальном управлении, землеустройстве, строительстве и архитектуре. Таким образом, цифровое прототипирование это инструмент для разработки прогнозных моделей поведения сложных пространственных структур на всех этапах их жизненного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Карпик, А. П. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития / А. П. Карпик, И. А. Мусихин, Д. Н. Ветошкин. // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 155–163. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-155-163.
- 2 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
- 3 Дубровский, А. В. Методическое и технологическое обеспечение системы эффективного землепользования / А. В. Дубровский. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – ООО «Издательство Спутник+». – 2022. – № 4 (167). – С.114–120.
- 4 Weicheng W., Mingxing H., Yalan L. Geo-Information Technology and Its Applications. – MDPI, 2022. – DOI:10.3390/books978-3-0365-5996-4.
- 5 Басова, И. А. Информационная основа мониторинга загрязнения почвенного покрова / И. А. Басова, А. А. Миненко, В. И. Ишутина // Горный журнал. – 2009. – № 2. – С. 77–79.
- 6 Imran S. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. – Architectural Engineering, 2011. – P. 1225–1336.
- 7 Мерзликина, Г. С. Стратегические приоритеты устойчивого развития региона и бизнеса / Г. С. Мерзликина, Н. О. Могхарбел, Т. Е. Кожанова. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2024. – 168 с.
- 8 Batty, M. (2005). Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals. MIT Press, 2007. – 592 pp.
- 9 Shehu D., Lezzerini L. The challenges of applying Big Data in the urban planning practices for the developing countries. Case study in Albania, Scientific Academy of Albania, 2024. – P. 211–218. – DOI:10.37199/c41000117.
- 10 Воронов, А. С. Пространственный подход в развитии социально-экономических систем регионов / А. С. Воронов // Государственное управление. Электронный вестник. – 2019. – № 75. – С. 249–267.

© В. В. Гармаш, А. В. Дубровский, 2025