

Управление в организационных системах

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 004.65

doi: 10.30987/2658-6436-2025-2-65-73

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ И ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Дмитрий Александрович Кривошеев^{1✉}, Дарья Викторовна Блинова^{2✉}

^{1, 2} Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет, г. Уфа, Россия

¹ dakrivosheev@gmail.com

² blinova.darya@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена применению цифровых информационных моделей (ЦИМ) в нефтегазовой отрасли России и методам синхронизации данных между геоинформационными системами (ГИС) и ЦИМ. В условиях глобальной цифровизации и ограниченного доступа к зарубежному программному обеспечению (ПО), российские компании нефтегазового сектора активно используют ЦИМ для управления инфраструктурой. Авторы рассматривают важность применения ЦИМ для эффективного управления месторождениями, трубопроводами и перерабатывающими заводами, а также проблемы рассогласования данных между различными системами. Особое внимание уделяется выбору инструментальной базы для реализации ГИС на основе российских и open-source решений. Обсуждаются популярные open-source программы, такие как QGIS, PostgreSQL с PostGIS, GeoServer, OpenLayers и GRASS GIS, которые могут быть использованы для создания корпоративной ГИС. Рассмотрен вопрос обменного формата данных ЦИМ и ГИС, уделяя внимание формату IFC как стандарту для обмена данными в строительной отрасли. Рассматриваются подходы к синхронизации атрибутивной информации между ЦИМ и ГИС, а также представление объектов в ЦИМ и ГИС на примере нефтепровода. Предложен механизм синхронизации данных, который включает внесение изменений в структуру и наполнение баз данных, а также обеспечение внесения уникального идентификатора (UID) для каждого объекта. Это позволит упростить процедуру формирования единого информационного пространства предприятия. В заключении подчёркивается актуальность совместного использования ЦИМ и геопространственных данных в организациях и указываются перспективы развития, включая создание библиотек 3D-объектов и интеграцию с IoT-системами для мониторинга инфраструктуры.

Ключевые слова: геопространственные данные, цифровые информационные модели, синхронизация, нефтегазовый сектор, ГИС, BIM, IFC, импортозамещение

Для цитирования: Кривошеев Д.А., Блинова Д.В. Формализация процедуры синхронизации геопространственных данных и цифровых информационных моделей // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2025. №2 (28). С. 65-73. doi: 10.30987/2658-6436-2025-2-65-73.

Original article

Open Access Article

FORMALIZATION OF GEOSPATIAL DATA AND DIGITAL INFORMATIONAL MODEL SYNCHRONIZATION PROCEDURE

Dmitry A. Krivosheev^{1✉}, Darya V. Blinova^{2✉}

^{1, 2} Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

¹ dakrivosheev@gmail.com

² blinova.darya@gmail.com

Abstract. The article focuses on applying digital informational models (DIM) in the oil and gas industry of Russia and synchronization methods for data exchange between geographic information systems (GIS) and DIM. Given global digitization trends and limited access to foreign software solutions (SS), Russian oil and gas companies actively employ DIM for infrastructure management. The authors emphasize the importance of implementing DIM for effective control over fields, pipelines, and refining plants while highlighting challenges arising from data inconsistencies among different systems and paying specific attention to selecting tools for implementing GIS based on domestic and open-source solutions. The authors discuss various popular open-source programs such as QGIS, PostgreSQL with PostGIS, GeoServer, OpenLayers, and GRASS GIS as potential candidates for corporate GIS deployment. The paper explores the issue of exchanging data formats between DIM and GIS, focusing on the IFC standard commonly used in construction; examines approaches to synchronizing attribute information between DIM and GIS, including representation examples using an oil pipeline. A proposed mechanism for data synchronization includes modifications to database structures and content updates, ensuring each object receives a unique identifier (UID). This approach simplifies the procedure for forming a unified information space within the company. In conclusion, the relevance of joint usage of DIM and geospatial data in organizations is emphasized, outlining future prospects like building libraries of 3D objects and integrating IoT systems for monitoring infrastructure.

Keywords: geospatial data, digital informational models, synchronization, oil and gas sector, GIS, BIM, IFC, import substitution

For citation: Krivosheev D.A., Blinova D.V. Formalization of Geospatial Data and Digital Informational Model Synchronization Procedure. Automation and modeling in design and management, 2025, no. 2 (28). pp. 65-73. doi: 10.30987/2658-6436-2025-2-65-73.

Введение

Нефтегазовый сектор характеризуется высокой сложностью управления инфраструктурой, включающей месторождения, трубопроводы, перерабатывающие заводы и другие объекты. Для эффективного управления этими активами используются:

- геопространственные данные (координаты, карты, данные дистанционного зондирования);
- цифровые информационные модели (ЦИМ), такие как *BIM* (*Building Information Modeling*) и *CAD*-модели.

Цифровые информационные модели (ЦИМ) становятся неотъемлемой частью современной экономики и промышленности, и их использование в России приобретает особую значимость в условиях глобальной цифровизации и технологической трансформации. Цифровые информационные модели представляют собой виртуальные копии физических объектов, процессов или систем, которые используются для проектирования, строительства, эксплуатации и управления. В России их применение охватывает широкий спектр отраслей, включая строительство, энергетику, транспорт, нефтегазовый сектор и городское хозяйство.

Внедрение технологий информационного моделирования (*BIM*, *Building Information Modeling*) позволяет значительно повысить эффективность проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Цифровые информационные модели обеспечивают точное планирование, координацию между участниками проекта и минимизацию ошибок на этапе проектирования. Это особенно важно в условиях России, где климатические и географические особенности часто усложняют строительные процессы. Например, в регионах с суровым климатом или сложным рельефом ЦИМ позволяют заранее проработать все технические решения и избежать дорогостоящих изменений на этапе строительства.

Кроме того, использование ЦИМ способствует снижению затрат и сроков строительства объектов [1]. В России, где инфраструктурные проекты часто сталкиваются с проблемами финансирования и затягивания сроков, это может стать важным фактором повышения эффективности. Например, при строительстве мостов, дорог или объектов энергетики ЦИМ позволяют оптимизировать использование ресурсов и сократить количество отходов.

Нефтегазовый сектор является одной из ключевых отраслей российской экономики, и использование цифровых информационных моделей здесь имеет особое значение. Цифровые информационные модели позволяют создавать виртуальные копии месторождений, нефтеперерабатывающих заводов, трубопроводов и других объектов, что обеспечивает возможность их эффективного управления и мониторинга.

Проблема рассогласования данных между этими системами приводит к ошибкам в проектировании, эксплуатации и обслуживании объектов. В условиях ограниченного доступа к зарубежному ПО, актуальной задачей становится разработка методик синхронизации данных систем на основе российских и *open-source* решений.

Методология синхронизации данных

Выбор инструментальной базы для реализации геоинформационной системы. В условиях ограниченного доступа к зарубежному программному обеспечению, предприятия нефтегазового сектора могут использовать только российские и *open-source* решения для реализации информационной инфраструктуры предприятия.

Каждая крупная компания решает, какие программные продукты в сфере ГИС максимально отвечают её потребностям. При выборе рассматриваются вопросы доступности программного обеспечения, стоимости, информационной базы, наличия технической поддержки, возможности дополнения модулями и масштабирования системы.

В предыдущие годы часто крупные кампании нефтегазовой отрасли использовали зарубежные коробочные решения, такие как *ESRI ArcGIS Server (Enterprise)*, позволяющие развернуть на имеющейся инфраструктуре предприятия полноценную геоинформационную систему с большим количеством возможностей и понятным интерфейсом.

Учитывая геополитические события прошлых лет, многие зарубежные программные продукты стали не доступны для российских пользователей. Более того, российское руководство заблаговременно начало работу над проработкой вопросов по импортозамещению зарубежных программных комплексов.

Безусловно, за короткий промежуток времени крайне сложно создать программное обеспечение аналогичное или опережающее в своём функционале программы с миллионами пользователей по всему миру с десятками лет разработки и модификаций.

Несмотря на это, на российском рынке есть компании, которые предлагают отечественные коммерческие программные продукты в области ГИС для применения в бизнесе. В качестве примера можно привести компанию *NextGIS*, которая является в данный момент одним из основных разработчиков российских геоинформационных комплексов программ.

Но кроме коммерческих программных продуктов существует множество *open source* программ, закрывающих большую часть существующих базовых задач в области ГИС.

Создание корпоративной геоинформационной системы (ГИС) на основе *open-source* решений является актуальным и экономически эффективным подходом, особенно в условиях, когда предприятия стремятся минимизировать затраты на программное обеспечение и обеспечить гибкость в настройке и интеграции систем. *Open-source* программы предоставляют широкие возможности для создания, управления и анализа геопространственных данных, а также позволяют адаптировать систему под конкретные задачи предприятия.

Ключевые *open-source* программы, которые возможно использовать для создания корпоративной ГИС.

1. Настольное ПО *QGIS (Quantum GIS)* является одной из самых популярных *open-source* ГИС в мире. Это мощная и многофункциональная система, которая поддерживает работу с векторными и растровыми данными, а также предоставляет широкие возможности для анализа и визуализации геопространственной информации. *QGIS* поддерживает множество форматов данных, включая *Shapefile*, *GeoJSON*, *KML*, а также позволяет подключаться к базам данных, таким как *PostgreSQL* с расширением *PostGIS*. Для корпоративной ГИС *QGIS* может быть использован как основной инструмент для работы с геоданными. Он поддерживает создание пользовательских плагинов, что позволяет адаптировать систему под специфические задачи предприятия.

2. Система управления базами данных *PostgreSQL* с дополнением *PostGIS* – расширение для работы с геоданными. *PostGIS* является расширением для СУБД *PostgreSQL*, которое

добавляет поддержку геопространственных данных. Это позволяет хранить, запрашивать и анализировать геоданные непосредственно в базе данных. *PostGIS* поддерживает множество геометрических типов данных и функций для пространственного анализа, таких как вычисление расстояний, площадей, пересечений и других операций.

Использование *PostGIS* в корпоративной ГИС позволяет создать централизованное хранилище геоданных, к которому могут подключаться различные приложения и системы. Это обеспечивает высокую производительность и масштабируемость системы, что особенно важно для крупных предприятий с большими объемами данных.

3. *GeoServer* – это *open-source* сервер, который позволяет публиковать геопространственные данные в виде веб-сервисов, таких как *WMS* (*Web Map Service*), *WFS* (*Web Feature Service*) и *WCS* (*Web Coverage Service*). Это делает данные доступными для использования в различных приложениях, включая веб-карты и мобильные приложения.

В корпоративной ГИС *GeoServer* может быть использован для создания централизованного сервиса геоданных, к которому могут подключаться различные подразделения предприятия. Это обеспечивает единый доступ к актуальной информации и упрощает процесс обмена данными между отделами.

4. *OpenLayers* – библиотека для создания веб-карт. Она представляет собой *open-source* *JavaScript* библиотеку для создания интерактивных веб-карт. Она поддерживает работу с различными источниками данных, включая *WMS*, *WFS*, *GeoJSON* и другие форматы. *OpenLayers* позволяет создавать пользовательские интерфейсы для визуализации и анализа геоданных, что делает ее идеальным инструментом для разработки веб-приложений в рамках корпоративной ГИС.

Использование *OpenLayers* позволяет создать удобный и интуитивно понятный интерфейс для работы с геоданными, который может быть доступен через браузер. Это особенно важно для предприятий, где сотрудники из разных подразделений должны иметь доступ к геопространственной информации.

5. *GRASS GIS* (*Geographic Resources Analysis Support System*) – это мощная *open-source* система для анализа геопространственных данных. Она предоставляет широкие возможности для обработки растровых и векторных данных, а также для выполнения сложных пространственных анализов, таких как моделирование рельефа, гидрологический анализ и анализ изменений земного покрова.

В корпоративной ГИС *GRASS GIS* может быть использован для выполнения специализированных аналитических задач, таких как прогнозирование рисков, планирование инфраструктуры или мониторинг природных ресурсов. Система поддерживает интеграцию с другими *open-source* инструментами, такими как *QGIS* и *PostGIS*, что делает ее универсальным решением для анализа данных.

6. *GDAL* (*Geospatial Data Abstraction Library*) и *OGR* (*Simple Features Library*) – это *open-source* библиотеки для работы с растровыми и векторными геоданными. Они поддерживают множество форматов данных и предоставляют инструменты для конвертации, обработки и анализа данных.

В корпоративной ГИС *GDAL/OGR* могут быть использованы для автоматизации процессов обработки данных, таких как конвертация форматов, обработка больших объемов данных или интеграция с другими системами. Эти библиотеки могут быть интегрированы в пользовательские приложения или использованы в скриптах для выполнения рутинных задач.

В целом, комбинаций элементов, используемых для формирования геоинформационной системы предприятия может быть множество. Для определенных типов задач возможно использование нескольких схожих по функционалу программ одновременно. К примеру, в качестве настольного приложения для работы с геопространственными данными у одного и того же специалиста на рабочем месте могут быть установлены одновременно бесплатный *QGIS* и платное отечественное ПО, такое как *NextGIS* [2].

Обменный формат данных ЦИМ и ГИС. В качестве обменного формата ЦИМ чаще всего используется *IFC*. В российском законодательстве формат *IFC* закреплён на уровне

Национального стандарта ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства» [3].

Формат *IFC* (*Industry Foundation Classes*) – это открытый стандарт для обмена данными в строительной отрасли, разработанный *buildingSMART* [4], который:

- поддерживает объектно-ориентированную структуру (стены, трубы, оборудование);
- позволяет хранить атрибутивную информацию (материалы, свойства объектов);
- совместим с российскими нормативными требованиями.

С тенденцией перехода сервисов в облачные решения, начали появляться библиотеки открытого доступа и бесплатные программы по работе с *BIM*-моделями в *web*, такие как «*IFC.JS*» [5, 6].

«*IFC.JS*» даёт возможность *BIM*-специалистам или разработчикам из других сфер создавать собственные *BIM*-решения для различных бизнес-задач.

IFC.js – это библиотека *JavaScript* для работы с моделями *IFC* в браузере. Она полностью бесплатная и распространяется по свободной лицензии *MIT*.

Библиотека *IFC.js* является мультиязычной и состоит из трёх основных компонентов:

- *web-ifc* – ядро библиотеки. Отвечает непосредственно за чтение формата *IFC*;
- *web-ifc-three* – компонент отвечает за создание и отображение 3D-сцены из считанных ядром *web-ifc* данных;
- *web-ifc-viewer* – браузерный просмотрщик 3D-сцен, полученных после обработки предыдущими двумя компонентами. Кроме непосредственной визуализации, возможно дополнить окно пользователя готовыми базовыми инструментами работы с цифровой информационной моделью.

Практическая реализация

Для охвата максимального числа сотрудников различных подразделений предприятия чаще всего используется веб-порталы. В части получения справочной геоинформационной информации этот вариант наиболее удобен и имеет массу преимуществ. Для доступа к основной информации из 3D-моделей, также возможен и наиболее прост для большинства пользователей, так как не будет требовать установки дополнительных программ.

Учитывая то, что в принятом порядке создания трехмерных моделей и прочей документации первоочередным является создание трехмерной информационной модели и уже после следует этап генерации из нее и получения двумерных данных – 3D-модель является первоисточником информации о геометрии объектов с максимальной точностью.

При объединении геоинформационных систем классического 2D-представления с трехмерными информационными моделями первоочередная задача – это связывание атрибутивной информации как в одну сторону, так и в другую.

Синхронизация атрибутивной информации между ЦИМ и ГИС. Перенос информации из справочной информационной системы или ГИС в 3D-модель, зачастую не требуется, но в случае выявления ошибок или устаревших данных в трехмерном представлении потребуется перестройка трехмерной модели.

В данном случае возможно два подхода:

– корректировка существующего обменного файла и дальнейший перенос информации в среду разработки трехмерных информационных моделей с дальнейшей корректировкой файла исходного проекта, проверки на коллизии и прочие моменты;

– формирование отчетных лог-файлов по итогам сравнения модели и объектов. В них будет отображена информация об объекте и нестыковках в данных в других информационных системах для того, чтобы в дальнейшем специалисты могли скорректировать и определить тот источник данных, который является некорректным по той или иной причине.

Создание именно отчетного варианта для дальнейшей проверки конкретными специалистами, которые отвечают за целостность и корректность информации в базе, авторам

статьи видится наиболее подходящим, учитывая тот факт, что не каждый пользователь информационной системы обладает необходимыми навыками и знаниями по обработке геопространственной информации.

В случае возникновения ошибок именно специалисты в области *GIS* и *3D* моделирования могут четче сформулировать и определить источник проблем. Опять же, способ проверки вручную всех объектов именно специалистами в области *GIS* и *BIM* является крайне трудозатратным, и подключение конечных пользователей к своеобразному тестированию, имеющихся данных в системе, является предпочтительным способом выявления ошибок.

Представление объекта в ЦИМ и ГИС на примере нефтепровода. На территории нефтяного месторождения находится большое количество различных производственных объектов, как линейных, так и площадных. Линейные объекты являются протяженными и не столь интересны, для *3D*-моделирования в первую очередь. Площадные объекты несут в себе гораздо больший интерес для большого круга специалистов предприятий нефтегазового сектора. На площадном объекте, в свою очередь, находятся различные коммуникации, производственные объекты.

Взяв, к примеру, нефтяную трубу, которая на чертежах мелкого масштаба может быть представлена единым объектом с одним идентификатором, но при более детальном рассмотрении, в частности в *3D* модели, труба представляет собой набор отдельных элементов, таких как прямые сегменты трубы, поворотные сегменты, оборудование, находящееся на данной трубе, такие как датчики, задвижки и прочее (рис. 1). У всех этих частей конкретной трубы в *3D*-модели прописаны свои уникальные элементы, уникальные идентификаторы, при этом родительским является ось трубы, которая как бы группирует все остальные элементы.

При подключении к базе данных и визуализации всех этих элементов в виде иерархического дерева, понимая, что к чему относится, мы можем получить гораздо больше информации и иметь более четкое представление о тех задачах, которые необходимо выполнить для заданного сегмента нефтепровода.

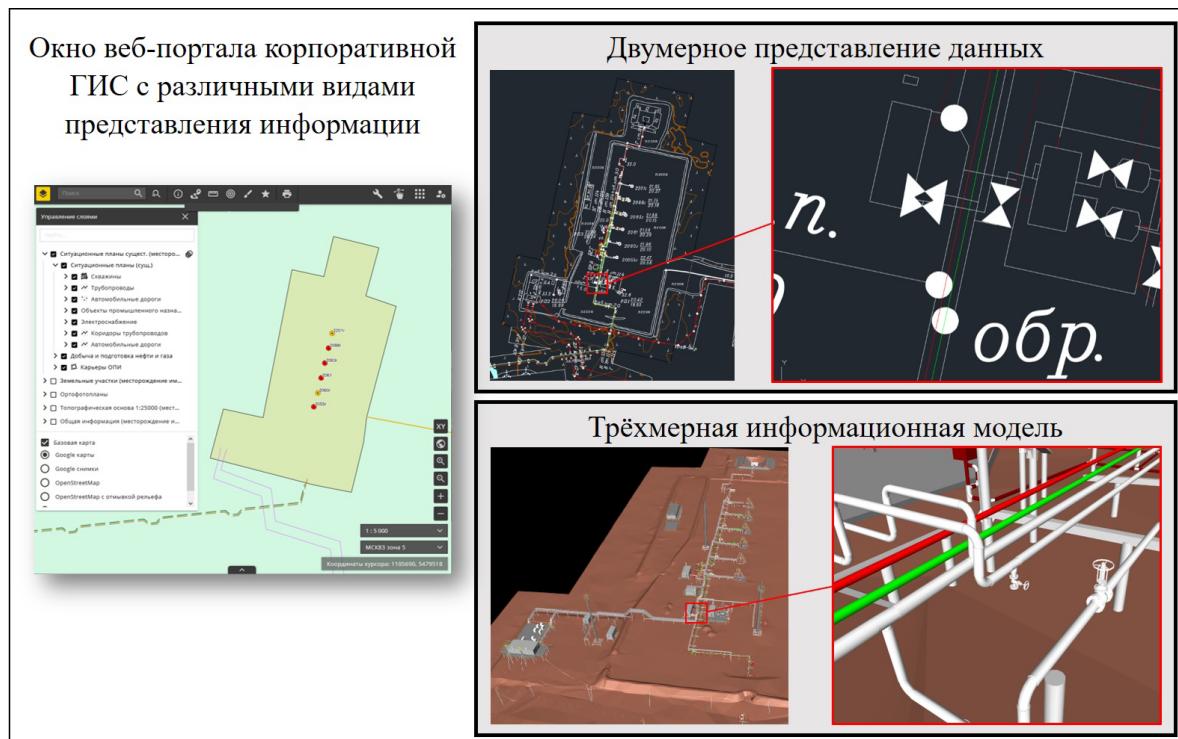


Рис. 1. Пример визуализации данных в 2D и 3D
Fig. 1. Example of 2D and 3D data visualization

Реализация механизма синхронизации данных. Безусловно, разработка механизма синхронизации данных потребует внесение изменений в структуру и наполнение баз данных.

Информационный массив, включающий в себя разнородную информацию, необходимую для управления объектами нефтегазовой отрасли, можно представить в следующем виде:

$$S = \{I_{\text{ИС}} \cup I_{\text{ГИС}} \cup I_{\text{ЦИМ}}\},$$

где $I_{\text{ИС}}$ – информация об объекте в специализированной информационной системе; $I_{\text{ГИС}}$ – информация об объекте в геоинформационной системе; $I_{\text{ЦИМ}}$ – информация об объекте в трёхмерной информационной системе.

Для связывания двумерного и трёхмерного представлений объектов потребуется внесение в базу геоданных ссылок на обменный 3D-файл. Учитывая, что ссылка на 3D-файл может со временем измениться в связи с дополнениями основной модели, наиболее оптимальным является вариант создания дополнительного полигонального слоя с нанесёнными границами имеющихся трёхмерных моделей и актуальных ссылок на текущие обменные файлы. Это позволит сократить время на поиск объектов на карте потенциально имеющих объемное представление в 3D-файле путём применения инструмента геопространственного поиска пересекающихся с границами имеющихся трёхмерных объектов.

Также, что является наиболее важным не только для синхронизации данных 2D и 3D, но и для всей информационной структуры предприятия, необходимо обеспечить внесение в базу уникального идентификатора (*UID*). Внесение *UID*, который будет являться единственным для конкретного объекта на протяжении всего его жизненного цикла, позволит в дальнейшем максимально упростить процедуру формирования единого информационного пространства предприятия. В качестве существующего аналога *UID* в любой фирме можно назвать инвентарные номера, наносимые на мебель и технические средства. При этом, к примеру, службы материально-технического обеспечения могут продолжать работать с уже сформированными инвентарными номерами в программных продуктах учета, а поле с *UID* будет внесено в базу данных в качестве дополнительного.

При создании ЦИМ на этапе проектирования *UID* задается сразу и в дальнейшем используется в других системах. В том случае, если ЦИМ создаётся на этапе эксплуатации *UID* следует вносить в модель из корпоративной геоинформационной базы данных или любой другой информационной системы предприятия.

Порядок взаимодействия пользователя с КГИС для поиска соответствующих объектов в двумерном и трёхмерном представлении в общем виде представлен на активити-диаграмме (рис. 2).

Заключение

Вопрос совместного использования цифровых информационных моделей и существующих в организации геопространственных данных является в данный момент особенно актуальным. Учитывая стоимость разработки ЦИМ и тенденцию к максимальному извлечению пользы из имеющихся нематериальных активов, к коим можно отнести ЦИМ, требуется дальнейшая проработка механизмов синхронизации данных и доступа пользователей организации к ним.

Предложенный в статье подход позволяет: устраниТЬ рассогласование между геопространственными данными и ЦИМ; снизить трудозатраты за счет автоматизации; обеспечить максимальное число сотрудников простым доступом к трёхмерной информации о промышленных объектах.

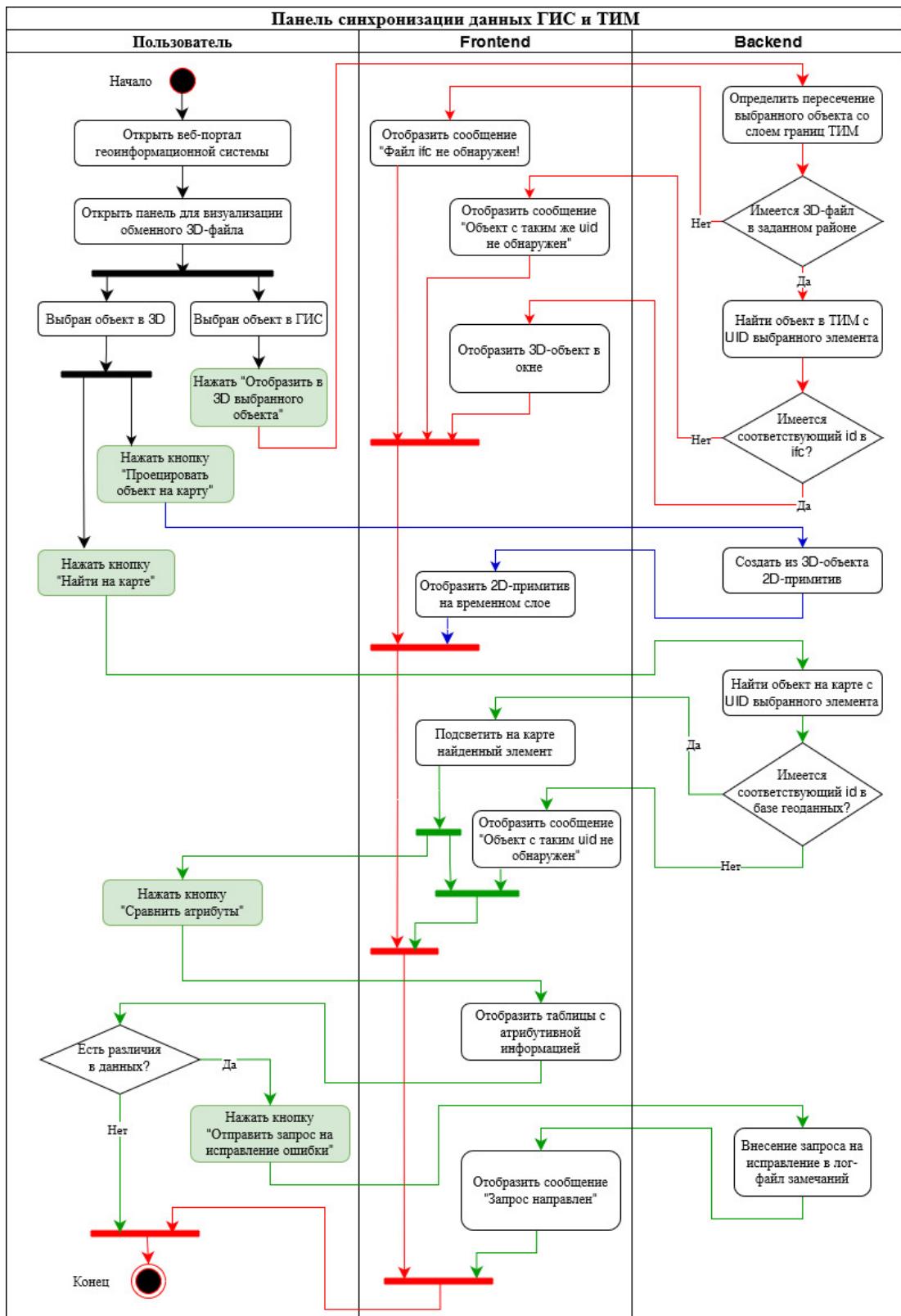


Рис. 2. Активити-диаграмма последовательности действий пользователя КГИС
Fig. 2. Sequence of action activity diagram for CGIS user

Перспективы работы включают развитие библиотек 3D-объектов и углубленную интеграцию с различными системами предприятия, в том числе с IoT-системами [7] для мониторинга инфраструктуры, что позволит предотвращать и минимизировать потенциальный ущерб в случае чрезвычайных ситуаций, оперативно реагируя на изменения различных параметров, таких как уровень задымленности, радиационного фона, температуры, освещённости.

Список источников:

1. Дмитриев А., Тамбовцева Т., Папикян Л., Цыганкова А. Современный опыт инновационного развития строительства на основе технологий информационного моделирования в России и за рубежом // Недвижимость: экономика, управление. – 2019. – с. 104-108.
2. NextGIS – готовое решение для работы с геоданными [Электронный ресурс], режим доступа: <https://nextgis.ru/>
3. ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства».
4. BuildingSMART – the International Alliance for Interoperability (IAI) [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.buildingsmart.org/>
5. Д.А. Кривошеев, Д.В. Блинова Формирование единого информационного пространства предприятия на основе интеграции геоинформационных систем и систем моделирования зданий и сооружений // International Journal of Open Information Technologies. – 2025. – vol. 13. – № 2.
6. Open source IFC implementation for C++ [Электронный ресурс], режим доступа: <https://ifcquery.com/>
7. К.С. Пономарев, А.Н. Феофанов, Т.Г. Гришина Цифровой двойник производства – средство цифровизации деятельности организации // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2019. – № 2(04). – с. 11-17.

Информация об авторах:

Кривошеев Дмитрий Александрович

аспирант кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики, Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ), Россия, г. Уфа.

Блинова Дарья Викторовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики, Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ).

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.05.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2025; принята к публикации 19.05.2025.

The article was submitted 01.05.2025; approved after reviewing 15.05.2025; accepted for publication 19.05.2025.

Рецензент – Пугачев А.А., доктор технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Pugachev A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.

References:

1. Dmitriev A., Tambovtseva T., Papikyan L., Tsygankova A. Russian and Foreign Contemporary Experience in Implementation of Innovations in Construction Projects Using Information Modelling Technologies. Real Estate: Economics, Management. 2019;104-108.
2. NextGIS – Ready Solution for Working with Geodata [Internet]. Available from: <https://nextgis.ru/>
3. GOST R 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries.
4. BuildingSMART – International Alliance for Interoperability (IAI) [Internet]. Available from: <https://www.buildingsmart.org/>
5. Krivosheyev D.A., Blinova D.V. Formation of a Unified Information Space of an Enterprise Based on the Integration of Geographic Information Systems and Systems for Modelling Buildings and Structures. International Journal of Open Information Technologies. 2025;13:2.
6. Open Source IFC Implementation for C++ [Internet]. Available from: <https://ifcquery.com/>
7. Ponomarev K.S., Feofanov A.N., Grishina T.G.. Enterprise Digital Twin – Instrument of Digitalization of the Activity of the Organization. Automation and Modelling in Design and Management. 2019;2(04):1-17.

Information about the authors:

Krivosheyev Dmitry Aleksandrovich

Postgraduate Student at the Department of Computer Engineering and Engineering Cybernetics of Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia.

Blinova Darya Viktorovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Engineering Cybernetics of Ufa State Petroleum Technical University.