

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**УДК 004.42:625.7**

**А. А. Лопатин, А. Г. Пимонов**

### **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОИСКА И ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ В УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА**

Дорожная отрасль является одной из важнейших отраслей экономики любой промышленно развитой страны. Недаром автомобильные дороги называются «кровеносной системой» любого государства. Они играют огромную социально-экономическую роль в жизни современного общества. В Российской Федерации в силу огромной пространственной протяженности территории транспортные издержки существенно больше среднемировых показателей. Автомобильные дороги являются очень капиталоемкими, но в тоже время и очень рентабельными сооружениями. Известно, что каждый рубль, вложенный в автомобильные дороги, в перспективе многократно (в 3–5 раз) возвращается в различных других отраслях экономики за счет снижения транспортных (логистических) издержек, снижения аварийности, повышения подвижности населения [1].

Низкий уровень развития сети автомобильных дорог России является существенным сдерживающим фактором роста рыночной экономики, при которой автомобильный транспорт играет доминирующую роль [2]. К сожалению, строительство дорог идет недостаточно высокими темпами, и дорожно-транспортные сети города не справляются с постоянно возрастающей на них нагрузкой. Зачастую строительство дорог ограничено не только финансовыми рамками и строительными возможностями, но и архитектурой города. Последнее

делает невозможным строительство новых или расширение имеющихся дорог в плотно застроенных или исторических местах города. Поэтому высока актуальность разработки и программной реализации алгоритмов, способных анализировать возможности имеющейся дорожно-транспортной сети города и определять оптимальные с различных точек зрения маршруты движения.

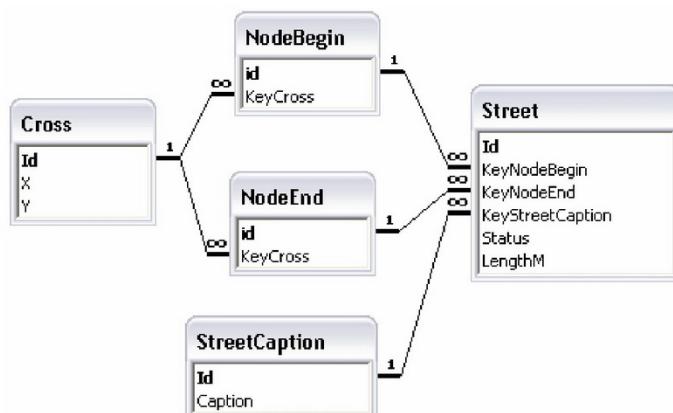
При создании геоинформационной системы поиска и оптимизации маршрутов (ГИС ПИОМ) были рассмотрены и проанализированы аналогичные существующие программные реализации [3–7]. Проведенный анализ охватил различные грани разработки программного обеспечения: способы хранения данных, применяемые алгоритмы, методы работы с графикой, эргономичность интерфейса программы и другие, что позволило в процессе разработки геоинформационной системы избежать некоторых неудачных

моментов.

Разработанная ГИС ПИОМ функционирует на основе спроектированной базы данных (БД), состоящей из пяти основных таблиц (рис. 1):

- 1) *Cross* – справочник перекрестков (информация о месторасположении);
- 2) *NodeBegin* – начальные узлы (перекрестки) дорог;
- 3) *NodeEnd* – конечные узлы (перекрестки) дорог;
- 4) *StreetCaption* – справочник названий улиц;
- 5) *Street* – дороги (отрезки улиц).

Особенностью предложенной и реализованной структуры является расширяемость БД за счет добавления в существующие таблицы дополнительных атрибутов и введения в базу новых таблиц, содержащих информацию о различного рода объектах улично-дорожной сети. Создание двух раздельных таблиц для узлов, являющихся началом и концом дороги, позволяет задавать им различные



*Рис.1. Структура базы данных*

дополнительные характеристики. Например, указание на наличие светофора в конце дороги или наличие каких-либо дорожных знаков в начале. Таблица StreetCaption может содержать помимо названий улиц

грамма запущена впервые, то она показывает пользователю диалоговое окно «Начало работы», где предлагает на выбор «Создать новый проект» или «Открыть существующий проект».

прописываются в зависимости от детализации с целью уменьшения шума и улучшения читабельности (рис. 2, а). Также с этой целью названия улиц выводятся не в фиксированных местах (как в большинстве су-

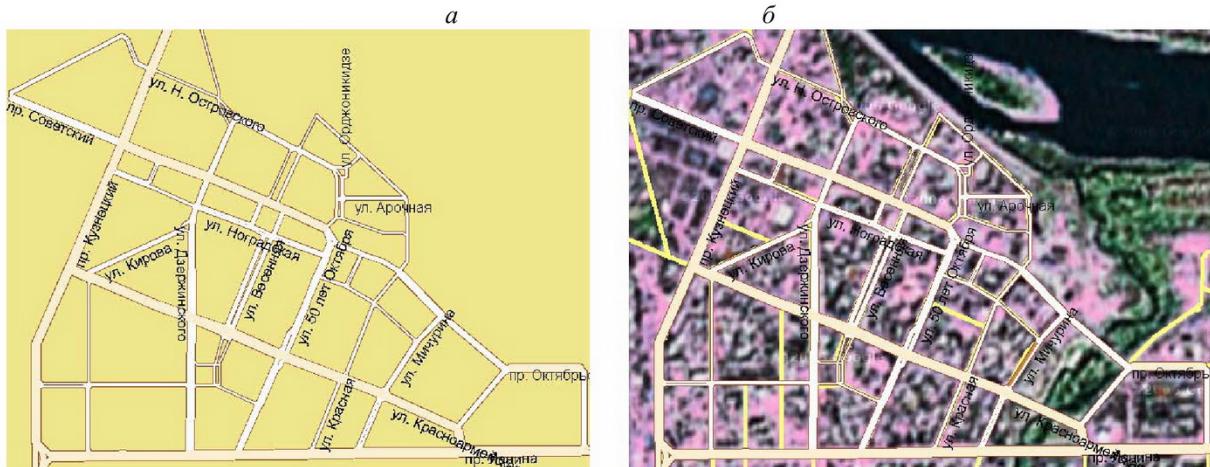


Рис. 2. Отдельное отображение только векторной карты (а) и совместное с картой-источником (б)

и другие справочные данные о них. Таблица Street может содержать различные атрибуты, имеющиеся у проезжих частей. Например, качество дорожного покрытия, количество полос движения, средняя скорость движения, время проезда.

ГИС ПИОМ состоит из двух основных подсистем. Первая – подсистема ввода, редактирования и управления графической информацией позволяет создавать и изменять схемы городских улично-дорожных сетей, формально представленных в виде графов [8-10], и заполнять информацией таблицы связанных с ними баз данных (рис. 1). Во второй – подсистеме поиска и оптимизации маршрутов движения реализованы следующие алгоритмы на графах: поиск в глубину, поиск в ширину, алгоритм Дейкстры, алгоритм обхода препятствий, генетический алгоритм.

ГИС ПИОМ позволяет работать с несколькими проектами. При запуске программа ищет последний открытый проект. Если ей это удается, то проект открывается. Если же такого не находится, или про-

вограмме реализованы два режима работы с картой: поиск и оптимизация маршрутов и редактирование картографической информации. Из-за особенностей изображения данных в графическом режиме практически вся работа с картой основана на возможностях использования мыши. При работе используются различные действия: нажатия кнопки мыши, щелчок, двойной щелчок, прокрутка колеса мыши и его нажатие, перемещение мыши и другие.

При изменении масштаба просмотра карты названия улиц

помещаются в зависимости от детализации с целью уменьшения шума и улучшения читабельности (рис. 2, а). Также с этой целью названия улиц выводятся не в фиксированных местах (как в большинстве существующих ГИС), а там, где они будут смотреться лучше и не будут мешать просмотру карты. То есть с изменением масштаба отображения проектируемой карты или ее части название улиц как бы «плавают» вдоль дорог.

По умолчанию на карте отображаются только векторные данные, хранящиеся в БД проекта. При выборе меню «Вид»→«Параметры отображения»→«Показывать исходную карту» карта-источник будет отображаться как подложка для векторной карты (рис. 2, б).

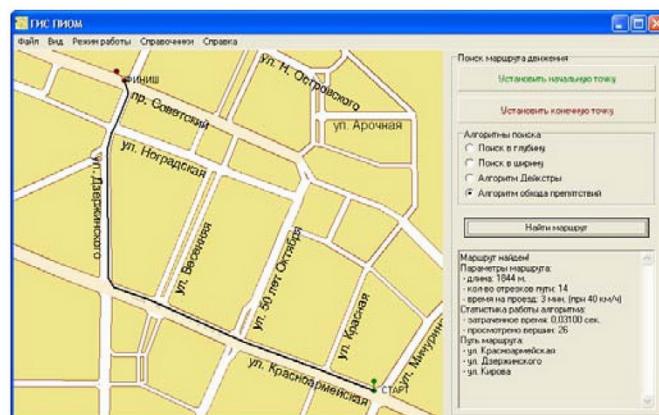


Рис. 3. Оптимальный маршрут

Для поиска маршрута движения нужно сначала перейти в соответствующий режим – меню «Режим работы»→«Поиск маршрута»→«Маршрут старт-финиш». Для начала поиска необходимо установить стартовую и финишную точки. Устанавливать точки можно в любом месте на карте, не обязательно на дорогах – при установке они автоматически связываются с ближайшими перекрестками.

После установки старта и финиша по нажатию кнопки «Найти маршрут» автоматически определяется оптимальный путь по предварительно выбранному алгоритму (рис. 3). При этом найденный путь отображается на карте, и на панели справа выводятся его характеристики: длина, количество отрезков пути, расчетное время на проезд (исходя из среднестатистической скорости 40 км/ч); характеристики работы алгоритма: затраченное время и количество просмотренных вершин; а также выводится найденный маршрут движения в виде списка дорог в порядке проезда по ним.

Для изменения старта или финиша нужно просто заново его создать в нужном месте. При выборе различных алгоритмов поиска получаемые в результате оптимальные маршруты могут быть различны. Это связано с особенностями алгоритмов, с определением критериев оптимальности мар-

шрута.

Для поиска многопунктового маршрута движения нужно сначала перейти в соответствующий режим – меню «Режим работы»→«Поиск маршрута»→«Многопунктовый маршрут». Далее необходимо установить его точки (минимум 4). Точки устанавливаются двойным щелчком в нужном месте карты. При этом они также связываются с ближайшим перекрестком. Для удаления точки нужно дважды щелкнуть на ней. После нажатия кнопки «Найти маршрут» определяется оптимальный путь и отображается на карте жирными черными линиями. Дополнительно тонкими черными линиями отображаются альтернативные пути движения (рис. 4).

При добавлении дополнительных атрибутов дорог и формировании на их основе критериев поиска можно получить множество различных и интересных перспектив развития и применения ГИС ПИОМ. Можно предложить несколько вариантов дополнительных атрибутов.

1) Качество дорожного полотна и количество полос движения. При определении качества дорожного полотна важно не только выяснить, относится ли участок пути к дороге с покрытием или нет, но и по возможности оценить качество дорожного покрытия. В России, в связи с большой протяженностью автомобильных дорог, ка-

чество дорожного покрытия не всегда находится на должном уровне. С определением количества полос движения тоже интересная ситуация: не только у разных транспортных путей может быть различное количество полос, но и у одного пути на различных его участках может быть различное количество полос движения. Иногда при создании или модернизации дороги создают еще одну левую полосу движения специально для поворота налево. Таким образом, на основании этих атрибутов определяется такой маршрут движения, длина которого по возможности была бы меньше, но при этом учитывается количество полос движения и качество покрытия. Этот критерий отбора очень важен для особых перевозок: транспортировки крупногабаритного груза, проезда автоколонны, перевозки опасных и особо ценных грузов транспортом, проезд которого по узким узеньким и дорогам с плохим покрытием не желателен.

2) Удобство передвижения по участку дороги. Этот параметр можно оценить только экспертным методом. Не секрет, что каждый водитель имеет свои «хитрые» пути движения. На их выбор влияет несколько факторов: плотность движения и загруженность улиц, наличие светофоров на пути следования, наличие скоростных и иных ограничений. Учитывая все это, можно получить удобный маршрут. При выборе этого критерия поиск маршрута ведется на основании экспертных оценок об «удобстве» проезда по участкам пути. При этом в алгоритме поиска нельзя забывать и о минимизации длины пути.

3) Время движения. Этот критерий аналогичен критерию длины пути. Однако длина отрезка дороги и среднее время проезда по нему не всегда пропорциональны. Есть участки дорог с ограниченной скоростью движения, есть участки, где движение затруднено плотным

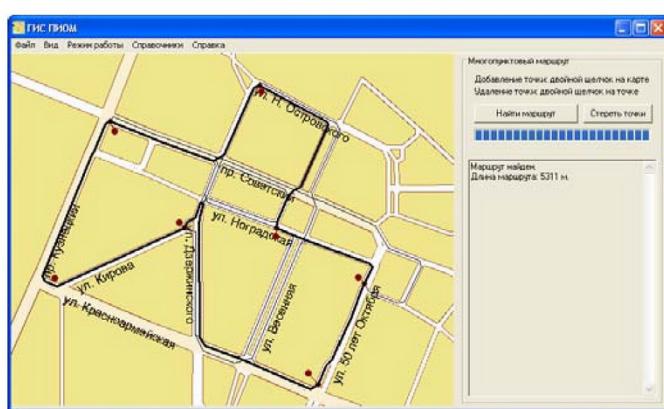


Рис. 4. Оптимальный многопунктовый маршрут

потоком и постоянно возникающими пробками. А бывает и наоборот – строят специальные «разгрузочные» дороги, скорость движения по которым выше среднегородской скорости.

Разработанная геоинформационная система может быть

использована для поиска и оптимизации маршрутов движения (в том числе и многопунктовых) в улично-дорожной сети города; для поиска допустимых и оптимальных маршрутов передвижения в сети горных выработок в случае возникновения аварийных ситуаций; для опти-

мизации маршрутов авиаперелетов, пассажирских и грузовых автоперевозок.

Можно предложить еще множество вариантов практического применения разработанной ГИС ПИОМ при ее незначительной адаптации в каждом конкретном случае.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцов А. В. Геоинформатика в дорожной отрасли (на примере IndorGIS) / А. В. Скворцов, П. И. Поспелов, С. П. Крысин. – М.: Изд-во МАДИ, 2005. – 389 с.
2. Бойков В. Н. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road) / В. Н. Бойков, Г. А. Федотов, В. И. Пуркин. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 223 с.
3. ООО «ДАТА Ист». City Explorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dataeast.ru/Rus/Sales/cityexplorer.asp>, свободный.
4. Проект ДубльГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.2gis.ru>, свободный.
5. Открытый город. Электронный деловой справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-city.ru>, свободный.
6. Электронная справочная система города Калуги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://users.kaluga.ru/is/programm.htm>, свободный.
7. Справочник метро «PMetro» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pmetro.nm.ru>, свободный.
8. Лопатин А.А. Представление графов в информационных системах // Сборник докладов студентов и аспирантов Кузбасского государственного технического университета. Том 2. По результатам докладов 52-й научно-практической конференции, 16-20 апреля 2007 г. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2007. – С. 154–155.
9. Липский В. Комбинаторика для программистов. Пер. с англ./ В. А. Евстигнеева, О. А. Логинова, под ред. Ершова А. П. – М.: Мир, 1988. – 200 с.
10. Седжвик Роберт. Фундаментальные алгоритмы на C++. Алгоритмы на графах: Пер. с англ. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2002. – 496 с.

### □Авторы статьи:

Лопатин  
Артем Алексеевич  
– выпускник каф. вычислительной техники и информационных технологий (группа ПИ-021)

Пимонов  
Александр Григорьевич  
– докт. техн. наук, проф., зав.  
каф. вычислительной техники и  
информационных технологий