

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

Джавахадзе Алена Александровна,
студент группы ТП-19-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
тел.: 89500858066, e-mail: adzhavakhadze@mail.ru

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Lebedeva O.A., Dzhavakhadze A.A.

TRANSPORT PLANNING AND GIS TECHNOLOGY INTEGRATION IN URBAN ENVIRONMENT

Аннотация. В статье рассматривается интеграция технологии географической информационной системы в процессе транспортного планирования и моделирование работы городского транспорта общего пользования. Рассмотрены актуальные задачи геоинформационных систем и варианты их решения. Проведена оценка программного обеспечения, разработанного для решения задач с учетом существующих методологий анализа.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, матрица, интеграция, логистика, транспортировка.

Abstract. The article discusses the integration of geographic information system technology into urban transport planning and modeling. The problems facing GIS systems today and their solutions. The GIS software is being evaluated. Several applications of GIS methodology for urban transport analysis are described.

Keywords: transport infrastructure, matrix, integration, logistics, transportation.

Транспортные заторы на улично-дорожной сети стали одной из наиболее актуальных задач в период урбанизации городского пространства. Популяризация автомобильного транспорта при выборе способа передвижения и доставке населения к местам приложения труда и отдыха, а также поездкам с культурно-бытовыми целями в районы разного назначения (центральный, пригородный, деловой) способствует росту уровня интенсивности движения на улично-дорожной сети и негативно сказывается на качестве воздуха. Высокотехнологические разработки способствуют введению новых процедур управления движением.

Одним из вариантов решений являются развивающиеся технологии – географические информационные системы (ГИС).

За последние годы в этой области произошли большие изменения, связанные со снижением затрат на аппаратное обеспечение в сочетании с наличием мощного компьютерного программного обеспечения, что привело к широкому использованию методологий ГИС для решения пространственных задач [1-5].

Традиционно большинство приложений ГИС применялось в полевых условиях управления природными ресурсами. Внедрение ГИС систем для анализа транспортной инфраструктуры и спроса является достаточным новым направлением.

Транспортные системы используют данные о местоположении объектов, полученные при помощи ГИС-технологий, в дополнении к атрибутивным данным. Все элементы в базе данных привязаны к одной и той же географической системе координат, которая позволяет проводить пространственный анализ. Отсутствие общей системы географической привязки затрудняет анализ информации, хотя все транспортные данные имеют атрибут – местоположение. Технологии ГИС позволяют провести анализ транспорта в среде интегрированных баз данных, связанных с моделями принятия решений.

Интеграция ГИС-технологий важна в транспортном планировании на городском уровне. Задачи, приобретающие актуальность, возможно, решить с привлечением ГИС-систем.

Для внедрения системы анализа на основе ГИС необходимы конструктивные ре-

шения, данные и доступное программное обеспечение. Акцент делается на использовании ГИС в транспортных программах на основе моделей.

Планирование работы городского транспорта общего пользования становится особо актуальным при применении агрегированного моделирования. Система планирования включает анализ и прогнозирование поездок, содержит функцию генерации, распределения, разделения по видам транспорта и назначения поездок, и зависит от агрегирования пространственных сетей и данных [6-15]. Землепользование и демографическая информация (численность населения, доходы, наличие личного транспорта) рассматриваются на разукрупненных географических уровнях, но в процессе транспортного анализа объединяются в зоны.

Предполагается, что анализ транспортных зон является однородным, а отличия в социально-экономическом положении и землепользовании, существующие в пределах рассматриваемой зоны, сводятся к среднему значению.

Транспортная инфраструктура представлена в виде графа, состоящего из узлов и связей. Звенья обозначают сегменты улично-дорожной сети, в то время как узлы представляют собой перекрестки улиц.

Сеть, используемая для моделирования, представляет собой агрегацию и упрощение реальной физической сети. Маршруты часто кодируются без какой-либо привязки к конкретной географической информационной системе, в результате обработки сетевой информации с другими атрибутами, модели не чувствительны к изменениям, происходящим на более низких пространственных уровнях.

Анализируемая транспортная зона может охватывать обширную территорию, и в определенных случаях маршрутные и социально-экономические характеристики могут быть однородными. Агрегирование транспортных сетей и характеристик может отрицательно повлиять на результаты процедуры прогнозирования транспортной подвижности.

Выбор вида транспорта зависит от времени, которое готов затратить пассажир на поездку до конечного пункта. Средние зональные значения для этой переменной в пригородных районах, часто показывают большое время, что приводит к искажению

результатов моделирования, так как оценивается без учета фактического местоположения населения. С помощью ГИС данных этот показатель может быть оценен как сумма времени к конкретным зонам.

Еще одна сложность с выбором механизма моделирования заключается в отсутствии доступной библиотеки. Трудности с внедрением новых алгоритмов и моделей в этой среде сдерживают любые попытки экспериментировать с новыми процедурами. Ввод данных должен подчиняться жесткой структуре, в то время как вывод результатов производится в таблицах, которые затрудняют быструю визуализацию. Для устранения этого недостатка необходимо использовать пакеты моделирования, которые взаимодействуют с графической обработкой.

Транспортная логистика является важнейшим компонентом общей системы управления, который обеспечивает связь между производственными мощностями и рынками. Этот компонент связан с решениями планирования, распределения, маршрутизации и планированием работы транспортных средств, распределением клиентов по складам, разработкой оптимальных схем доставки. Акцент в этой области традиционно приходится на анализ логистических задач.

Одной из наиболее важных задач в этой области является маршрутизация транспортных средств – распределение поставок на основе спроса и вместимости автомобилей, а также определение очередности объезда [16-21].

Ключевой переменной является матрица транспортных расходов, расстояние и время в пути между различными объектами в системе, такими как производственные площадки, склады и конечные пункты назначения. Прогнозируемая матрица путевых расходов должна быть точной, поскольку минимизация затрат является целью логистического проектирования.

В городской среде существует множество решений оценки расстояний между несколькими точками, но без использования вычислительного алгоритма это будет трудозатратной задачей. Еще одной сложностью является отсутствие возможностей отображения маршрутов доставки поверх фактической карты местности.

ГИС – это система управления базами данных (СУБД), способная сохранять, извлекать, анализировать и отображать данные о

местоположении объекта. Эта функция выполняется путем привязки всех элементов к общей географической системе координат, и может связывать и анализировать различные наборы пространственных данных. Хранение всей информации в интегрированных пространственных базах данных в ГИС может быть использовано для транспортных и градостроительных целей. База данных состоит из нескольких независимых слоев, связанных с одной и той же системой координат. Данные поддерживаются на более низком уровне деагрегирования, а затем легко агрегируются по мере необходимости.

Существуют отдельные слои для репрезентативной базы данных:

- сеть магистралей и автомагистралей;
- сеть второстепенных и местных улиц;
- автобусные маршруты и станции;
- детализированные границы зональной системы.

Геокодирование – процесс определения географических координат точки в пространстве на основе информации о ее местоположении. Эта процедура может выполняться с использованием доступных данных диапазонов адресов, анализируемых транспортных зон или другой информации о границах хранящейся в ГИС, которые имеют эффективные алгоритмы определения местоположения объекта в транспортной сети для интерполяции координат долготы и широты, и используются для пространственного анализа, в маркетинговых целях и для прогнозирования пассажиропотока [22-25].

Рассмотрим характеристики программного обеспечения, необходимые для удовлетворения целей транспортного планирования перевозок:

1. Обработка векторной информации представлена в виде связей и узлов. Растровые ГИС не используются при планировании перевозок, за исключением ограниченного типа приложений.

2. Эффективное хранение, извлечение графического отображения сетевых баз данных с интерактивной связью и возможностью редактирования сети.

3. Способность обработки топологии сети. Топологические данные описывают способ соединения пространственных объектов и определяют расположение и связность различных звеньев. На основе этой информации можно оценить пути между узлами. Топология является отличительным факто-

ром между ГИС и автоматизированными системами проектирования. В последних карты и сети могут отображать дуги и узлы графическим способом, но не определяют пересечения путей, и информация в них хранится в виде графического текста и не поддерживает анализ данных.

Проектирование новой зональной системы может быть выполнено интерактивным или автоматизированным способом, если в ГИС есть соответствующие атрибуты для агрегирования пространственных данных.

Помимо способности интегрировать и эффективно управлять базами пространственных данных, транспортная система на основе ГИС должна обладать возможностями для поддержки принятия решений.

Целью транспортного планирования является выработка и оценка альтернативных решений относительно эффективной организации дорожного движения. Для достижения этой цели необходимо дополнение структуры ГИС аналитическими методами и моделями.

Существует два способа объединения модели перевозок с ГИС: независимое использование существующих структур моделирования городского транспорта или внедрение функционала транспортного моделирования в ГИС.

Наличие цифровых баз данных с информацией о городских улично-дорожных сетях является решающим фактором, который влияет на возможность применения ГИС-технологий при планировании перевозок.

Такая база данных должна содержать два типа информации: координатные данные (для указания географического расположения узлов или перекрестков улиц) и атрибутивные данные (для описания характеристик связей и системы).

Координатные данные представляют пару x и y , тогда как атрибутивные данные могут быть числовыми или буквенно-цифровыми. Набор атрибутивных данных в базе может включать множество необходимых переменных (название улиц, количество полос движения, пропускная способность, направление движения).

Важное значение для внедрения ГИС-систем в планирование перевозок имеет топологически интегрированный файл географического кодирования и привязки к населению. Создание цифровой базы данных вклю-

чает информацию об улично-дорожных сетях (как межгосударственных, так и городских), железнодорожных путях, основных линиях электропередачи, трубопроводах, водных объектах (реки, озера), а также административных или статистических районах (республики, края, области, города, участки переписи). База данных содержит отдельные записи для каждого сегмента улично-дорожной сети с информацией: долгота и широта начальной и конечной точки; название улицы; диапазоны адресов на каждой стороне улицы (для городских районов); статистические или административные районы. Эта структура не содержит данных об узлах, но позволяет идентифицировать перекрестки улиц. Классификация маршрутов и улиц должна отражать различные атрибутивные данные: пропускную способность, тип улиц, количество полос движения и направление движения. Для транспортного моделирования с применением ГИС-технологий необходимо объединить растровую и векторную графику, позволяя накладывать улицы поверх спутниковых изображений.

Транспортный программный пакет на основе ГИС должен быть направлен на решение логистических и операционных задач. Система, должна состоять из ГИС-технологии и набора инструментов (транспортных моделей и процедур).

Для специалистов по планированию перевозок наиболее важным компонентом системы является инструментарий, состоящий из набора математических моделей и процедур, которые могут быть использованы для решения транспортных задач. Программное обеспечение должно включать следующие процедуры:

- построение сети из набора связей и узлов;
- оценка кратчайших путей между парой узлов;
- решение задач маршрутизации и планирования;
- выполнение условий на ограничение пропускной способности;
- моделирование пространственного взаимодействия (гравитационные модели энтропийного типа);
- остановочные пункты в сети (разделение на дуги/узлы).

Модели могут быть разработаны как автономные программы на любом совместимом с компьютерным языком. Матрица может отражать: расстояние, время в пути, или обобщенную стоимость.

Цель исследования – использование оцифрованных сетей и математических моделей для поддержки принятия решений о маршрутизации и транспортном планировании. Необходимость внедрения систем маршрутизации и связанная с этим экономия финансовых затрат являются одной из основных задач исследования.

Использование ГИС-технологий в планировании эффективного функционирования городского пассажирского транспорта становится все более актуальным. В исследовании были рассмотрены задачи, требующие решения в рамках транспортного моделирования с использованием геоинформационных систем.

Разработка программного обеспечения, предназначенного для транспортного планирования, с применением доступных цифровых сетевых данных ГИС и интеграции баз данных и систем принятия решений, позволит проводить анализ перевозок с большей точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Антонов Д.В., Лебедева О.А. Основные принципы развития транспортных систем городов // Вестник Ангарской государствен-

венной технической академии. 2014. № 8. С. 149-155.

3. Лебедева О.А. Показатели оценки эффективности работы общественного транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2018. Т. 1. С. 108-109.

4. Лебедева О.А. Повышение эффективности работы транспортной сети посредством применения интеллектуальных систем // Вестник Ангарского государственного тех-

нического университета. 2018. № 12. С. 189-191.

5. Шаров М.И., Лебедева О.А. Влияние транспортного зонирования на функционирование маршрутной сети города // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 2 (62). С. 196-202.

6. Lebedeva O., Poltavskaya J., Gozbenko V. Simulation of an integrated public transport system by the example of a compact city // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 760(1), 012023

7. Poltavskaya J.O., Lebedeva O.A. Analysis effectiveness functioning urban transport system based on the duration of the movement // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 709(2), 022074

8. Burroughs P. Principles of Geographical Information Systems. Clarendon Press, Oxford, England, 1986.

9. Simkowitz H. Transportation Applications of Geographical Information Systems // Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 12, No. 4, 1988, pp. 253-271.

10. Nyerges T.L., Dueker K.J. Geographical Information Systems in Transportation. Technical report, Office of Planning, FHWA, U.S. Department of Transportation, 1988.

11. Bacon M., Moyer D. Geographical Information Systems (GIS) for Transportation Symposium. AASHTO, Washington, D.C., 1990.

12. Cervero R. Suburban Gridlock. Center for Urban Policy, New Brunswick, N.J., 1986.

13. Replogle M. Integration of a Geographical Information System With Computer Transportation Models for Land Use and Transportation Planning. Proc., 2nd Conference on Application of Transportation Planning Methods, University of North Carolina, Charlotte, 1989.

14. Bowersox D., Closs D., Helferich O. Logistical Management. Macmillan, New York, N.Y., 1986.

15. Magnanti T.L. Combinatorial Optimization and Vehicle Fleet Planning: Perspectives and Prospects. Networks, Vol. 11, 1981, pp. 179-216.

16. Golden B., Assad A. (eds.). Vehicle Routing: Methods and Studies. North Holland, Amsterdam, the Netherlands, 1988.

17. Schmonsees R. Computerized Vehicle Routing Comes of Age // The Private Carrier, Vol. 23, No. 11, 1986, pp. 29-33.

18. Hooban J.M. Marketing a Vehicle Routing Package. In Vehicle Routing: Methods and Studies, B. Golden and A. Assad (eds.), North-Holland, Amsterdam, 1988, pp. 447-468.

19. Shaw S. Design Considerations for a GIS-based Transportation Network Analysis System. In Proc., GISILJS '89, Vol. 1, American Congress on Surveying and Mapping, Washington, D.C., 1989, pp. 20-29.

20. Marx R. The TIGER System: Automating the Geographic Structure of the United States Census // Government Publications Review, Vol. 13, 1986, pp. 181-201.

21. Machia L. The TIGER File and Transportation Issues. In Proc., 1990 Geographical Information Systems for Transportation.

22. Шаров М.И., Михайлов А.Ю., Дученкова А.В. Пример оценки транспортной доступности с использованием программного продукта PTV "VISUM" // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. № 1 (4). С. 133-138.

23. Полтавская Ю.О. Применение геоинформационных систем для обеспечения устойчивого развития транспортной системы города // В сборнике: Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. Сборник научных трудов VI Международной научной конференции. Под редакцией О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанов, Т.А. Гладковой. 2019. С. 164-167.

24. 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.

25. Косолапов А.В., Ощепкова Е.А., Крысин С.Н. Использование навигационных данных маршрутных автобусов в качестве возможного ресурса для мониторинга параметров транспортных потоков // В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2014. Материалы XV международной научно-практической конференции. 2014. С. 123.