

С. С. Янкелевич¹, А. А. Кутиминский^{1,2}✉

Применение геопространственного анализа для оптимизации границ участков пассажирских обустройств на полигоне Западно-Сибирской железной дороги

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Западно-Сибирская дирекция пассажирских обустройств – структурное подразделение
Центральной дирекции пассажирских обустройств – филиал ОАО «РЖД»,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: KutiminskyAlexandr@yandex.ru

Аннотация. Применение геоинформационных систем позволяет решать широкий спектр прикладных задач субъектов экономики. Востребованным, анализ геоданных остается в транспортно-перевозочной отрасли, характеризующейся большой протяженностью инфраструктуры. Для пассажирского комплекса Западно-Сибирской железной дороги в число решаемых с использованием геоданных задач входят как логистические и эксплуатационные, так и задачи управленческого характера. В статье рассмотрен опыт применения геопространственного анализа для оптимизации границ участков пассажирских обустройств на полигоне Западно-Сибирской железной дороги в целях оптимизации эксплуатационных затрат. По итогам проведенных расчетов выработаны предложения по корректировке границ участков пассажирских обустройств, включающие перераспределение объектов между группами, создание подбаз, ввод дополнительных пунктов обслуживания и укрупнение/деление участков. Реализация указанных мероприятий позволит обеспечить безопасность перевозочного процесса за счет оптимизации времени реагирования бригад при возникновении аварийной ситуации. Запланировано выполнение расчета экономической обоснованности применения разработанной модели реформирования и оптимизации участков пассажирских обустройств с учетом изменения годового объема совокупных эксплуатационных затрат и достигнутого экономического эффекта.

Ключевые слова: геоинформационные системы, геоаналитика, пассажирские обустройства, железнодорожная инфраструктура

S. S. Yankelevich¹, A. A. Kutiminskiy^{1,2}✉

Application of geospatial analysis to optimize the boundaries of passenger facilities at the West Siberian Railway landfill

Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
West Siberian directorate of passenger facilities – a structural division of the Central directorate of passenger facilities - a branch of JSCo «RZD»
e-mail: KutiminskyAlexandr@yandex.ru

Annotation. The use of geoinformation systems allows solving a wide range of applied tasks of economic entities. Geodata analysis remains in demand in the transportation industry, which is characterized by a large amount of infrastructure. For the passenger complex of the West Siberian Railway, the tasks solved using geodata include both logistical and operational, as well as management tasks. The article discusses the experience of using geospatial analysis to optimize the boundaries of passenger facilities at the West Siberian Railway landfill in order to optimize operating

costs. Based on the calculations, proposals were developed for adjusting the boundaries of passenger facilities sections, including the redistribution of facilities between groups, the creation of sub-bases, the introduction of additional service points, and the consolidation/division of sections. Implementation of these measures will ensure the safety of the transportation process by optimizing crew response times in the event of an emergency. A feasibility study is planned for the application of the developed model for the reorganization and optimization of passenger facilities sections, taking into account changes in annual total operating costs and the achieved economic benefits.

Keywords: geoinformation systems, geoanalytics, passenger facilities, railway infrastructure

Принятые сокращения и аббревиатуры

Пассажи́рские обу́стройства – комплекс сооружений и устройств, обеспечивающих реализацию технологии перевозочного процесса и сервисного обслуживания пассажира (пассажи́рские платформы, навесы, павильоны, билетные кассы, пассажи́рские здания вокза́льных комплексов, пеше́ходные мосты и тоннели, ограждения, малые архитектурные формы, статическая и динамическая визуальная информация).

ГИС – геоинформационная система;

ОАО «РЖД» - открытое акционерное общество «Российские железные дороги»;

ЦДПО – центральная дирекция пассажирских обу́стройств – филиал ОАО «РЖД».

Введение

Геопространственный анализ представляет собой сложный процесс исследования объектов и явлений с учетом их пространственных и атрибутивных характеристик, и включает широкий спектр методов, от базовых операций измерения до сложного моделирования. Геопространственный анализ позволяет решать такие задачи как визуализация данных, пространственное моделирование, оптимальное размещение объектов, анализ взаимосвязей, мониторинг изменений и получение информации, необходимой для принятия решений. Следует отметить, что в настоящее время сдвиг фокуса идет в пользу использования геопространственных знаний по причине того, что традиционные методы геопространственного анализа уже не справляются с растущим объемом пространственных данных и растущей сложностью возникающих производственных задач.

Отображение геопространственных знаний на сегодняшний день является перспективной областью исследований. Геопространственные знания, отображаемые на карте, о той или иной предметной области представляют собой совокупность сведений об объектах этой предметной области, их свойствах и связывающих их отношениях, процессах, протекающих в данной предметной области, а также методах анализа возникающих ситуаций и способах разрешения тех или иных проблем данной предметной области путем выработки пространственных решений. [1] Применение пространственных решений в настоящее время требуется во многих отраслях промышленности и транспорта.

Техническое обслуживание и ремонт объектов пригородной пассажирской инфраструктуры железнодорожного транспорта осуществляют участки пассажирских обустройств, входящие в состав региональных дирекций пассажирских обустройств. Каждый участок пассажирских обустройств имеет полигон обслуживания, с четко установленными границами. При формировании границ участков пассажирских обустройств в 2012 году, Западно-Сибирская дирекция пассажирских обустройств руководствовалась границами территориальных управлений Западно-Сибирской железной дороги. Производственные базы участков были размещены в 5 крупных населенных пунктах с ключевыми железнодорожными узлами: г. Омск, г. Новосибирск, г. Новокузнецк, г. Новоалтайск и г. Тайга.

Ввиду реализуемой в ОАО «РЖД» политики, направленной на повышение производительности труда и сокращения издержек, руководством компании в 2025 году принято решение о рационализации процессов управления и организации работ по эксплуатации объектов пассажирской инфраструктуры.

Перед Западно-Сибирской дирекцией пассажирских обустройств поставлена задача определить производственную необходимость изменения границ и структуры участков пассажирских обустройств, при превышении пороговых значений интегрального показателя нагрузки (агрегированного показателя, объединяющего длину участка пассажирских обустройств, плотность объектов и удельный пассажиропоток, нормированные на медианные значения по сети, для сравнительной оценки нагрузки) или нормативного времени реагирования бригад при чрезвычайных и аварийных ситуациях.

Решение этой и аналогичных задач наиболее рационально реализовывать через геоинформационные системы. Геоинформационные системы или (ГИС) представляют собой специализированный класс информационных систем, ключевой особенностью которых является способность манипулировать, анализировать и визуализировать географические данные [2].

Для решения задач пространственного анализа в ГИС используются такие функции, как интерполяция, наложение карт, создание буферных зон и измерение связности. Эти инструменты позволяют выполнять пространственный анализ территорий, что критически важно для принятия управленческих решений [3]. Построение ГИС требует комплексного подхода, включающего онтологическое моделирование для интеграции разнородных данных, четкое проектирование структуры базы данных и использование современных инструментов визуализации и пространственного анализа [4] [5].

Методы и материалы

Пересмотр границ участков пассажирских обустройств в пределах всей сети железных дорог Российской Федерации решено провести на основании единообразного подхода и по унифицированным формам Центральной дирекции пассажирских обустройств.

Перечень типов участков пассажирских обустройств, их характеристики, критерии и условия создания участков каждого типа определены организационно-распорядительными документами ОАО «РЖД», и разработаны на основа-

нии ГОСТ 33942-2016 «Межгосударственный стандарт. Услуги на железнодорожном транспорте. Обслуживание пассажиров. Термины и определения». Критерии предусматривают группировку объектов по территориальной близости и их последующий анализ по 19 ключевым параметрам.

В Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств принято решение получить исходные данные, включающие в себя информацию обо всех объектах пригородной пассажирской инфраструктуры железнодорожного транспорта и дорожной сети в границах Западно-Сибирской железной дороги, с применением платформы QGIS, позволяющей сразу осуществлять работу с пространственными данными в части их хранения, обработки, анализа и визуализации.

На первом этапе определены границы зоны картографирования. Слои карты сформированы из базовых, общедоступных наборов данных. Дополнительным слоем добавлены объекты пассажирской инфраструктуры балансовой принадлежности Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств.

Комплексный анализ пространственных данных позволил разделить их на несколько групп/категорий:

- протяжённость перегонов и направлений пригородного железнодорожного сообщения в километрах (анализ железнодорожной сети);
- транспортную доступность объектов каждого участка и время реагирования бригад при возникновении на них чрезвычайной или аварийной ситуации (анализ дорожной сети, в том числе по типу покрытия автомобильных дорог);
- плотность объектов пассажирской инфраструктуры на каждые 100 км (показатель пространственной насыщенности);
- удельный пассажиропоток - количество перевезенных пассажиров на 1 км участка обслуживания.

Полученные показатели были использованы для расчета интегрального показателя нагрузки каждого участка пассажирских обустройств. Расчёт показателя нагрузки участка W выполнен по формуле:

$$W = \omega_1 \cdot \frac{L}{L_m} + \omega_2 \cdot \frac{D}{D_m} + \omega_3 \cdot \frac{P}{P_m}$$

где:

L – протяжённость участка (км);

D – плотность объектов (объектов/100 км);

P – удельный пассажиропоток (пасс./км);

L_m – медианное значение длин участков пассажирских обустройств по всей сети;

D_m – медианная плотность объектов пассажирских обустройств по всей сети железных дорог (объектов/100 км);

P_m – медианный удельный пассажиропоток (пасс./км);

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – весовые коэффициенты, устанавливаемые ЦДПО исходя из приоритетов технологической нагрузки.

Важным условием работы на железнодорожном транспорте является обеспечение безопасности перевозочного процесса. Региональные участки пассажирских обустройств должны оперативно устранять создающие угрозу неисправности за счет направления оперативных бригад, перемещающихся на грузопассажирских легковых автомобилях. Опытным путем установлено, что время на дорогу от базы участка до места возникновения аварийной ситуации не должно превышать 4 часов, а внутренними нормативными документами компании установлены предельно допустимые скорости передвижения 40 км/ч для дорог без твердого покрытия и 60 км/ч для дорог с твердым покрытием.

Таким образом, на основании геопространственного анализа, было определено время проезда от баз участков пассажирских обустройств до каждого объекта, определены труднодоступные районы и потребность в формировании дополнительных пунктов обслуживания.

Результаты и обсуждение

По итогам геопространственного анализа показателей нагрузки определены районы сбалансированной нагрузки, районы с перегрузкой и высокой трудоемкостью, а также участки минимальной нагрузки с резервом ресурсов.

По итогам проведенных расчетов выработаны предложения по корректировке границ участков пассажирских обустройств, включающие перераспределение объектов между группами, создание подбаз, ввод дополнительных пунктов обслуживания и укрупнение/деление участков. Реализация указанных мероприятий позволит обеспечить безопасность перевозочного процесса за счет оптимизации времени реагирования бригад при возникновении аварийной ситуации. Запланировано выполнение расчета экономической обоснованности применения разработанной модели реформирования и оптимизации участков пассажирских обустройств с учетом изменения годового объема совокупных эксплуатационных затрат и достигнутого экономического эффекта.

Геопространственный анализ для выполнения расчетов показателей нагрузки и корректировки границ участков пассажирских обустройств позволяет определить исходные параметры с максимальной степенью достоверности и имеет существенные преимущества перед статистическими методами получения исходных данных (классические базы данных, табличные формы). Анализ дорожной сети позволяет выявлять труднодоступные участки и обоснованно формировать потребность в оборудовании подбаз и дополнительных пунктов обслуживания, что невозможно сделать с высокой долей достоверности чисто статистическими методами. Также более достоверным и обоснованным является расчет эффектов от оптимизации логистики мобильных бригад с использованием ГИС.

Заключение

Применение геопространственного анализа для оптимизации границ участков пассажирских обустройств позволяет большой достоверностью получить ис-

ходные данные для расчета и является более приоритетным решением в сравнении с традиционными статистическими методами.

Эффективное управление производственными процессами, требует объективной и детальной информации о размерах, расстояниях и состоянии объектов, что обуславливает необходимость создания прикладных геоинформационных систем [6].

Пространственное, наглядное представление данных позволяет комплексно подойти к решению производственных задач, выявляет аномалии и неточности в имеющихся статистических данных, что особенно актуально для транспортной отрасли ввиду значительной протяженности и численности объектов.

Геопространственная информация является максимально наглядной, что упрощает процедуру подготовки и защиты обосновывающих материалов в профильных организациях и комитетах. Использование специалистами предприятия единой ГИС, содержащей профильную информацию, позволяет обеспечить единообразное, унифицированное получение достоверных исходных данных для решения широкого комплекса смежных производственных задач, что оказывает положительное влияние как на производительность труда, так и на качество производственной деятельности в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Янкелевич С.С. Теоретико-методологические аспекты тематической картографии на основе геопространственных знаний // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2022. Т. 66. № 4. С. 51–58. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-51-58
2. Надеждина, Н. Г. Географические информационные системы : учебно-методическое пособие / Н. Г. Надеждина. — 2-е изд. — Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. — 44 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/260003>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Аль, С.М. Геоинформационные технологии в градостроительной деятельности / С. М. Аль, s. M. Al // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2021. — № 6. — С. 52-62. — ISSN 2071-7318. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/340691>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. DOI:10.34031/2071-7318-2021-6-6-52-62
4. Павлов, С.В. Онтологическая модель интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных в единую региональную базу данных / С.В. Павлов, О.А. Ефремова // Онтология проектирования. — 2017. — Т. 7, №3(25). — С.323-333. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-3-323-333
5. Youssef, A. Problem solving experience in data visualization using ArcGIS software / A. Youssef // Программные продукты и системы. — 2019. — № 1. — С. 146-149. — ISSN 2311-2735. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/310205>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. DOI:10.15827/0236-235X.125.146-149
6. Разработка геоинформационного обеспечения для агроландшафтного проектирования на уровне сельскохозяйственного предприятия / С. В. Пашков, S. V. Pashkov, Г. З. Мажитова, G. Z. Mazhitova // Географический вестник. — 2022. — № 4 (63). — С. 167-179. — ISSN 2079-7877. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/339200>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. DOI:10.17072/2079-7877-2022-4-167-179

© С. С. Янкелевич, А. А. Кутиминский, 2026