

8. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 2012. № 4. с.14-25.
9. Комплексная организация жилой застройки. М.: Госстрой, 1991. 89 с.
10. Лабутина И.А., Хайбрахманов Т.С. Структура и содержание системы карт для обеспечения ландшафтно-геохимических исследований // Геодезия и картография. 2012. №3. С.27-32.
11. Лихачева Э.А. О семи холмах Москвы. М.: Наука, 1990. 144 с.
12. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. М.: Научный мир, 2002. 196 с.
13. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.:ИМГРЭ, 2006. 7 с.
14. Моисеенков О.В. Эколого-геохимический анализ промышленности города (на примере г. Тольятти). Дис. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. М., 1989. 243 с.
15. Национальный атлас почв Российской Федерации. Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. М.: Астрель-АСТ, 2011. 632 с.
16. Никифорова Е.М., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Новикова О.В. Пространственно-временные тренды загрязнения городских почв и растений соединениями свинца (на примере Восточного округа Москвы) // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 2010. №1. С. 11-20.
17. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Касимов Н.С. Экологическая опасность загрязнения тяжелыми металлами почв Восточного округа г. Москвы (по данным 1989-2010 гг.) // Инженерная геология. 2011. № 3. С. 34-45.
18. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
19. Полюнов Б.Б. Избранные труды. М.: изд-во АН СССР, 1956. 751 с.
20. Солнцева Н.П. О принципах крупномасштабного картографирования территорий, измененных техногенезом // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 1976. №4. С. 73-78.
21. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. М.: Изд-во Моск. университета, 1997. 405 с.
22. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.
23. Экологический атлас Москвы. М.: изд-во «АБФ/АВФ», 2000. 96 с.
24. Экология города / Под ред. А.С. Курбатовой, Н.С. Касимова, В.Н. Башкина. М.: Научный мир, 2004. 624 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КАРКАСА ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.В. Попков

Географический факультет Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова

МГУ, Воробьевы горы, Москва 119991, Россия

PLANNING DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

A.V. Popkov

Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University,

Vorob'evi Gori, Moscow 119991 Russia

Abstract. This article reviews geographical information system application for territory transport structure development planning. Transport situation analysis of Moscow local area was performed and was based on spatial, statistic and author's own observation data which all was gathered into common form of relational database. Results of research were visualized as maps and schemes of "Ramenki" area transport situation. Moreover, dependency graphs and diagrams of various characteristics were made.

Актуальность темы исследования связана с возрастанием роли транспортного фактора в социально-экономическом развитии территории. Оптимальный транспортный каркас, с одной стороны, свидетельствует об эффективном функционировании территориальной структуры хозяйства и расселения, а с другой, способствует закреплению процессов совершенствования пространственного устройства местности. К сожалению, для большинства территорий Российской Федерации характерно отставание уровня развития транспортных систем от потребностей населения.

Одной из самых обширных и трудно решаемых проблем города Москвы является транспортная. Одной из первоочередных задач, предусмотренных планом решения проблем московского транспортного узла, является развитие улично-дорожной сети и улучшение условий движения, на решение которой, согласно плану,

должно быть потрачено 62% всего финансирования программы. Но как определить, какой транспортный сегмент или участок нуждается в реорганизации первым? Какие факторы оказывают наиболее негативное воздействие на транспортную ситуацию сегмента? Каких принятых мер будет достаточно для полного решения транспортной проблемы участка? До этого момента находить ответы на эти вопросы в той или иной степени удавалось компетентным специалистам в данной области.

Очевидно, что для принятия решения о необходимости реорганизации сегмента транспортной сети, о достаточности оптимизации работы светофоров на перекрестке, выявления других причин возникновения транспортной проблемы и принятия иного решения, необходимо не просто понимание принципа функционирования улично-дорожной сети, но и детальный ее анализ, основанный на реальных, постоянно изменяющихся во времени данных.

Человеку, являющемуся экспертом в данной области, порой бывает довольно сложно ориентироваться в их больших наборах. Необходимо держать в голове все имеющиеся факты (не обязательно имеющие прямое или хотя бы косвенное отношение к проблеме), одновременно с тем понимать их взаимосвязь, а затем производить выборку наиболее существенных фактов по определенным критериям (которые тоже нужно определить аналитически) и их сопоставление (агрегацию). Естественно, эффективная аналитическая обработка данных человеком встает под вопрос.

Таким образом, использование геоинформационной системы поддержки принятия решений [1] могло бы существенно облегчить задачу выявления наиболее проблемных участков улично-дорожной сети и объяснить причины их возникновения.

Объектом исследования является улично-дорожная сеть. Предметом исследования является улично-дорожная сеть муниципального района Раменки.

Данная статья ставит перед собой цель показать использование геоинформационных систем поддержки принятия решений для анализа транспортных проблем на примере улично-дорожной сети муниципального района Раменки.

Материалы и методы исследования. Материалами для исследования послужили: векторные данные на территорию муниципального района Раменки с пространственной привязкой, данные из картографических сервисов мониторинга транспорта и пробок о загруженности дорог, статистические данные о параметрах функционирования улично-дорожной сети, а также собственные наблюдения.

В ходе исследования использовались следующие методы: картографический, геоинформационный, метод геоинформационного моделирования, статистический, сравнительно-географический [4].

Разработка и заполнение реляционной базы данных транспортной ситуации. Описание предметной области. Под транспортной ситуацией будем понимать изменяющиеся во времени числовые характеристики - загруженности всех дорог района, которые являются пространственными объектами. Загруженность дороги – это характеристика, которую можно представить в виде средней скорости движения автомобильного потока в определенное время. Каждая улица исследуемой территории состоит из сегментов дорог, отделяющихся друг от друга перекрестками, а также имеет свои характеристики: название, тип и статус. Сегменты дорог, в свою очередь, принадлежат определенным улицам, могут являться их дублерами, различаются по количеству полос движения и направлению движения автомобильного потока. Кроме того, сегменты дорог являются пространственными объектами и имеют свое векторное выражение и пространственную привязку.

Перекрестки также являются пространственными объектами и представляют собой пересечения двух улиц. С каждым перекрестком связаны светофоры, имеющие свои временные режимы работы: времени, когда горит зеленый свет и времени, когда горит красный. Учтено также множество параметров для анализа группировки результатов по времени. Такими параметрами являются год, месяц, число, неделя, день недели, время суток, час. Существенно влияют на движение автотранспорта и такие пространственные объекты улиц, как наземные пешеходные переходы, остановки общественного транспорта, стоянки, дорожно-транспортные происшествия.

Реляционная модель данных. На основе описания предметной области можно выделить следующие сущности: ситуация, время, улица, дорога, перекресток, светофор, переход, остановка, стоянка, дорожно-транспортное происшествие, а также атрибуты этих сущностей. Далее сущности трансформируются в таблицы, а атрибуты в колонки, связи между сущностями находят свое отражение в связях между таблицами с помощью первичных и вторичных ключей. Данная модель была составлена согласно мировому опыту и теории проектирования баз данных и находится, как минимум, в третьей нормальной форме, что предупреждает дублирование и противоречивость данных, хранящихся в ней, и является необходимым условием стабильного функционирования будущей реальной базы данных [6].

Заключительный этап проектирования – это, несомненно, программная реализация базы данных. Для достижения этой цели была выбрана довольно популярная и широко распространенная СУБД с открытым исходным кодом PostgreSQL [10]. Ко всем многочисленным ее преимуществам добавляется возможность хранения и оперирования пространственными данными с помощью PostGIS надстройки.

На данном этапе было выполнено заполнение базы данных пространственными и другими атрибутивными данными в полуавтоматическом и ручном режимах. Кроме того, возможно постоянное обновление базы данных в таблице с транспортными ситуациями, то есть осуществление мониторинга и

поддержка данных в актуальном состоянии. К сожалению, обеспечение полностью автоматизированного мониторинга транспортной ситуации района не удалось из-за отсутствия необходимого инструментария доступа к такого рода данным.

Практическое применение. Как и всякая реляционная база данных, вышеупомянутая имеет широкое практическое применение. В данном случае, она открывает возможности эффективного проведения анализа имеющихся данных практически неограниченного объема, учитывая пространственные данные. Например, возможно создание хранилища данных на основе реляционной БД и проведение интеллектуального анализа с помощью Data Mining технологии [2]. Также любому исследованию на раннем или позднем этапе требуется визуализация имеющихся или полученных в результате анализа данных. Спроектированная база позволяет осуществить подключение сторонних визуализаторов и, тем самым, обеспечить такую функцию. Возможно и создание трехмерных моделей реальности на основе имеющихся пространственных данных, виртуальных географических сред [11, 12]. Кроме того, базы данных широко используются повсеместно и составляют основы практически всех современных вычислительных систем.

Анализ транспортной ситуации. В данной статье анализ данных будет проводиться с помощью запросов к спроектированной реляционной базе данных транспортной ситуации [3].

1. Исследование зависимости загруженности дорог от расстояния до центра Москвы.

```
SELECT roads.name, ST_Distance (the_geom, GeomFromText ('POINT (413839 6179988)', 32637))/1000,
COUNT(roads.name) FROM roads RIGHT JOIN situations ON roads.gid=situations.road_id GROUP BY
roads.name,the_geom ORDER BY the_geom DESC;
```

Здесь выполняется запрос имен тех сегментов улиц, на которых происходили транспортные затруднения, а также соответствующие этим сегментам количество затруднений и расстояние до центра Москвы. При незначительной модификации этого запроса можно разделить затруднения на несколько типов (по средней скорости движения транспортного потока). Полученные таблицы позволяют выявить, насколько сильно напряженность ситуаций на дорогах зависит от удаленности этих дорог от центра Москвы.

2. Аналогичный запрос может быть выполнен и для выявления такой же зависимости, только для напряженных перекрестков.

```
SELECT crosses3d.streetname, COUNT (crosses3d.streetname), ST_Distance (crosses3d.the_geom,
GeomFromText ('POINT (413839 6179988)', 32637))/1000 FROM crosses3d INNER JOIN roads3d ON
crosses3d.gid=roads3d.cross_id INNER JOIN situations ON situations.road_id=roads3d.gid GROUP BY
crosses3d.streetname,crosses3d.the_geom ORDER BY count DESC;
```

Здесь предполагается получить суммарное количество транспортных затруднений на сегментах дорог, по которым транспорт выезжает на перекрестки. Сегменты с направлением движения «от перекрестка» не учитываются.

3. Довольно интересной могла бы получиться зависимость напряженности сегментов дорог от их длин или площадей покрытия. Получить такие данные для выявления зависимостей можно с помощью запроса следующего вида:

```
SELECT roads.name, ST_Area(the_geom)/200 as perimeter, count (situations.average_speed) FROM roads
INNER JOIN situations ON roads.gid=situations.road_id GROUP BY roads.name, roads.the_geom ORDER BY
perimeter DESC;
```

4. Также, на основании данных о дублерах, был составлен запрос для выявления процентного соотношения количества транспортных затруднений на центральных сегментах проспектов и их дублерах.

```
SELECT roads.name, count (roads.name) FROM roads RIGHT JOIN situations ON
roads.gid=situations.road_id WHERE roads.is_doubler=true GROUP BY roads.name ORDER BY count DESC;
```

5. Данный запрос формирует множество улиц района и общую загруженность их сегментов за все время. Он нужен для получения распределения загруженности по улицам района.

```
SELECT streets.name,COUNT(roads.gid) FROM streets RIGHT JOIN roads ON
streets.street_id=roads.street_id RIGHT JOIN situations ON roads.gid=situations.road_id GROUP BY streets.name
ORDER BY COUNT DESC;
```

6. Похожий на предыдущий запрос также позволит сформировать распределение загруженности, только по перекресткам района.

```
SELECT crosses3d.streetname,COUNT(crosses3d.streetname) FROM crosses3d INNER JOIN roads3d ON
crosses3d.gid=roads3d.cross_id INNER JOIN situations ON situations.road_id=roads3d.gid GROUP BY
crosses3d.streetname ORDER BY count DESC;
```

7. Здесь выполняется запрос общей загруженности улиц и их типов, статусов, который позволит выявить соответствующие зависимости.

```
SELECT streets.status, COUNT(roads3d.name) FROM streets LEFT JOIN roads3d ON
streets.street_id=roads3d.street_id LEFT JOIN situations ON situations.road_id=roads3d.gid WHERE
situations.average_speed<30 GROUP BY streets.status;
```

8. В связи с наличием в базе транспортных ситуаций, распределенным вплоть до часов, возможно составление запроса необходимого для получения загруженности дорог во времени, хоть и интуитивно понятно ее приблизительное распределение.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

```
SELECT time.hour,COUNT(roads3d.name) FROM roads3d INNER JOIN situations ON situations.road_id=roads3d.gid INNER JOIN time ON situations.time_id=time.time_id GROUP BY time.hour ORDER BY time.hour DESC;
```

Результаты и их обсуждения. Визуализация. В результате SQL запросов к реляционной базе получаем табличные данные, которые необходимо представить в удобном для понимания виде. Пространственные данные также не являются исключением и тоже представлены в табличном виде (геометрические колонки, таблица пространственной привязки и др.). В этой связи обычные атрибутивные колонки и корреляции между ними визуализировались с помощью построения графиков и диаграмм, а пространственные данные визуализировались серверной геоинформационной системой Mapserver и представлялись в виде карто-схем [7,8,9].

Попытка выявления зависимости между загруженностью дорожных сегментов и их удаленности от центра города показала, что в пределах района Раменки такая зависимость практически отсутствует (Рис. 1, Рис.2). В этом же можно убедиться, посмотрев на карту-схему загруженности дорожных сегментов (Рис.3). Аналогичный результат получился при выявлении такой же зависимости у перекрестков (Рис. 4).

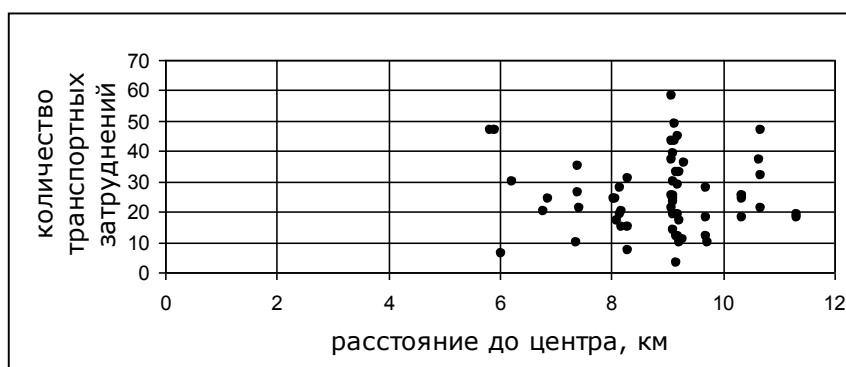


Рис. 1. Зависимость загруженности сегментов от их удаленности от центра

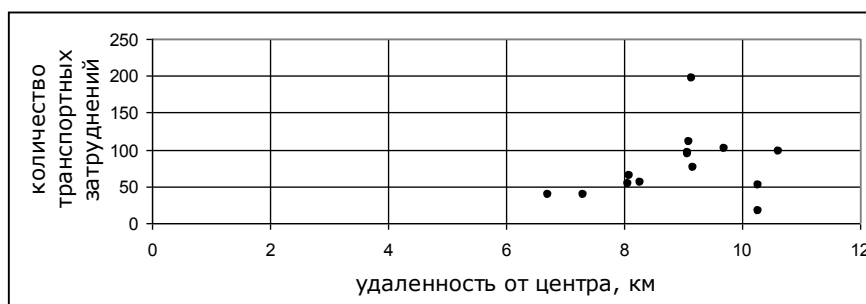


Рис. 2. Зависимость загруженности перекрестков от их удаленности от центра

Запрос загруженности дорожных сегментов улиц, имеющих дублеры, выявил, что 57% всех транспортных затруднений приходится на дублеры, а 43% на основную часть улицы. На этом основании можно сказать, что дублеры хорошо распараллеливают транспортную нагрузку, но не решают проблему возникновения пробок.

Если же брать загруженность сегментов дорог, сгруппированных по улицам района Раменки, то самыми загруженными оказываются Ломоносовский проспект и проспект Вернадского. Улица Мосфильмовская также имеет некоторые транспортные проблемы, но существенно меньше. На остальных участках улично-дорожной сети транспортных затруднений практически не возникает.



Рис. 3. Распределение транспортных затруднений по дорожным сегментам района

Наиболее яркая зависимость загруженности дорожных сегментов получилась от типа и статуса улицы, которой они принадлежат (Рис. 5, Рис. 6). Так, самым проблемным и загруженным типом улицы является проспект, и те же проблемы имеют улицы со статусом общегородских I и II классов (Вернадского, Ломоносовский проспекты).

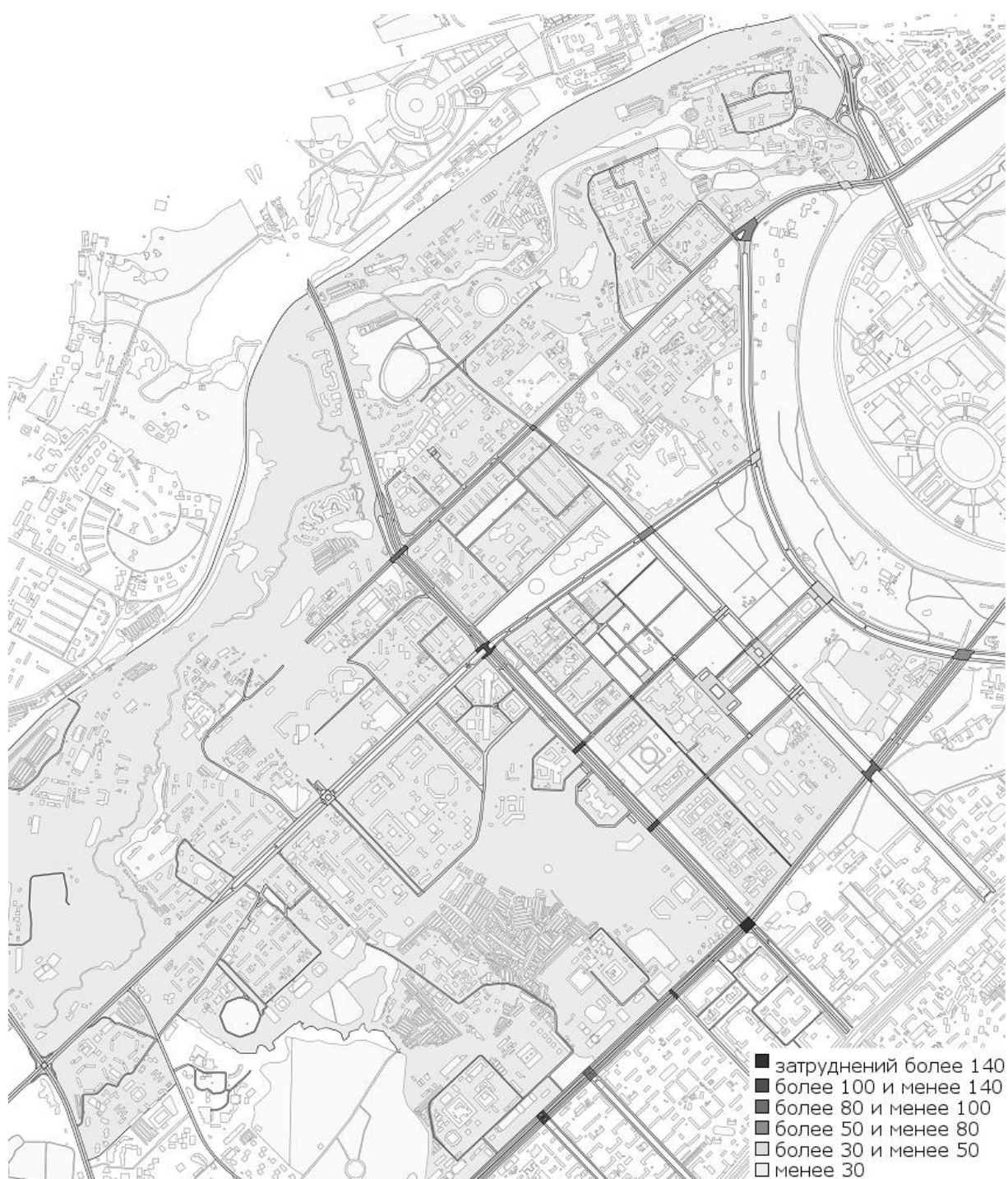


Рис. 4. Распределение транспортных затруднений по перекресткам района

Соответственно, самые нагруженные перекрестки оказались именно те, которые принадлежат проспектам и одновременно имеющих статус общегородских I и II классов. К таким относятся пересечения, в первую очередь, проспектов Вернадского и Ломоносовского, Мичуринского и Ломоносовского, а также многих других. Очевидно, загруженность перекрестков неразрывно связана с загруженностью сегментов, на них выходящих и именно перекрестки вызывают затруднения на сегментах.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

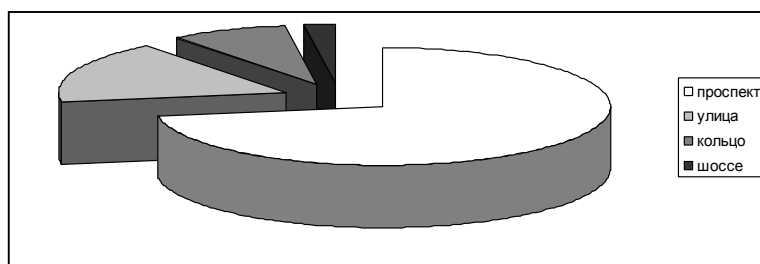


Рис. 5. Распределение нагрузки по типам улиц

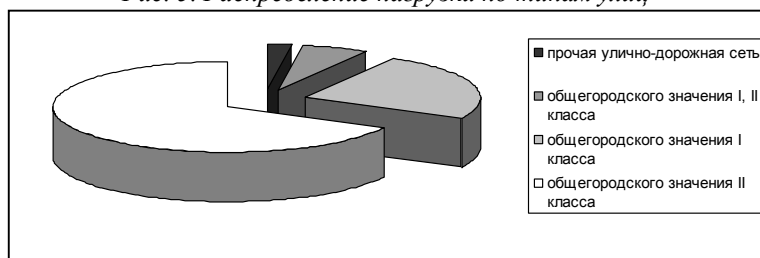


Рис. 6. Распределение нагрузки по статусам улиц

Если обратить внимание на зависимость загруженности дорожных сегментов во времени, то, как и предполагалось, самая тяжелая транспортная ситуация складывается именно во время начала и конца рабочего дня и в направлениях «в центр» и «от центра» соответственно.

Выводы. Таким образом, в данной статье было рассмотрено использование геоинформационной системы поддержки принятия решений для анализа транспортных ситуаций на примере муниципального района «Раменки». Был проведен анализ транспортной ситуации района на основе пространственных, статистических данных, а также данных-результатов собственного наблюдения, которые были приведены к единому виду реляционной базы данных. Также рассмотрен процесс проектирования реляционных базы данных. Кроме того, была проведена визуализация результатов исследования: составлены карты-схемы транспортной ситуации района «Раменки», а также графики и диаграммы зависимостей различных параметров.

Библиографический список

1. Баин А.М. Современные информационные технологии систем поддержки принятия решений : учеб.пособие / А.М.Баин М. : Форум, 2009.
2. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP : учеб.пособие. СПб. : БХВ-Петербург, 2007.
3. Боуман Д.С. Практическое руководство по SQL : Использование языка структурир. запросов / Д.С.Боуман, С.Л.Эмерсон, М.Дарновски; Пер. с англ. А.М. Цветкова и др. М. и др. : Вильямс, 2001.
4. Дьяконов К.Н. Современные методы географических исследований : Кн. для учителя / К.Н. Дьяконов, Н.С. Касимов, В.С. Тикунов М. : Просвещение: Учеб.лит., 1996.
5. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : Моногр.
6. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных : Пер.с англ. / Д.Кренке СПб.и др. : Питер, 2003.
7. Левин Б.А. Геоинформатика транспорта. Рос. акад. наук, ВИНТИ М. : ВИНТИ РАН, 2006.
8. Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС / И.К.Лурье; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Геогр.фак. Каф.картографии и геоинформатики, Центр.геоинформ.технологий М., 2002.
9. Тикунов В.С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова М.; Смоленск : Изд-во СГУ, 1999.
10. Стоунз Р. PostgreSQL : Основы. Пер. с англ. / Ричард Стоунз, Нейл Мэттью СПб. : Символ, 2002.
11. Batty M. Virtual Reality in Geographic Information Systems. In: Wilson J P and Fotheringham A S (Editors). The Handbook of Geographic Information Science. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2008: 317-334.
12. Lin H. Zhu Q. Virtual Geographic Environments. In: Zlatanova S. and Proserpi D. (Editors). Large-scale 3D Data Integration: Challenges and Opportunities. Florida: CRC Press, 2005: 211-231.