

# ГЕОГРАФИЯ

## Геоэкология

Научная статья  
УДК 528.9  
DOI 10.18101/2587-7143-2023-2-29-40

### ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

© **Петров Сергей Алексеевич**

аспирант,

Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова

sergei\_petrov13@mail.ru

© **Урбанова Чимита Болотовна**

кандидат географических наук, доцент,

заведующая кафедрой географии и геоэкологии,

Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова

chimita76@gmail.com

**Аннотация.** Целью статьи является изучение особенностей геоинформационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры как одного из направлений цифровизации железнодорожного сегмента, способствующей повышению его инвестиционной привлекательности. В статье рассматриваются требования к сбору геоинформации при геоинформационном моделировании объектов железнодорожной инфраструктуры, источники и особенности этой информации. Приводятся понятие и сущность геоданных, выявляются возможности геоинформационного моделирования, обусловленные его системностью. Отмечается двойственность моделей геоинформационных систем, создающая возможность работы с моделью через визуальный редактор и интерфейс базы данных. Рассматриваются методы моделирования географических объектов в геоинформационных системах и модели организации базы данных в них. Выявляются функции геоинформационных систем как программного обеспечения для работы с пространственно-координированными данными, приводятся основные предпосылки цифровизации железнодорожной отрасли. Рассматриваются особенности и возможности единой железнодорожной геоинформационной системы как цифрового двойника физических объектов железнодорожной инфраструктуры. Приводится информационная база, которая требуется геоинформационной системе для нахождения и использования оптимальных сценариев управления всем железнодорожным комплексом и отдельными инфраструктурными объектами. Выявляются этапы технологии геоинформационного моделирования с использованием мобильного лазерного сканирования, обосновывается выбор массового трехмерного моделирования. Рассматриваются геоинформационные модели, которые входят в состав массовой геоинформационной модели объектов железнодорожной инфраструктуры. Приводятся специфика и этапы трехмерного геоинформационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры. В заключение отмечаются особенности геоинформационного моделирования, которые позволяют решать уникальные задачи, и

приводятся эффекты от создания единой железнодорожной геоинформационной системы.

**Ключевые слова:** железнодорожная инфраструктура, цифровизация, геоинформатика, геоинформационное моделирование, геоинформационные системы, геоданные, географические объекты.

#### **Для цитирования**

Петров С. А., Урбанова Ч. Б. Геоинформационное моделирование объектов железнодорожной инфраструктуры // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2023. № 2. С. 29–40.

#### **Введение**

Развитие промышленных и транспортных предприятий во всем мире ориентировано на цифровизацию, инструменты которой позволяют совершенствовать организационное взаимодействие объектов и получать более удобное производство, требующее меньших затрат [9]. Цифровизация дает возможность сократить воздействие человеческого фактора на технологические процессы и приблизиться к внедрению в производство киберфизических систем. Одним из ключевых трендов в транспортной отрасли России является цифровизация железнодорожного сегмента как одного из системообразующих в экономике. Основная цель использования технологий автоматизации и цифровизации технологических процессов в железнодорожной отрасли — повышение ее инвестиционной привлекательности, заключающееся в увеличении эффективности и надежности всех компонентов механизма железных дорог, сокращении затрат на обслуживание, повышении производительности труда и результативности строительства, а также совершенствовании технологий содержания подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры.

Для достижения новых эффектов в работе железнодорожного комплекса перспективным представляется использование технологий цифрового моделирования [16]. С учетом протяженности и разнородности условий расположения объектов железнодорожной инфраструктуры оптимальным является применение технологий геоинформационного моделирования, позволяющих на основе пространственно-координированных данных генерировать новые информационные и геоинформационные модели и создавать информационные ресурсы. Возможности геоинформационного моделирования для совершенствования железнодорожной отрасли обуславливают актуальность исследования его механизма и технологий.

#### **Материалы и методы**

Для достижения цели исследования использовались аналитический, синтетический, индуктивный и дедуктивный методы обработки тематических исследований, научных публикаций и релевантных литературных источников.

Одной из ключевых задач прикладной транспортной геоинформатики является выявление и фиксация пространственных отношений между явлениями, объектами и процессами в области транспорта [5]. Данная задача решается при помощи методов классификаций и координатных систем. При моделировании объектов железнодорожной инфраструктуры используется междисциплинарный перенос знаний, формирующий синергетический эффект через эффект интеграции.

В основе построения геоинформационных моделей лежит сбор геоинформации — базовых данных о территории, необходимых и достаточных для пространственного описания и географической привязки элементов модели территории к координатной системе [20]. Особенностью геоинформационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры являются особые требования к сбору информации, обуславливающие комплексное применение фотограмметрических, геодезических, картографических и цифровых технологий, а также технологий GNSS и дистанционного зондирования Земли для сбора необходимых данных [4]. Собранная информация поступает на хранение в геоинформационную систему (далее — ГИС), базу пространственных данных, хранилища данных, базу геоданных и инфраструктуру пространственных данных.

В качестве источников информации могут использоваться архивные и картографические данные, вводящиеся при помощи таких цифровых методов, как сканирование, дигитализация, распознавание изображений, векторизация и пр. Автоматизированный сбор сведений предполагает прямое подключение информационной системы к измерениям и не требует участия человека. Для обеспечения сопоставимости данных, собранных в разный временной промежуток и различными приборами, применяется принцип единства измерений.

В геоинформатике данные, собранные различными методами, формируют единую структуру, называемую геоданными. Геоданные представляют собой пространственную, тематическую и временную информацию, которая описывает свойства процессов, объектов и явлений в околоземном пространстве, на и под земной поверхностью. Геоданные строго структурированы и содержат три группы данных: «время», «место» и «тема».

Геоинформационное моделирование относится к классу пространственного моделирования и выступает объективным практически применяющимся критерием проверки истинности знаний [3]. Его основная цель — получение пространственных знаний и геознаний. Геоинформационное моделирование системно, поскольку выполняется в единой координатной системе и сопряжено с тополибо геоцентрической координатной системой. Оно позволяет:

- связывать смоделированные объекты и объекты реальной инфраструктуры;
- хранить смоделированные объекты в базе данных, представляя результаты моделирования в картографическом виде с целью сравнения либо наложения на картографические материалы;
- дополнять проекты данными реальной съемки с использованием методов лазерного сканирования либо фотограмметрии;
- представлять смоделированные объекты в трехмерном виде и строить виртуальную реальность с целью анализа и виртуального моделирования.

Модель ГИС организована по дуальному принципу, включая табличную и графическую части более общей модели [2]. Табличная часть представляет собой фрагмент пространственной базы данных ГИС в виде организованных геоданных, позволяющий хранить ГИС и использовать инструменты СУБД для обработки геоданных. Графическая часть модели является результатом визуализации геоданных табличной части. Графическая и табличная части ГИС дублируют друг друга, создавая возможность работы с моделью ГИС как через визуальный редактор, так и через интерфейс базы данных.

Географические объекты моделируются в ГИС при помощи векторных и растровых методов и триангуляционных технологий [12]. Создание моделей с применением векторных методов подразумевает представление объектов в координатной системе, соответствующей долготе, широте и высоте над уровнем моря с последующим построением линий уровня, которые соотносятся с одинаковыми по высоте отметками. В растровых моделях ГИС изучаемая геоповерхность покрывается регулярной сетью равнозначных ячеек, внутри которых высота над уровнем моря принимается как постоянная величина, благодаря чему появляется возможность строить модели через матрицу, элементами которой выступают значение высоты над уровнем моря для всех ячеек и их координаты [7]. Точность растровых моделей зависит от размера ячеек и обратно пропорциональна их площади.

Можно выделить следующие функции ГИС как программного обеспечения для работы с пространственно-координированными данными [10]:

- ввод и редактирование данных, позволяющие создавать информационные объекты на основе картографической информации и введенных координат объекта;
- хранение сведений, реализующееся с учетом наличия в них позиционной составляющей;
- анализ и преобразование данных посредством измерительных операций и операций аналитической геометрии;
- вывод данных, включая визуализацию пространственных объектов и вывод их атрибутов, а также экспорт сведений в другие информационные системы;
- информационная поддержка управленческих решений, которые принимаются по результатам анализа и моделирования.

Для организации базы данных ГИС могут применяться сетевая или иерархическая модель, однако более распространенными являются реляционные таблицы [15]. В части этих таблиц содержатся атрибутивные данные, в другой — сгруппированы пространственные объекты. Отдельные таблицы задают правила проверки корректности, домены атрибутов и отношения между пространственными объектами. Помимо типичных для реляционных баз данных родовидовых отношений в ГИС отображаются также топологические (узел пересечения, соединение и прочее) и пространственные (касание, снаружи, внутри и прочее) отношения. Пространственные отношения можно представить в рамках реализации топологических отношений путем задания соответствующей топологии.

#### **Результаты и обсуждение**

Основным предпосылками цифровизации железнодорожной отрасли являются<sup>1</sup>:

- цифровые модели объектов инфраструктуры в едином координатно-временном пространстве;
- постоянный мониторинг объектов инфраструктуры, сопровождающийся автоматическим генерированием ограничений скорости и организацией необходимого технического обслуживания;

<sup>1</sup> Цифровая трансформация статистического мониторинга железнодорожного транспорта Российской Федерации ECE/TRANS/WP.6/2020/11 / Комитет по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии. Женева, 2020. 20 с.

- цифровые сети связи и высокоточные координатные системы, основанные на высокоточных спутниковых сетях позиционирования;
- комплекс вычислительных средств для удаленного управления объектами инфраструктуры, автоматизации отдельных операций и онлайн-коррекции графиков движения с учетом энергоэффективности;
- мобильные рабочие места для персонала;
- мониторинг состояния подвижного состава на внутренних и внешних объектах, позволяющий прогнозировать остаточный срок эксплуатации.

Однако на практике сбор и формирование данных об объектах железнодорожной инфраструктуры в России происходят децентрализованно, без наличия единых требований касательно форм представления и точности исходной информации и систем ее хранения [8]. Использование разнородных форм представления объектного состава, дублирование и противоречие в сведениях, которые поступают из различных источников, актуализируют потребность в упорядочивании сбора, представления и эффективного использования пространственных данных посредством создания единой железнодорожной ГИС.

Создание единой ГИС железнодорожной отрасли обусловлено следующими факторами [14]:

- обеспечение потребности в данных всех акторов отрасли;
- обеспечение бесперебойной работы в любых условиях;
- гибкое комплексное применение данных измерений и результатов решения расчетно-аналитических задач в интересах управления инфраструктурными объектами;
- унификация геопространственных ресурсов с целью построения единой объектно-ориентированной модели геопространственных данных;
- обеспечение прозрачности и доступности сведений, вычлеченных из значительного по объему информационного массива, и децентрализации принятия управленческих решений.

Единая железнодорожная ГИС представляет собой цифровой двойник физических объектов железнодорожной инфраструктуры — информационную модель, которая получила дальнейшее развитие посредством добавления моделей процессов, сопряженных с использованием этих объектов [20]. В отличие от цифровой тени в цифровом двойнике реальные и виртуальные компоненты взаимодействуют онлайн в двунаправленном режиме. Двустороннее взаимодействие, при котором система позволяет не только получать сведения о текущем состоянии реального объекта, но и дистанционно управлять им, имеет наибольшую эффективность для систем, обладающих нелинейной обратной связью. Переход к цифровым двойникам означает постепенную роботизацию и интеллектуализацию управления объектами, способствующими обеспечению его автономности.

Создание цифрового двойника объектов железнодорожной инфраструктуры позволит:<sup>1</sup>

- повысить безопасность железнодорожных перевозок;

---

<sup>1</sup> Цифровой двойник улично-дорожной сети // ООО НПО «РБС». URL: <http://fvf-rbs.ru/produkt/dorozhnaya-set.html> (дата обращения: 28.01.2023). Текст: электронный.

- выработать эффективные решения по предотвращению и минимизации негативных последствий аварийных ситуаций;
- сформировать систему высококачественного железнодорожного обслуживания пассажиров;
- сократить негативное воздействие железнодорожного комплекса на экологическую обстановку;
- увеличить действенность контроля эксплуатационного состояния объектов железнодорожной инфраструктуры;
- повысить качество планирования и управления железнодорожным комплексом и объектами инфраструктуры;
- увеличить результативность мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий.

Для решения данных задач ГИС должна находить и использовать оптимальные сценарии управления всем железнодорожным комплексом и отдельными инфраструктурными объектами. Для этого ей необходимо оперировать следующей информацией [13]:

- технические и инвентарные данные инфраструктурных объектов;
- сведения о землях, которые входят в полосу отвода железной дороги;
- данные об объектах, которые граничат с объектами железнодорожной инфраструктуры и могут повлиять на их функционирование;
- результаты мониторинга за определенные периоды;
- нормативно-справочная документация;
- сведения о технологическом и техническом штате и закрепленных за ним объектах железнодорожной инфраструктуры;
- графики технического обслуживания, ремонта и строительства инфраструктурных объектов.

В основе геоинформационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры может лежать интегрированная технология мобильного лазерного сканирования, включающая технологические работы по установке аппаратуры, лазерное сканирование, геодезические работы, фотограмметрическую съемку, обработку сведений, построение пространственных цифровых моделей и их сравнение с реальностью [1]. Технология геоинформационного моделирования с использованием мобильного лазерного сканирования включает следующие этапы:

1. Классификация точек лазерного отражения.
2. Создание цифровой модели рельефа.
3. Создание трехмерной цифровой модели объектов железнодорожной инфраструктуры.
4. Создание цифровых ортофотопланов.
5. Контроль качества и точности готового продукта.

Мобильное лазерное сканирование, осуществляемое с мобильного объекта, является разновидностью массового трехмерного моделирования. Предпочтение данного подхода поточечному и групповому обусловлено спецификой железнодорожной инфраструктуры: она включает не только здания и сооружения, но и сам железнодорожный путь, железнодорожные станции, сети связи, устройства электроснабжения, системы централизации, сигнализации, блокировки и управ-

ления движением, информационные комплексы и иные аппараты и оборудование.

Массовая геоинформационная модель объектов железнодорожной инфраструктуры является составной, поскольку описывает большую территорию и множество находящихся на ней объектов [17]. Она включает следующие составные модели:

1. Геоинформационная модель железнодорожного пути. Является составной трехмерной пространственной моделью, описывающей строение железнодорожного пути, его геометрию, устройство рельсовых нитей и иные воздействующие на состояние пути факторы. Геоинформационная модель железнодорожного пути применяется для контроля и прогнозирования состояния пути и принятия решений о продолжении его эксплуатации либо ремонте на основе собранных сведений. Данная модель формируется с применением съемочной аппаратуры, которая устанавливается на железнодорожном транспорте, и требует геодезического сопровождения работ по снимаемой трассе.

2. Геоинформационная модель инфраструктурного коридора. Это составная модель, включающая расположенные рядом и в отдалении относительно пути инфраструктурные объекты. Она включает объекты, воздействующие на железнодорожный транспорт и обсуживаемые с его помощью. Модель применяется для анализа окружения железнодорожного пути и адекватного развития соответствующей инфраструктуры. Она может иметь картографическую или трехмерную форму. Для формирования геоинформационной модели инфраструктурного коридора используются данные, получаемые со съемочной аппаратуры, которая установлена на воздушных носителях. При сборе сведений модель требует геодезического сопровождения работ по снимаемой трассе.

3. Геоинформационная модель транспортного коридора. Представляет собой составную пространственную модель, описывающую непосредственное окружение железнодорожного пути. В ее состав входят только близко расположенные инфраструктурные объекты, которые воздействуют или могут воздействовать на движение, в том числе полоса отвода и переезды. Модель используется для анализа условий движения по железнодорожному пути и взаимодействия объектов, которые входят в геоинформационные модели инфраструктурного и транспортного коридоров. Геоинформационная модель транспортного коридора имеет трехмерную форму. Она формируется при помощи съемочной аппаратуры, установленной на наземных и воздушных носителях.

4. Геоинформационная модель траектории сканирования. Представляет собой трехмерную модель траектории лазерного сканирования, которая строится на основе предварительного измерения траектории движения наземной съемочной аппаратуры, необходимого для выдерживания параметров высоты съемки и прямолинейности траектории. Для повышения точности построения геоинформационной модели траектории сканирования ее измерение осуществляется в прямом и обратном направлениях на холостом ходу сканирования. При измерении и построении модели используются инерциальные и спутниковые технологии и системы.

5. Геоинформационная модель проекта пути. Является специализированной составной пространственной моделью трассы движения объекта с носителем

сканирования, создаваемой на базе предварительного изучения материалов о пути движения и включающей маршрут трассы в плановых координатах. Ее создание обусловлено проблемой больших данных, которые появляются при массовом сборе информации и ограниченной возможности вычислительных систем. Геоинформационная модель проекта пути предназначена для разбиения предполагаемой трассы на пространственные блоки, при помощи которых можно обрабатывать данные в объемах, доступных для вычислительных систем.

6. Геоинформационная модель блоков. Задается пространственными блоками. Как и геоинформационная модель проекта, модель блоков является априорной моделью поддержки.

Массовая геоинформационная модель объектов железнодорожной инфраструктуры позволяет рассматривать их в виртуальной и дополненной реальности благодаря трехмерному проектированию [6]. Трехмерное моделирование позволяет представлять взаимное расположение реальной местности и объектов окружающего мира на основе геометрической и семантической информации. Для построения геометрии точек используются технические средства измерений, семантики — когнитивные средства наблюдений. Семантика формализуется на основе построения семантических моделей.

Для визуального представления модели объектов железнодорожной инфраструктуры используется система 3GD-моделирования — трехмерного геоинформационного моделирования реальных объектов. Она способна функционировать в режиме чистого моделирования вне зависимости от условий и факторов местности и базируется на использовании трехмерных информационных единиц, которые обладают однозначным смыслом.

Методика трехмерного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры состоит из следующих этапов:

1. Проведение инженерных изысканий и сбор совокупности физических, экологических и геологических данных о местности.
2. Сбор геометрических и семантических данных о реальных объектах местности и условиях выноса моделируемого объекта в натуру.
3. Сбор геометрических и семантических сведений о разрабатываемом объекте, его функциях и значении.
4. Создание информационной модели объекта и ее описание посредством различных информационных единиц, являющихся элементами описания. Информационные единицы используются для систематизации описания области совместно с синтаксисом их применения. Их использование обеспечивает логику и системность описания языка, который они образуют.
5. Структуризация и построение логически связанной модели, являющейся совокупностью информационных единиц. Первичные единицы могут как удаляться, так и дополняться для обеспечения целостности и логики языка.
6. Наполнение логических единиц семантическим содержанием и их формирование как семантических информационных единиц.
7. Разработка сцен, представляющих собой наборы пространственных ситуаций на местности.
8. Текстурирование, представляющее собой выбор для поверхности 3GD-модели растровых или процедурных текстур. Текстуры формируются на базе

цифровых изображений, которые получаются при фотографировании повторяемых частей объектов большого размера, выделенных при фотосъемке. Благодаря текстурированию обеспечивается передача ключевых свойств материалов, таких как отражения, шероховатость и прозрачность. Оно является главным отличием цифровой модели от пространственной.

9. Установка и настройка источников света. Данная процедура также разграничивает цифровую и пространственную модели. Для передачи динамики процесса или объекта может использоваться анимация.

10. Компьютерная визуализация. Заключается в построении вида проекции в соответствии с применяемой физической моделью.

Геоинформационное моделирование объектов железнодорожной инфраструктуры является системой целостности, что обеспечивает решение задач по моделированию объектов, выноса проекта в натуру и осуществлению контроля за результатами моделирования. Результаты, которых можно добиться посредством геоинформационного моделирования, не достигаются при других методах моделирования, поскольку данный метод является сложной технологической системой, позволяющей выделять системные сущности как самостоятельные результаты и этапы всего комплекса.

#### **Выводы**

Геоинформационное моделирование дает возможность в полном объеме и качественно решать задачи построения объектов железнодорожной инфраструктуры. Как технологическая система геоинформационное моделирование позволяет решать задачи, не доступные для решения при применении спутниковых измерений, существующих технологий геодезии и фотограмметрии.

В отличие от других видов моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры геоинформационное моделирование требует создания особых пространственных и геоинформационных моделей. Формирование основных моделей пространственной инфраструктуры предполагает использование различных технологий сбора, в том числе наземного стационарного, наземного мобильного и воздушного лазерного сканирования местности. Оптимальным для геоинформационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры является метод мобильного лазерного сканирования.

Создание единой железнодорожной ГИС, дополненной подпрограммой поддержки принятия решений, позволит решить текущие проблемы содержания и функционирования объектов железнодорожной инфраструктуры за счет:

- накопления, систематизации и визуализации сведений;
- обеспечения оперативной передачи технологическому и техническому персоналу достоверных и актуальных данных о техническом состоянии инфраструктурных объектов, осуществляемых работах и поездном положении;
- повышения результативности принятия управленческих решений;
- увеличения уровня контроля качества мероприятий по содержанию объектов железнодорожной инфраструктуры;
- сокращения эксплуатационных затрат на содержание инфраструктурных объектов;
- увеличения безопасности движения поездов.

### Литература

1. Андреева О. А. Геоинформационное моделирование объектов транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2019. Т. 3, № 4(12). С. 39–49. Текст: непосредственный.
2. Андреева О. А. Геоинформационное моделирование при проектировании линейных объектов // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 1 (11). С. 30–39. Текст: непосредственный.
3. Андреева О. А. Применение геоинформатики для проектирования железных дорог // Наука и технологии железных дорог. 2019. Т. 3, № 2 (10). С. 37–52. Текст: непосредственный.
4. Андреева О. А. Пространственное моделирование объектов транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4, № 2 (14). С. 57–69. Текст: непосредственный.
5. Андреева О. А. Разработка методики геоинформационного моделирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2021. 218 с. Текст: непосредственный.
6. Андреева О. А., Дышленко С. Г. Геоинформационное проектирование трехмерных объектов // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 1(11). С. 39–46. Текст: непосредственный.
7. Ахметгалиев Т. А. Теоретические и методические основы разработки и внедрения инноваций GIS-технологий при визуализации и геопространственном моделировании базы данных объектов недвижимости // Жилищные стратегии. 2022. Т. 9, № 1. С. 59–88. DOI: 10.18334/zhs.9.1.114152. Текст: непосредственный.
8. Вакуленко С. П., Голубев П. В., Телятинская М. Ю. Выполнение реконструктивных мер по развитию станций и узлов с применением геоинформационных систем // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. 2019. № 1(1). С. 40–45. Текст: непосредственный.
9. Ефанов Д. В., Шиленко А. С., Хорошев В. В. Концепция цифрового моделирования на железнодорожном транспорте // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2019. № 3(82). С. 34–38. Текст: непосредственный.
10. Зайцева Н. М., Тайлаков А. А. Теоретические основы геоинформационной системы // Научный журнал. 2021. № 5(60). С. 8–16. Текст: непосредственный.
11. Казаринов А. В., Куприяновский В. П., Талапов В. В. Международный опыт и тенденции развития технологии информационного моделирования применительно к жизненному циклу объектов железнодорожной инфраструктуры // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8, № 12. С. 94–112. Текст: непосредственный.
12. Курагин А. В., Колесенков А. Н., Костров Б. В. Разработка и анализ методов проектирования геоинформационных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 9. С. 283–287. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-9-283-287. Текст: непосредственный.
13. Никитчин А. А., Богданов Н. А., Рыбкин В. С. Анализ существующих программных комплексов для построения геоинформационной системы управления работой структурных подразделений ОАО «РЖД» // Автоматика на транспорте. 2017. № 4. С. 456–562. Текст: непосредственный.
14. Панамарева О. Н. Анализ уровня представления географических информационных платформ за рубежом и в России, перспективы их развития // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2021. № 4. С. 183–206. DOI: 10.52210/2224669X\_2021\_4\_183. Текст: непосредственный.
15. Розенберг И. Н., Дулин С. К. О некоторых аспектах железнодорожной геоинформатики (обзор) // Труды АО «НИИАС»: сборник статей. Москва, 2021. С. 83–127. Текст: непосредственный.

16. Сакижан К. Х., Сарвар Т. З., Исломжан О. У. А. Зарубежный опыт использования гис технологий в сфере железнодорожного транспорта // Academic search in educational sciences. 2022. № 5. С. 133–138. DOI: 10.24412/2181-1385-2022-5-133-138. Текст: непосредственный.

17. Цветков В. Я., Ознамец В. В., Андреева О. А. Геоинформационное массовое моделирование // Информация и космос. 2020. № 2. С. 106–112. Текст: непосредственный.

18. Шаннаа А. А., Кулик Е. Н. Современные средства пространственного моделирования территории в ГИС // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. № 2. С. 208–214. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-2-208-214. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 18.04.2023; Одобрена после рецензирования 27.04.2023; Принята к публикации 31.05.2023.

#### GEOINFORMATION MODELING OF RAILWAY INFRASTRUCTURE OBJECTS

*Sergey A. Petrov*

Research Assistant,  
Dorzhi Banzarov Buryat State University  
24a Smolina St., 670000 Ulan-Ude, Russia  
sergei\_petrov13@mail.ru

*Chimita B. Urbanova*

Cand. Sci. (Geogr.), A/prof.,  
Head of Geography and Geoecology Department  
Dorzhi Banzarov Buryat State University  
24a Smolina St., 670000 Ulan-Ude, Russia  
chimita76@gmail.com

*Abstract.* The article aims to explore the features of geoinformation modeling of railway infrastructure objects, which is an essential aspect of digitizing the railway segment and increasing its investment attractiveness. The article uses analytical, synthetic, inductive and deductive methods to process thematic research, scientific publications, and relevant literary sources. It considers the requirements for collecting geoinformation in the geoinformation modeling of the railway infrastructure objects, sources and features of this information, and the concept and essence of geodata. The possibilities of the geoinformation modeling are identified and determined by its systematization. The article notes the duality of the geoinformation system models, which creates the possibility of working with the model through a visual editor and a database interface. It considers methods for modeling geographic objects in the geoinformation systems and models for organizing databases in them. The functions of the geoinformation systems as software for working with spatially coordinated data are determined. The article also discusses the main prerequisites for digitizing the railway industry. It denotes that data collection and formation on the railway infrastructure objects in Russia occur in a decentralized manner, without unified requirements regarding the forms of representation and accuracy of the source information and systems for its storage. This actualizes the need to create a unified railway geoinformation system. The features and possibilities of the unified railway geoinformation system as a digital twin of the physical railway infrastructure objects are considered. The information base required by the geoinformation system to find and use optimal management scenarios for the entire railway complex and individual infrastructure objects is presented. The article specifies the stages of the geoinformation modeling technology using mobile laser scanning, and justifies the choice of mass 3D modeling. It considers the

---

geoinformation models to be included in the mass geoinformation model of railway infrastructure objects. The specifics and stages of the 3D geoinformation modeling of the railway infrastructure objects are presented. The authors emphasize the features of the geoinformation modeling that allow solving unique tasks with its help, showing the effects of creating a unified railway geoinformation system.

*Keywords:* railway infrastructure, digitization, geoinformatics, geoinformation modeling, geoinformation systems, geodata, geographical objects.

*For citation*

Petrov S. A., Urbanova Ch. B. Geoinformation Modeling of Railway Infrastructure Objects. *Bulletin of Buryat State University. Biology. Geography.* 2023; 2: 29–40 (In Russ.).

*The article was submitted 18.04.2023; approved after review 27.04.2023; accepted for publication 31.05.2023.*