

УДК 65.011.56

М.И. Абрамский, В.В. Кирюхин

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: abramsky@inbox.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА НА ГРАФЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ОБОБЩЕННЫМИ ДЛИНАМИ ДУГ

Рассматривается задача поиска оптимального маршрута на графе геоинформационной системы с обобщенными длинами дуг; предложены методика, алгоритмы и компьютерная программа, автоматизирующая процесс оптимальной маршрутизации. Приведен пример использования программы для одного из районов г. Севастополя.

1. Постановка проблемы

Анализ довольно многочисленных публикаций по проблеме отыскания экстремальных путей на графовых структурах показывает, что типовая задача поиска оптимального маршрута может быть применена и к графу геоинформационной системы. Графом геоинформационной системы (ГИС) будем считать граф, вершинами которого являются определенные ключевые точки на местности (перекрестки, повороты для случая ГИС города), а дугами – отрезки маршрута между этими точками. При решении обычной задачи поиска оптимального маршрута на графе ГИС в качестве весов дуг графа могут выступать только расстояния по пути между двумя точками на местности (вершинами графа). В этом случае полученное решение хотя и представляет некоторую практическую ценность, однако не будет отражать всего многообразия факторов, действующих в реальной ГИС: атмосферные осадки, пробки, качество дорог, временный ремонт дорог с их перекрытием и т.п. В то же время перечисленные факторы обычно играют большую роль в практике выбора маршрута водителем, и их необходимо учитывать при разработке соответствующих автоматизированных систем, включая ГИС.

Перед авторами была поставлена задача: разработать математическую модель, алгоритмы, компьютерную программу для поиска оптимального маршрута на графе с обобщенными длинами ребер и продемонстрировать ее эффективность в конкретной практической ситуации, учитывающей основные факторы реального дорожного движения.

Ниже изложены основные моменты выполненного исследования.

2. Оптимальная маршрутизация на графе с обобщенными длинами дуг

Введем следующие понятия и определения [1].

Рельеф – с математической точки зрения функция вида $F(x,y)$, где x, y – координаты (в частности, декартовы) точки на плоской поверхности.

Частным случаем (дискретным) может быть квадратная матрица, являющаяся отображением графа (ландшафтный граф). Например, в качестве рельефа может быть географический ландшафт в собственном смысле этого слова.

Дополнительные факторы (информационные воздействия) – функции вида $F(x,y)$, также имеющие аналогичное рельефу дискретное отображение. Области определений этих функций должны быть такими же, как и для функции рельефа. В случае динамической ГИС значение факторов меняется со временем, в этом случае соответствующие функции зависят еще от одной переменной, t . С практической точки зрения дополнительными факторами могут, например, быть: качество поверхности географического ландшафта, коэффициент трения поверхности, вид растительности и т.п.

Для функции рельефа и факторов (воздействий) будем использовать следующие обозначения [2]:

$(L)_n^n$ – квадратная матрица порядка n , содержащая веса дуг, связывающих все n вершин ландшафтного графа;

$(F_i)_n^n$ – квадратные матрицы порядка n , содержащие данные об информационном воздействии F_i на дуги в ландшафтном графе, $i=1...k$; матрицы могут составляться на основе экспертных оценок и числовых данных с использованием метода анализа иерархий [3];

$(I)_k^k$ – квадратная матрица, порядка k , взаимодействий информационных векторов; она содержит правила, по которым значение из одного вектора может быть соотнесено со значением в другом векторе.

Перечисленные матрицы служат входной информацией для определения элементов матрицы R обобщенных длин, элементы которой суть

$$R_{i,j} = FL(L_{i,j}, F_{обш_{i,j}}), \quad (1)$$

где FL – правило наложения [2], а $F_{обш}$ – суперпозиция матриц информационных воздействий, полученная в соответствие с матрицей I [2].

После того, как получены веса дуг матрицы R , методом Дейкстры [4] можно определить кратчайший путь в этом графе между любой парой вершин.

Авторами разработана компьютерная программа, позволяющая выполнять оптимальную маршрутизацию при заданных матрицах L , F , I . В качестве тестового примера взят ландшафт центра г. Севастополя, в котором выделены 9 опорных точек – вершин ландшафтного графа. Расстояния между этими точками отображены в таблице 1. В этой таблице (матрице) незаполненные элементы соответствуют бесконечному значению.

Таблица 1 – Матрица длин ландшафтного графа

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1		10							
2	10			8					
3				12	8				
4		8	12				12		
5			8			7			
6					7				14
7				12				15	
8							15		16
9						14		16	

Данные получены на основе экспертной оценки.

В качестве основных характеристик взяты следующие: качество дорожного покрытия, интенсивность движения, удобство вождения (светофоры, полосы одностороннего движения и проч.). Значения матриц информационных воздействий приведены ниже (см. таблицы 2-4).

Таблица 2 – Нормированная матрица характеристик дорожного покрытия

F ₁	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	5	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	7	0	0	0	0	0
3	0	0	0	12	8	0	0	0	0
4	0	7	5	0	0	0	8	0	0
5	0	0	2	0	0	7	0	0	0
6	0	0	0	0	7	0	0	0	10
7	0	0	0	8	0	0	0	5	0
8	0	0	0	0	0	0	8	0	8
9	0	0	0	0	0	10	0	8	0

Таблица 3 – Нормированная матрица характеристик интенсивности движения

F ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	5	0	0	0	0	0
3	0	0	0	12	4	0	0	0	0
4	0	5	12	0	0	0	8	0	0
5	0	0	4	0	0	12	0	0	0
6	0	0	0	0	12	0	0	0	6
7	0	0	0	8	0	0	0	9	0
8	0	0	0	0	0	0	9	0	9
9	0	0	0	0	0	6	0	9	0

Таблица 4 – Нормированная матрица характеристик удобства вождения

F ₃	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	5	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0	0	7	0	0	0	0	0

3	0	0	0	3	2	0	0	0	0
4	0	7	3	0	0	0	5	0	0
5	0	0	2	0	0	10	0	0	0
6	0	0	0	0	10	0	0	0	2
7	0	0	0	5	0	0	0	7	0
8	0	0	0	0	0	0	7	0	10
9	0	0	0	0	0	2	0	10	0

В таблицах 2, 4 большие значения элементов матриц соответствуют лучшим показателям, в таблице 3 большие значения соответствуют большей интенсивности движения.

С помощью метода анализа иерархий [3] были определены значения элементов матрицы I.

Таблица 5 – Матрица обобщенных длин для примера центра г. Севастополя

R	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	575,92	0	0	0	0	0	0	0
2	407,50	0	0	824,37	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1162,81	283,99	0	0	0	0
4	0	824,37	859,18	0	0	0	1226,52	0	0
5	0	0	153,20	0	0	1657,18	0	0	0
6	0	0	0	0	1657,18	0	0	0	656,77
7	0	0	0	1226,52	0	0	0	1882,39	0
8	0	0	0	0	0	0	2225,85	0	3319,84
9	0	0	0	0	0	656,77	0	3319,84	0

Затем по формуле (1) и данным таблиц 2-4 была вычислена матрица R обобщенных длин (см. таблицу 5). При использовании метода анализа иерархий выбрано 2 уровня. 1-й уровень содержит элемент “оценка факто-

ров”. 2-й уровень содержит элементы: «качество дорожного покрытия», «интенсивность движения», «удобство вождения». Коэффициент относительной согласованности оказался равным 0,07, что укладывается в погрешность 0,1, обычно допустимую в подобного рода задачах.

В качестве проверяемой гипотезы взята экспертная оценка кратчайшего пути (которую выполняет каждый водитель) от пункта А до пункта Б (рисунок 1) – сплошная линия. При обработке маршрута с использованием обобщенной матрицы длин, составленной по исходным данным, выяснилось, что оптималь-

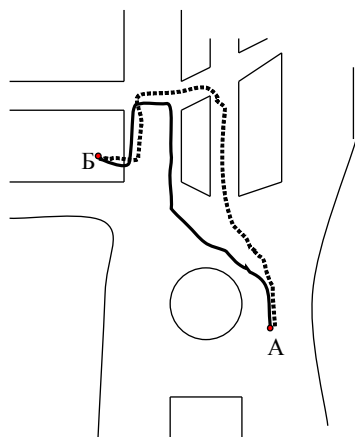


Рисунок 1 – Схематическое изображение района площади Ушакова в г. Севастополе и рассматриваемые маршруты движения

ным, в смысле использованных критериев, является другой маршрут, отмеченный на рисунке 1 пунктирной линией.

Решалась задача оптимизации пути в графе. Компьютерная программа определила оптимальный путь в данном графе, как путь (1-2-4-3-5-6-9) несмотря на то, что на ландшафтном графе его длина пути больше первоначальной. В дальнейшем при анализе результатов эксперимента выяснилось, что найденный маршрут, действительно, является более удобным, чем первоначальный, составленный по эмпирическим оценкам.

Выводы

Итогом выполненных исследований стало создание математической модели, алгоритмов, компьютерной программы поиска оптимального маршрута на графе с обобщенными длинами ребер. Адекватность разработанных компонентов была проверена на примере задачи отыскания кратчайшего пути на рельефе центра г. Севастополя с учетом сопутствующих факторов. Необходимо отметить, что модель не ограничивает количество учитываемых факторов, но в этой конкретной задаче число факторов было принято равным трем.

Результаты показали, что применение матрицы обобщенных длин имеет преимущества по сравнению с использованием просто ландшафтной матрицы, так как позволяет учитывать какое угодно количество дополнительных характеристик, которые к тому же могут быть нечеткими или составленными на основе экспертных оценок. В перспективе предполагается адаптация разработанной системы к динамическим ситуациям.

Библиографический список

1. Абрамский М.И. Оптимальная оценка условных дуг в графовых структурах геоинформационных систем с использованием метода анализа иерархий / М.И. Абрамский, В.В. Кирюхин // Вест. СевГТУ. Сер. Автоматизация процессов и управление: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2002. — Вып. 36. — С. 225–228.

2. Кирюхин В.В. Применение графовых моделей в работе геоинформационных систем / В.В. Кирюхин, М.И. Абрамский // Инфотех-2002: Матер. междунар. науч.-практ. конф., Севастополь, сент. 2002 г. — Севастополь, 2002. — С. 30–32.

3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.

4. Зыков А.А. Основы теории графов / А.А. Зыков. — М.: Наука, 1987. — 347 с.

Поступила в редакцию 13.02.2003 г.