

УДК 656.02

*Лебедева Ольга Анатольевна,*  
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
тел.: +7(952)6326611, e-mail: kravhome@mail.ru

*Тарасова Злата Олеговна,*  
студент группы ТП-19-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
тел.: +7(999)6819230, e-mail: zlatovlaska1322@gmail.com

## УКРЕПЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ТРАНСПОРТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

*Lebedeva O.A., Tarasova Z.O.*

### STRENGTHENING SPATIAL PERSPECTIVE THROUGH GIS APPLICATIONS IN TRANSPORT MODELING

**Аннотация.** *Процесс транспортировки пассажиров и грузов происходит в пространстве, поэтому в транспортных моделях учитываются геопространственные основы. Рассматривая концептуальные, методологические и технические разработки в этом направлении актуальность комплексного подхода становится очевидна. В статье рассмотрены географические информационные системы и их применение при моделировании транспортных процессов. Выделены три области, в которых пространственная перспектива способствует эффективному моделированию и повышению надежности полученных результатов. Цель исследования – доказать перспективность пространственного транспортного моделирования с интеграцией геоинформационных систем.*

**Ключевые слова:** *геоинформационные системы, транспортные исследования, данные, транспортные модели, геовизуализация.*

**Abstract.** *The process of transporting passengers and goods takes place in space; therefore, geospatial foundations are considered in transport models. Considering conceptual, methodological and technical developments in this direction, the relevance of an integrated approach becomes obvious. The article deals with geographic information systems and their application in modeling transport processes. Three areas are identified in which the spatial perspective contributes to effective modeling and increasing the reliability of the results obtained. The purpose of the study is to prove the prospects of spatial transport modeling with the integration of geographic information systems.*

**Keywords:** *geographic information systems, transport research, data, transport models, geovisualization.*

Транспорт выполняет важную функцию перемещения объектов (пассажиров, грузов) в физическом и временном пространстве, но при моделировании транспортных процессов ее часто не учитывают, хотя пространственная природа мобильности очевидна. Географическая информационная система (ГИС) связана с исследованиями мобильности и транспортных процессов. Концепция пространственно-временных путей обеспечивает основу парадигмы моделирования с вычислительным и аналитическим применением [1-7]. Развитие ГИС технологии в структуре транспортного моделирования отмечается в 1990-х годах, в этот период пространственные характеристики абстрагиру-

ются, и используются как инструмент для сбора данных [2].

Можно выделить три инновационных этапа. К первому относят информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), которые изменили ситуацию коренным образом, от нехватки информации до сбора потоков данных с датчиков. Ко второму относится современная парадигма инфраструктуры и управление транспортными потоками (спросом и предложением общественного транспорта, активной мобильностью, схемами интеллектуальной логистики) в рамках мировой автомобилизации. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) позволяют использовать точные данные и эффективно работающие компоненты коммуникации, управ-

ления и анализа, каждый из которых имеет свое собственное пространственное представление. К третьему этапу относят сдвиг от агрегированных четырехшаговых к микро-масштабным моделям, что подтверждает актуальность географического пространства [5].

В этом исследовании основное внимание уделяется трем ключевым аспектам интеграции геопространственных функций и транспортного моделирования, а именно:

данные для транспортных моделей, дезагрегированные модели и роль геовизуализации.

ГИС и исследования транспорта взаимосвязаны, и трудно решить, является ли моделирование транспорта областью применения ГИС или пространственные возможности включены в модели (рисунок 1). Примеры существуют в обеих областях, программные продукты для моделирования транспорта все чаще предоставляют интегрированные возможности ГИС.

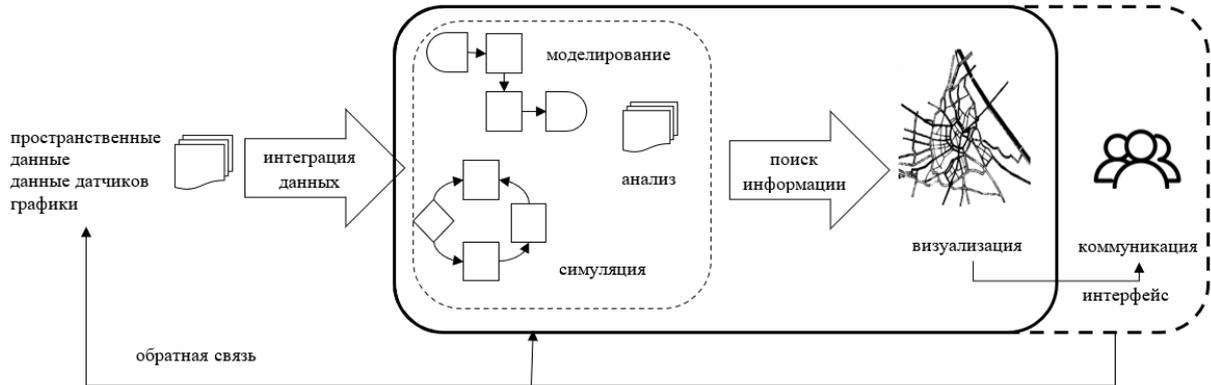


Рисунок 1. Возможности среды ГИС для моделирования транспорта

ГИС – это среда для сбора, управления, анализа и визуализации пространственных данных, позволяющая интегрировать различные источники данных в масштабируемую, динамическую и адаптируемую геопространственную структуру. Применяя методы моделирования и анализа, каждая из которых учитывает пространственный характер транспортного процесса, может быть получена новая информация. ГИС упрощает визуализацию информации, которая служит коммуникационной платформой с обратной связью для интеграции данных и настроек моделей, моделирования и анализа.

В стандартной агрегированной транспортной модели системы ГИС используются для обработки данных, определения транспортных анализируемых зон и визуализации результатов. Транспортные анализируемые зоны формируют пространственную привязку для модели, основанной на спросе, где

оценивается количество поездок в этих зонах. Для оценки различных социально-демографических, экономических и структурных данных, связанных друг с другом в регрессионном анализе они вводятся в модель, которая рассчитывает потребности в поездках на основе объемов производства и их привлекательности. На следующем этапе сгенерированные поездки распределяются по всей исследуемой области. Обычно это делается в матрицах корреспонденций, которые отображают абстрактную пространственную информацию. Используя гравитационные модели сгенерированные поездки распределяются в матрице корреспонденций [4, 7, 8]. С геопространственной точки зрения для агрегированных моделей спроса актуальны три аспекта: масштабирование и зонирование, пространственные зависимости и пространственная неоднородность (рисунок 2).

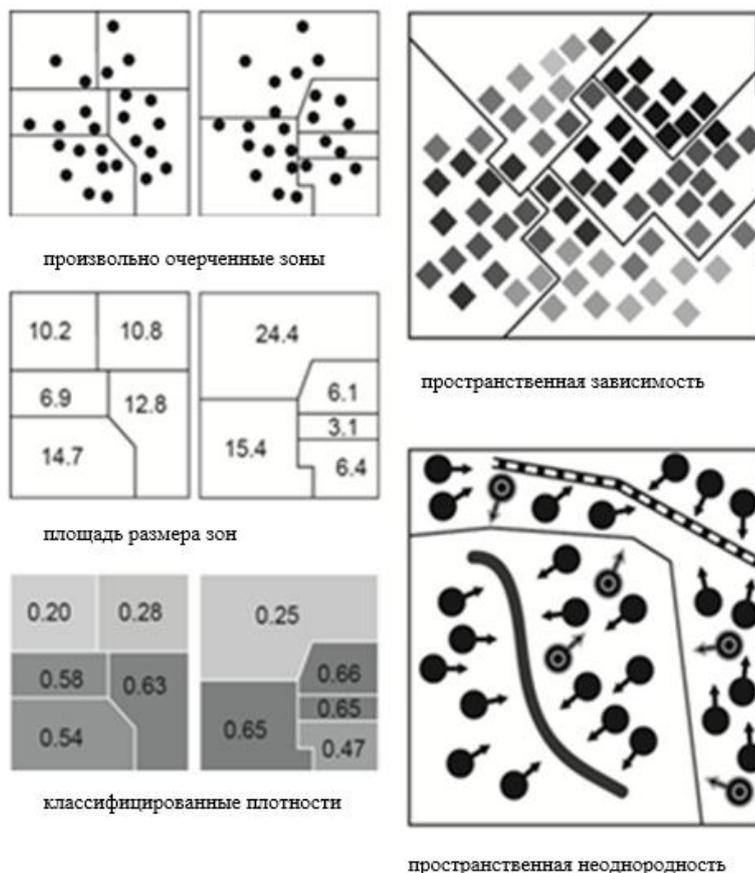


Рисунок 2. Пространственная зависимость и неоднородность

Транспортные зоны в процессе моделирования играют важную роль и не могут быть изменены, если параметризация модели не будет задана повторно. С разграничением зон связаны трудности относительно единиц измерения площади, и влияния масштаба (уровня пространственной агрегации и зонирования) на результаты моделирования. Транспортные зоны характеризуются независимо друг от друга на основе различных входных переменных, при этом пространственная зависимость между этими объектами игнорируется. В отличие от большинства статистических процедур, которые требуют независимых выборок, геопропространственный анализ учитывает функцию сходства и близости. Пространственная кластеризация пунктов отправления и назначения влияет на спрос на поездки. Методы геопропространственного анализа помогают определить степень пространственной зависимости и должны образом учесть ее на последовательных этапах моделирования и анализа.

Концепция пространственной неоднородности тесно связана с пространственной зависимостью. Предположим, что многие

процессы линейно связаны на макроуровне. Влияние местоположения или функции близости может изменяться в пространстве нестационарно. Игнорирование эффекта пространственной неоднородности может привести к смещенной параметризации модели или неверной интерпретации результатов анализа.

Применение концепций геовизуализации требует учета различных аспектов, которые влияют на выбор дизайна и среды визуализации. На базовом уровне это означает, что необходимо решить: что; для кого; с какой целью следует проводить визуализацию. Расширение этих фундаментальных вопросов определяет общую основу для визуализации транспортных данных. Рисунок 3 наглядно демонстрирует взаимозависимые параметры, которые необходимо учитывать. В области транспортного моделирования актуальны следующие типы данных: точечные данные (места активности, остановочные пункты общественного транспорта), линейные объекты (траектории, агрегированные транспортные потоки), полигональные данные (плотность населения в районах переписи),

матричные данные (матрицы корреспонденций, расписания движения) и описательные данные (социально-экономические показатели, культурные предпочтения, привычная мобильность) [4, 9].

Парадигматические разработки в области географии и картографии в направле-

нии геовизуальной аналитики предоставляют новые концептуальные и методологические основы и инструменты для визуализации, поддерживающие процесс моделирования в исследованиях транспорта [10].

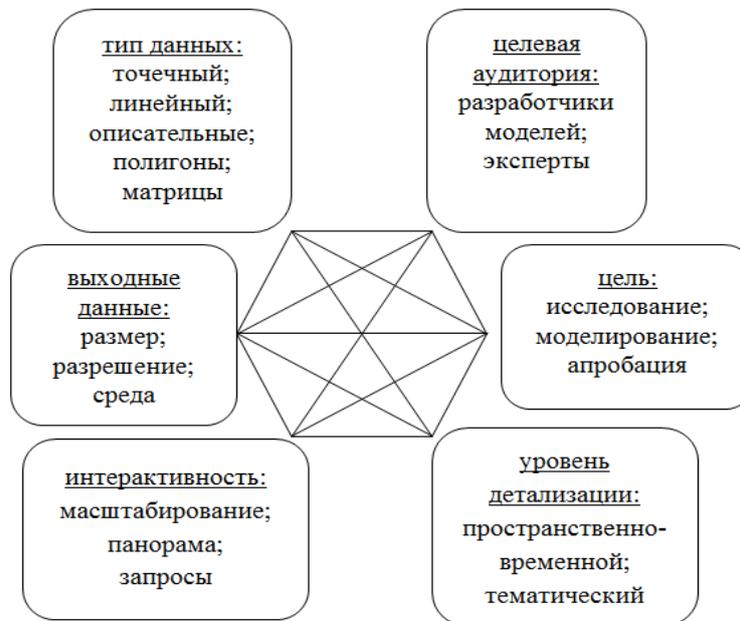


Рисунок 3. Выбор геовизуализации для обработки транспортных данных

В процессе транспортного моделирования происходит: сбор данных, построение модели (интеграция данных), калибровка, проверка. Необходимый уровень детализации тесно связан с типом информации, которая должна быть визуализирована и ограничена характеристиками доступных данных. Применяемые подходы к агрегированию включают пространственное, временное и тематическое агрегирование. Уровни детализации варьируются от отдельных GPS-треков до агрегированных потоков между транспортными зонами. В случаях, когда визуально передается динамика во времени, пространственная привязка может не учитываться.

Визуализация в цифровой среде позволяет использовать широкий спектр интерактивных функций как неотъемлемую часть процесса моделирования.

Среда вывода определяет варианты геовизуального представления данных. Актуальность геопро пространственной информации для транспортного моделирования значительна, но существуют фундаментальные

задачи, влияющие на результат: это пространственная зависимость и неоднородность – данные характеристики должны быть учтены в ГИС. Кроме того, роль геопро пространственной информации в транспортных моделях возрастает, что связано с фундаментальными изменениями в области транспортного моделирования: от дефицита к потоку данных, от развития инфраструктуры к интеллектуальному управлению, от агрегированных к дезагрегированным моделям.

Эти аспекты представляют веские аргументы в пользу интеграции геопро пространственной информации в транспортных моделях. В контексте транспортного моделирования можно выделить следующие задачи: использование геопро пространственных данных для транспортных моделей; пространственные последствия перехода к дезагрегированным транспортным моделям; геовизуализация.

В целом, исследования, основанные на геопро пространственной информации, имеют важное значение для эффективного транспортного моделирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева О.А., Антонов Д.В. Моделирование грузовых матриц корреспонденций гравитационным и энтропийным методами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. №5 (100). С. 118-122.
2. Лебедева О.А., Полтавская Ю.О., Гаммаева З.Н., Кондратенко Т.В. Транспортная инфраструктура как основополагающий фактор эффективного функционирования экономики страны // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т. 1. №15. С. 125-130.
3. Антонов Д.В., Лебедева О.А. Основные принципы развития транспортных систем городов // Вестник Ангарской государственной технической академии. 2014. №8. С. 149-155.
4. Лебедева О.А. Математические модели оценки матрицы корреспонденций на основе данных детектора "вход - выход" подвижного состава городского пассажирского транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 2 (61). С. 66-68.
5. Лебедева О.А. Расчет основных характеристик маршрута на основе межостановочной матрицы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 9 (68). С. 145-148.
6. Полтавская Ю.О., Крипак М.Н., Гозбенко В.Е. Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 155-161.
7. Loidl M., Gudrun W., Cyganski R., Graser A., Scholz J., Haslauer E. GIS and Transport Modeling—Strengthening the Spatial Perspective // ISPRS International Journal of Geo-Information 5, no. 6: 84, 2016. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060084>.
8. Лебедева О.А., Михайлов А.Ю. Сравнительный анализ методов оценки межостановочной матрицы корреспонденций // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 4 (40). С. 85-88.
9. Штоцкая А.А., Михайлов А.Ю. Оценка транспортной подвижности населения на основе дезагрегированных моделей // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 5 (124). С. 199-207.
10. Nadi, P.A., Murad, A. Reviewing the use of Geographic Information System (GIS) to measure Sustainable Urban Transport performance // Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, Vol. 02 No 02 2017, pp.171-178.