

## СТРУКТУРЫ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ IndorGIS

*А.Д. Кривопапов, А.В. Скворцов, М.С. Пожидаев*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет*

Для практического осуществления многих проектов в различных сферах деятельности требуется найти решение таких задач, как задача о нахождении кратчайших путей, задача поиска ближайших пунктов сервисного обслуживания, задача расчета зон сервисного обслуживания и другие. Поэтому многие современные геоинформационные системы включают в себя функции, необходимые для этих расчетов. Одна из таких систем — IndorGIS, содержащая модуль транспортных расчетов IndorTransport и модуль для расчета транспортных потоков IndorTraffic.

Среди прочих продуктов IndorGIS выгодно выделяют следующие особенности:

- структуры данных, оптимизированные для повышения производительности и удобства редактирования информации транспортного слоя;
- поддержка системы расчетов для общественного транспорта, позволяющая задавать типы транспорта, маршруты для них и другие показатели, необходимые для расчета дневных поездок населения;
- наличие системы расчетов пассажиропотоков с использованием матрицы корреспонденций и реализация различных алгоритмов распределения транспортных потоков на улично-дорожную сеть.

Данная статья описывает структуры данных и методы решения транспортных задач, использованные в модуле IndorTraffic геоинформационной системы IndorGIS.

### **Структуры данных**

Все данные, необходимые для решения транспортных задач хранятся в специальном формате — слое транспортной сети. В программе получить доступ к этому слою можно, создав его при помощи команд главного меню или контекстного меню. После создания слоя необходимо заполнить его данными, либо при помощи имеющихся инструментов, позволяющих создавать любые объекты транспортного слоя, либо воспользовавшись функцией импорта из шейп-файла. При импорте линии из шейп-файла конвертируются в транспортный формат и соединяются в топологическую сеть, которую затем можно изменить, воспользовавшись инструментами редактирования транспортного слоя.

Следующие типы объектов определены на транспортном слое IndorGIS:

1. *Узел*. Это точечный объект, обозначающий некоторую важную точку на транспортной сети — начало или конец дороги, перекресток дорог, остановка общественного транспорта и т. д. Если проводить аналогию с теорией графов, то узлы транспортной сети — это вершины

графа. Но, в отличие от вершин графа для узлов транспортного слоя можно задать время проезда через этот узел, хотя по умолчанию оно считается равным нулю. Кроме того, когда узел является точкой пересечения нескольких дорог, мы можем разрешить или запретить для него некоторые повороты и задать время, необходимое для их выполнения.

2. *Автомобильная дорога.* Автомобильная дорога представляет автодорогу реального мира и обладает всеми её основными атрибутами, такими как количество полос, ограничение скорости, а также такими эксплуатационными характеристиками, как тип дорожного покрытия, тип разметки и др. Дорога всегда соединяет два узла сети и может быть как одно-, так и двуполосной.

3. *Дуга.* Дуга — это также линейный объект, и используется она, чтобы моделировать те части транспортной сети реального мира, которые используются при перевозках, но не являются дорогами. Например, дуга может обозначать паромную или ледовую переправу. Соответственно, набор атрибутов дуги по сравнению с дорогой намного проще. Это время проезда по дуге, пропускная способность и допустимое направление. В остальном дуга соответствует дороге.

4. *Транспортный район.* Транспортные районы — это площадные объекты, обычно описывающие городские микрорайоны или кварталы. Для транспортного района мы можем задать количество жителей, проживающих в нем, количество рабочих мест и объем культурно-бытовых услуг, обеспечиваемый транспортным районом. Транспортные районы являются основными исходными данными для расчета пассажиропотоков.

#### **Расчет транспортных потоков**

Задача расчета и прогнозирования транспортных потоков очень важна для разработки генеральных планов городов, комплексных транспортных схем, планирования сетей общественного транспорта. Модуль *IndorTraffic* для решения этой задачи использует широко используемую гравитационную модель корреспонденций, позволяющую оценить «притяжение» между различными транспортными районами (микрорайонами) города, основываясь на данных о населении этих районов, количестве рабочих мест в них и объеме предоставляемых культурно-бытовых услуг. Также гравитационная модель корреспонденций учитывает взаимную транспортную доступность районов [2].

Исходными данными для расчетов являются транспортные районы, которые следует задавать так, чтобы в городских условиях выполнялись следующие требования (вне городов требования могут быть иными):

1. Население каждого транспортного района должно составлять от 1 до 10 тыс. жителей.

2. Площадь транспортного района не должна превышать 1 км, при этом диаметр (расстояние между самыми удаленными точками района) должен быть не более 2 км.

3. Центром транспортного района следует указывать некоторую «точку интереса» – крупный магазин, деловой центр, перекресток больших дорог.

Гравитационная модель корреспонденций в расчетах оперирует такими понятиями, как «возможности» источника корреспонденций и «притягательность» источника корреспонденций. В разных случаях в качестве возможностей источника могут выступать такие характеристики транспортного района, как число жителей, число рабочих мест или иные, произвольные характеристики. В качестве притягательности – число рабочих мест, объём предоставляемых услуг или иные характеристики.

Для определения транспортной доступности района вычисляются средние значения для времён проезда до этого района на автомобиле, на общественном транспорте и времени пешего перехода. Чтобы определить эти значения, IndorGIS вычисляет все времена сообщения для каждой пары транспортных районов и затем, используя специальные экспертные алгоритмы, оценивает приемлемость передвижений.

IndorGIS поддерживает расчет для трёх наиболее распространенных видов перемещений:

1. **Трудовые передвижения.** Передвижение осуществляется из дома на работу. Возможности: количество жителей. Притягательность: количество рабочих мест.

2. **Культурно-бытовые передвижения из дома.** Возможности: количество жителей. Притягательность: объем предоставляемых услуг.

3. **Культурно-бытовые передвижения с работы.** Возможности: количество рабочих мест. Притягательность: объем предоставляемых услуг.

Для удобства восприятия можно использовать группировку районов по суперрайонам, чтобы вывести диаграмму в более общем виде (рис. 1).

После расчета транспортных потоков они распределяются на граф улично-дорожной сети для того, чтобы определить загрузку улиц и дорог транспортом.

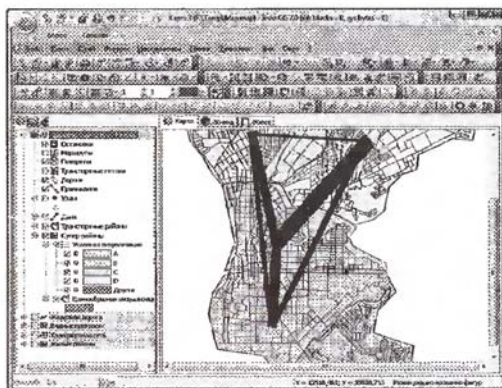


Рис. 1. Группированные трудовые корреспонденции

## Распределение транспортных потоков

В IndorTraffic реализованы два алгоритма распределения потоков на граф дорожной сети:

- 1) алгоритм последовательного распределения [2],
- 2) алгоритм стохастического распределения [3].

Первый алгоритм работает следующим образом. Для каждой пары районов весь поток автомобилей делится на  $M$  частей, где  $M$  задается пользователем, исходя из требуемой точности вычислений. После этого поток итеративно распределяется на дорожную сеть:

1. Для каждой пары районов часть потока между ними размером  $1/M$  распределяется на кратчайший путь между районами.
2. Время проезда по загруженным дорогам пересчитывается с учетом нагрузки, создаваемой только что распределённым потоком.

После  $M$  итераций алгоритма все потоки будут распределены.

Алгоритм стохастического распределения основывается на другом методе. При пересчете цены проезда по ребру он учитывает психологический фактор, то есть цена ребра представляет собой функцию нормального распределения со средним значением равным точной цене и стандартным отклонением, определяемым пользователем. Это позволяет смоделировать восприятие водителем ситуации на дорогах и времени проезда [3].

Кроме того, автором разработана и применена методика учёта таких субъективных факторов, как «привычность» дороги водителю, её удобство и др. Для водителя психологическое время проезда по дороге, и, как следствие, выбор пути до пункта назначения напрямую зависят от этих показателей.

Стохастический алгоритм также работает итеративно, выполняя на каждой итерации следующие шаги:

1. Для каждой пары районов весь поток «проталкивается» по кратчайшему пути между районами, вычисляемому по алгоритму Дейкстры [1].

2. Для каждого ребра, поток по которому изменился, относительное изменение нагрузки  $\delta$  вычисляется по следующей формуле:

$$\delta = \frac{F_i - F_{i-1}}{F_i},$$

где  $i$  – номер текущей итерации алгоритма;  $F_i$  – поток по ребру на  $i$ -й итерации.

3. Если среди всех рёбер максимальное относительное изменение меньше точности, указанной пользователем, то работа алгоритма завершается, иначе шаг 4.

4. После этого время проезда по каждому ребру пересчитывается с учётом ошибки, причем поток по ребру на ребро принимается равным  $F_i/i$ .

Для городов с населением меньше миллиона жителей стохастический алгоритм достигает удовлетворительной точности всего после 20–30 итераций [3].

Рассчитанные потоки отображаются на транспортном слое IndorGIS в виде прямоугольников, расположенных вдоль дорог, причем ширина прямоугольника характеризует размер потока по дороге (рис. 2).

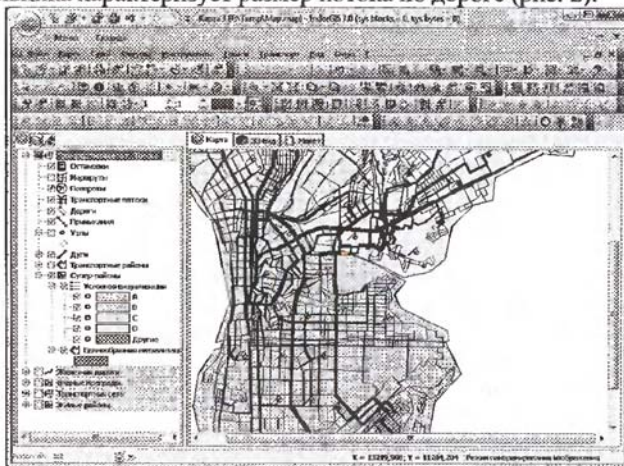


Рис. 2. Транспортные потоки, распределенные на дорожную сеть

#### Литература

1. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978 414 с.
2. Кривошеев Д.П. Методы распределения пассажиропотоков в транспортных расчетах. М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1974 40 с.
3. Sheffi Y. Urban Transportation Networks / Yosef Sheffi. Englewood Cliffs. N J: Prentice-Hall, 1985.

## ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ И КАЧЕСТВА МЕТОДОВ РЕФАКТОРИНГА

*Е.В. Попов*

*Омский государственный технический университет*

Эволюция объектно-ориентированного программирования послужила причиной распространения метода рефакторинга программ [1], представляющего собой подход к улучшению структурной целостности и производительности существующих программ. При этом необходимость и качество проведения рефакторинга оценивались разработчиком по эмпирическим правилам. Таким образом, возникла необходимость получить критерий оценки необходимости и качества рефакторинга.

В представленной работе в качестве критерия оценки предложено использовать ранговое распределение.