

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЕТЕВЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ
В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ**

¹Лаптёнок С.А., ¹Морзак Г.И., ¹Левданская В.А., ¹Карпинская Е.В.,

¹Гордеева Л.Н., ²Осипов А.В.

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

²«БЕЛТРОПГАЗ», г. Минск, Беларусь

Изложена методика применения технологии географических информационных систем для интерактивного пространственного моделирования и оптимизации маршрутов. Представлены пространственные модели маршрутов движения технологического транспорта коммунального назначения.

Последние десятилетия характеризуются интенсивным ростом производства во всем мире и связанным с ним увеличением количества автотранспорта и интенсификацией его использования. В связи с этим наблюдается и значительный рост вклада в загрязнение атмосферы поллютантов, содержащихся в выхлопе двигателей внутреннего сгорания. В настоящий момент в мире эксплуатируется около 500 миллионов автомобилей. На автомобильный транспорт приходится более половины всех вредных выбросов в окружающую среду, являющихся главным источником загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах. В среднем при пробеге 15000 км за год каждый автомобиль сжигает 2 т топлива и около 26 – 30 т воздуха, в том числе 4,5 т кислорода. В результате сжигания жидкого топлива в воздух ежегодно выбрасывается, по разным оценкам, от 180 до 260 тысяч тонн свинца, что в 60 - 130 раз превосходит естественное поступление свинца в атмосферу при вулканических извержениях (2 - 3 тысячи тонн в год). [1]. Сложившаяся ситуация требует принятия неотложных мер, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду.

Снижение уровня загрязнения атмосферы выхлопами автотранспорта может быть достигнуто следующими мерами:

- снижением количества производимого и эксплуатируемого автотранспорта, что в условиях интенсивного индустриального развития не представляется возможным;

- снижением интенсивности эксплуатации транспорта, где это представляется возможным;

- оптимизация маршрутов транспорта.

Оптимизация маршрута является мерой, обеспечивающей ряд эффектов: экономический, экологический, эргономический и др. Вследствие сокращения пробега транспортного средства происходит сокращение пробега, и, следовательно, снижение расхода топлива и амортизации, обеспе-

чивается сбережение моторесурса двигателя, снижается количество выбросов в атмосферу поллютантов, содержащихся в выхлопе. Таким образом, оптимизация маршрутов может оказать значительное положительное влияние на общую ситуацию как в местном, так в региональном и глобальном масштабах.

На практике оптимизация маршрута сводится к решению так называемой задачи коммивояжера, которая заключается в отыскании самого выгодного маршрута, проходящего через указанные пункты хотя бы по одному разу. В условиях задачи указываются критерий выгодности маршрута (кратчайший, самый дешёвый, совокупный критерий и т. п.) и соответствующие матрицы расстояний, стоимости и т. п. Если это необходимо, указывается, что маршрут должен проходить через каждый пункт только один раз - в таком случае выбор осуществляется среди гамильтоновых циклов. Все эффективные (сокращающие полный перебор) методы решения задачи коммивояжера являются эвристическими. В большинстве эвристических методов находится не самый эффективный маршрут, а приближённое решение. Часто используются алгоритмы, постепенно улучшающие некоторое текущее приближённое решение (алгоритмы any-time) [2, 3].

Для решения задачи оптимизации маршрутов представляется целесообразным использование методов пространственного моделирования с применением технологии географических информационных систем (ГИС) [4-10].

В данной работе для построения векторной пространственной модели и решения сетевых задач были использованы программные средства ArcView GIS и ArcView Network Analyst [11, 12] (Environmental Systems Research Institute, США). ArcView GIS представляет собой набор программных средств, который предназначен для создания различных картографических моделей, добавления в готовые модели локальных табличных данных различных форматов (dBASE, Paradox, Microsoft Access, Oracle и др.) и данных, хранящихся на удаленных серверах для их отображения, выполнения запросов и расчетов и осуществлять географическое (пространственное) представление результатов. Модуль расширения ArcView Network Analyst предназначен для поиска оптимальных решений по эффективному использованию сетей, в частности, позволяет найти самый короткий путь и определить оптимальную последовательность посещения заданных пунктов, создать карты и маршрутные листы.

В качестве объекта оптимизации был выбран маршрут движения коммунального транспорта, обеспечивающего сбор твердых коммунальных отходов (ТКО) из контейнеров в жилом микрорайоне «Сухарево-2» г. Минска.

С использованием инструментария ArcView 3.2a была построена векторная пространственная модель территории микрорайона «Сухарево-2», включающая тематические слои с отображением дорожной сети (улицы Лобанка, Сухаревская, Шаранговича и внутренние проезды), жилой и инфраструктурной застройки (жилые дома, школы, детские дошкольные учреждения и др. со следующими адресами: ул. Лобанка 81, 85, 87, 89, 95, 97, 99, 107, 109; ул. Сухаревская 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 21/1, 21/2; ул. Шаранговича 52, 54, 56.) и пунктов загрузки ТБО, обозначенных адресами (Л – по улице Лобанка, С – Сухаревской, Ш – Шаранговича).

Средствами модуля Network Analyst осуществлялось решение сетевых задач по определению оптимальных маршрутов при интерактивном изменении условий – изменении направлений въезда и выезда (рис. 1, 2) и невозможности движения по ряду отрезков дорожной сети (рис. 3) с формированием маршрутного листа для каждого варианта.

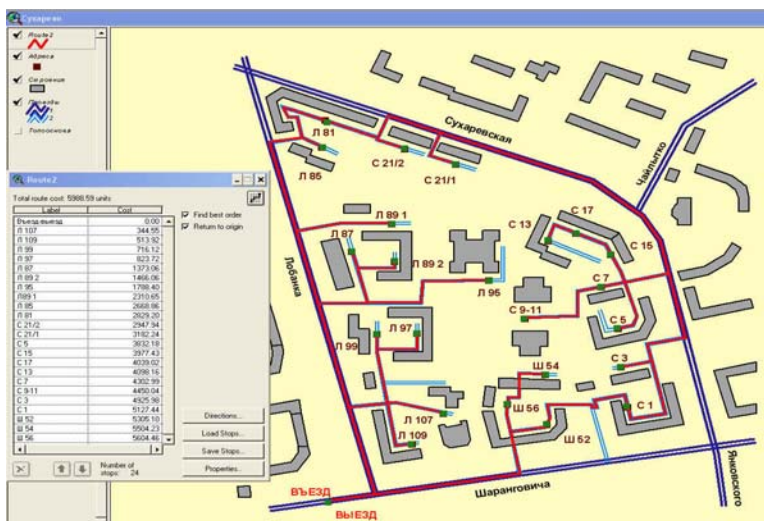


Рис. 1. Результат моделирования оптимального маршрута при сборе ТКО (въезд и выезд: ул. Шаранговича со стороны МКАД)

Порядок посещения пунктов для различных маршрутов представлен в сводной таблице маршрутных листов. Очевидно, что внутри выбранного микрорайона оптимальным является маршрут № 1 (его длина является минимальной – см. табл.).

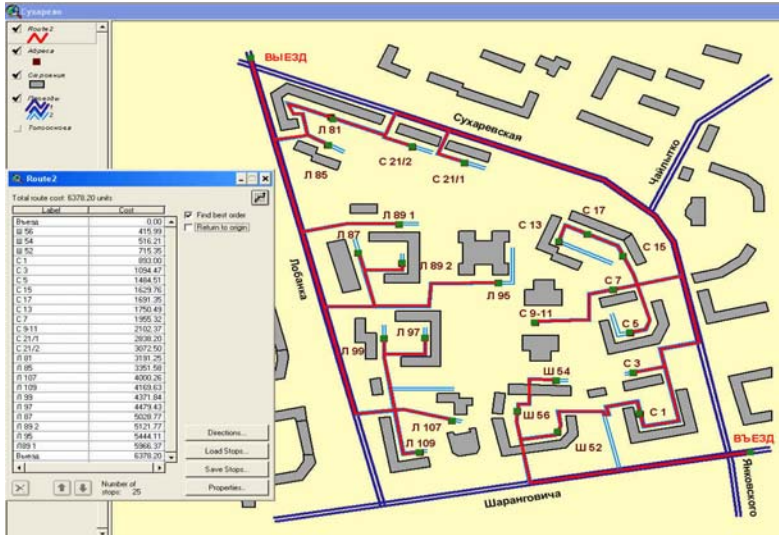


Рис. 2. Результат моделирования оптимального маршрута при сборе ТКО (въезд: ул.Шаранговича со стороны центра; выезд: ул.Лобанка в сторону МКАД)



Рис. 3. Результат моделирования оптимального маршрута при сборе ТКО (некоторые внутренние проезды закрыты для движения автотранспорта)

Таблица. Порядок посещения пунктов загрузки ТКО при различных условиях движения

Адреса	Варианты маршрутов			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Л 81	Въезд (Ш)	Въезд (Л)	Въезд (Ш)	Въезд (Ш)
Л 85	Л 107	Л 85	Ш 56	С 3
Л 87	Л 109	Л 81	Ш 54	С 1
Л 89(1)	Л 99	С 21/2	Ш 52	Ш 52
Л 89(2)	Л 97	С 21/1	С 1	Ш 56
Л 95	Л 87	С 5	С 3	Ш 54
Л 97	Л 89(2)	С 9-11	С 5	С 15
Л 99	Л 95	С 7	С 15	С 13
Л 107	Л 89(1)	С 15	С 17	С 17
Л 109	Л 85	С 13	С 13	С 5
С 1	Л 81	С 17	С 7	С 7
С 3	С 21/2	С 3	С 9-11	С 9-11
С 5	С 21/1	С 1	С 21/1	С 21/1
С 7	С 5	Ш 52	С 21/2	С 21/2
С 9-11	С 15	Ш 54	Л 81	Л 81
С 13	С 17	Ш 56	Л 85	Л 85
С 15	С 13	Л 107	Л 107	Л 107
С 17	С 7	Л 109	Л 109	Л 109
С 21/1	С 9-11	Л 99	Л 99	Л 99
С 21/2	С 3	Л 97	Л 97	Л 97
Ш 52	С 1	Л 87	Л 87	Л 87
Ш 54	Ш 52	Л 89(2)	Л 89(2)	Л 89(2)
Ш 56	Ш 54	Л 95	Л 95	Л 95
	Ш 56	Л 89(1)	Л 89(1)	Л 89(1)
	Въезд	Въезд	Выезд (Л)	Выезд (Л)
Длина маршрута, м	5604	5707	6378	6994

В случае недоступности для проезда отдельных участков дорожной сети данное условие автоматически учитывалось при решении задачи оптимизации и недоступные участки исключались из маршрута движения. Дружественный интерфейс приложения ArcView и модуля расширения Network Analyst обеспечил оперативность изменения условий при постановке задач по моделированию различных вариантов маршрутов.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать заключение об эффективности применения технологии географических информационных систем для решения задач интерактивного пространственного моделирования оптимальных маршрутов на основании векторных пространственных сетевых моделей. Данная методика с успехом может использоваться для оперативного планирования и оптимизации маршрутов движения технологического транспорта в сфере производства, торговли,

коммунального хозяйства и т.п. в целях улучшения экономических и экологических показателей деятельности предприятий.

Литература

1. Логинова В.Ф. Состояние природной среды Беларуси: Экол. бюл. 2007 г. – Мн.: Минсктиппроект, 2008, – 376 с.
2. Ананий В. Глава 3. Метод грубой силы: Задача коммивояжера // Алгоритмы: введение в разработку и анализ – М.: «Вильямс», 2006. – С. 159-160.
3. Томас Х. Кормен Алгоритмы: построение и анализ – 2-е изд. / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн // – М.: «Вильямс», 2006, – 1296 с.
4. Хаксхолд Виллиам Ё. Введение в городские географические информационные системы. / Пер. с англ. – New York: Oxford University Press, 1991, – 317 с.
5. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика./ Под ред. Д.В.Лисицкого – М.: «Картгеоцентр» «Геодезиздат», 1993.
6. Лаптенюк, С.А. ГИС помогает оценить состояние здоровья детей и подростков Беларуси / Лаптенюк, С.А., Аринчин, А.Н., Быль, В.И. //ArcReview. Современные информационные технологии Москва, 2001, №1, – С. 7.
7. Лаптенюк, С.А. Применение технологии географических информационных систем для изучения динамики заболеваемости населения / Лаптенюк, С.А., Мошник, К.В., Ванягель, С.А. // Здоровоохранение, 2002, № 10, – С. 52-55.
8. С.А. Лаптенюк Реконструкция коллективной дозы внутреннего облучения на основе линейной регрессионной модели с применением методов пространственного анализа и технологии географических информационных систем (ГИС) / Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС, 2004, №1. – С. 15-20.
9. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорожко, С.В., Лаптенюк, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.
10. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии / Морзак, Г.И., Лаптенюк, С.А. // – Минск, БГАТУ, 2011, – 210 с.
11. Ресурсы web-сайта www.esri.com.
12. Ресурсы web-сайта www.dataplus.ru

УДК 504.06:51-74

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

¹Лаптенюк С.А., ¹Морзак Г.И., ¹Хорева С.А., ¹Левданская В.А., ¹Карпинская Е.В., ¹Гордеева Л.Н., ²Осипов А.В.

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

²«БЕЛТОПГАЗ», г. Минск, Республика Беларусь

Изложена методика применения технологии географических информационных систем для трехмерного моделирования распространения поллютантов в атмосфере