

ТРАНСПОРТНЫЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Швецов В.Л., Прохоров А.В., Ильин И.В.

Современное состояние транспортной инфраструктуры России и масштабность стратегических задач, поставленных Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 г., предполагают перевод практики транспортного планирования развития городов, регионов и страны в целом на качественно иной уровень.

В соответствии со стратегическими целями развития транспортной инфраструктуры России необходимо создать единую комплексную интегрированную сбалансированную транспортную систему, обеспечивающую потребности развития экономики и общества в качественных транспортных услугах, конкурентоспособных с лучшими мировыми аналогами.

Одним из путей достижения поставленных целей является: повышение эффективности государственного регулирования и управления – управляемость и контролируемость развития транспорта. Для чего, кроме прочего, необходимо:

- Создание и развитие автоматизированной информационно-аналитической системы управления транспортным комплексом;
- Интеллектуальные транспортные системы;
- Управление транспортными потоками.

Для качественного решения перечисленных выше задач *уже* существуют ранее разработанные и эффективно применяемые на практике автоматизированные информационно-аналитические системы.

Авторы акцентируют внимание на информационно-аналитических системах, представляющих собой программные комплексы для транспортного моделирования и планирования.

Выбор инструмента поддержки принятия управленческих решений во многом определяется формулировкой задачи. В данном случае рассматривается задача стратегического управления транспортной системой.

Дадим определения используемым терминам.

Стратегическое управление подразумевает под собой:

- 1) *систему управления*, основанную на *стратегическом планировании* (процесс формирования, корректировки и реализации *стратегии*);
- 2) механизм согласования текущих решений (тактических и оперативных) со стратегическими;
- 3) механизм корректировки и контроля за реализацией *стратегии*.

Стратегия - это способ использования средств и ресурсов, направленный на достижение поставленной цели.

Таким образом, *стратегическое управление транспортной системой* подразумевает систематическую разработку и согласование управленческих решений с существующей транспортной стратегией страны, региона, города по реализации мероприятий развития транспортной инфраструктуры подведомственной области.

В процессе стратегического транспортного планирования необходимо учитывать различные направления развития транспортной системы, искать наиболее выгодный вариант и иметь возможность дать всестороннее обоснование выбранному сценарию развития.

Структура транспортной модели

В основе современных информационно-аналитических систем, таких как PTV Vision® VISUM, лежит мощная математическая база теории транспортного моделирования.

Транспортная модель состоит из двух основополагающих моделей – модели транспортного предложения и модели транспортного спроса.

Модель транспортного предложения – это транспортная сеть, состоящая из узлов (перекрестков, развязок и т.д.) и, соединяющих их ребер (улиц, дорог и т.д.), предоставляющая возможность перемещения для участников транспортного движения и описывающая затраты на данные перемещения.

Модели спроса на транспорт можно охарактеризовать как математические «инструменты», которые описывают качественно и количественно перемещения в связи с причинами возникновения транспортного потока - выбора активностей (модель генерации транспортного движения), выбора цели транспортного потока (модель распределения транспортного движения), выбора транспортного средства (модель разделения транспортного движения) и выбора пути (модель перераспределения транспортного движения).

В основе теории транспортного моделирования лежат проверенные и успешно применяемые на практике математические подходы. Для решения задач транспортного моделирования используются модели и алгоритмы из различных областей математической науки: статистики, теории вероятностей, теории информации.

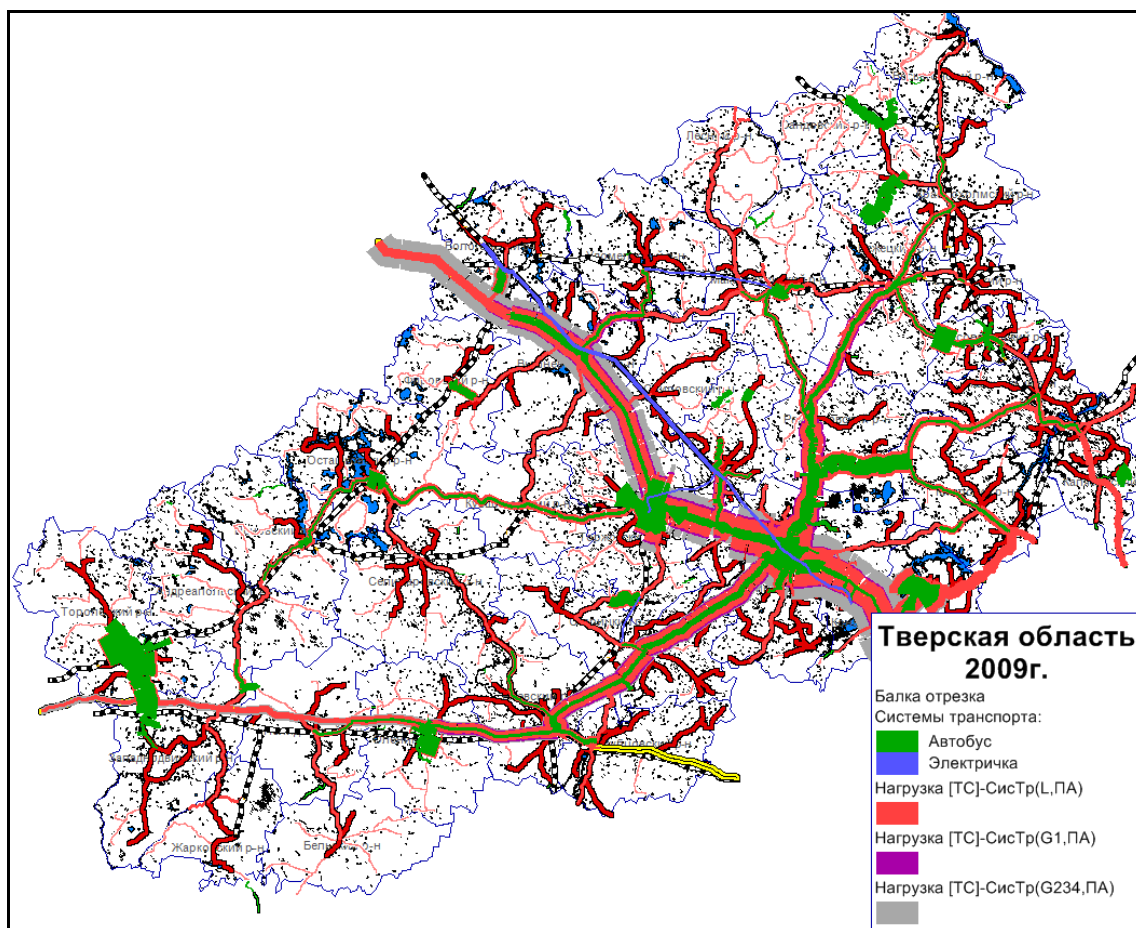


Рис. 1. Модель транспортного предложения и спроса. На иллюстрации показаны расчетные значения интенсивностей движения в существующей транспортной сети

Примерами таких моделей могут быть гравитационная модель расчета корреспонденций и модель коэффициентов роста.

Модели коэффициентов роста используются для расчета объемов транспортных потоков выходящих и входящих в транспортные районы. Модели этого типа основаны на предположении, что входящие и выходящие транспортные потоки изменяются во времени пропорционально тем величинам, которые оказывают наиболее существенное влияние на объем транспортного потока. Формула для расчета количества корреспонденций в районе i :

$$T_i = F_i \cdot t_i$$

где T_i и t_i - будущие и настоящие корреспонденции, соответственно, а F_i – коэффициент роста.

Единственное, что может вызвать сложности в данном подходе это оценка коэффициента F_i . Обычно, фактор роста зависит от таких показателей, как население (P), доход (I) и уровень автомобилизации (C):

$$F_i = \frac{f(P_i^d, I_i^d, C_i^d)}{f(P_i^c, I_i^c, C_i^c)},$$

где f – может быть любой функцией (например, мультипликативной функцией от P , I и C без каких-либо параметров), а d и c – прогнозируемый и текущий года соответственно.

Гравитационная модель расчета корреспонденций используется для расчета объемов транспортных потоков между районами и является своеобразным аналогом формулы всемирного тяготения Ньютона:

$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2},$$

где M , m – массы притягивающихся тел, R – расстояние между центрами тяжести тел, G – гравитационная постоянная.

Вместо масс притягивающихся тел используются входящие и выходящие потоки моделируемых районов, а в качестве условного «расстояния» - показатель сопротивления между двумя районами, например, временные затраты на преодоление пути между ними.

Формула расчёта потока на отношении $i-j$ на основе гравитационной модели имеет вид:

$$v_{ij} = \frac{Q_i \cdot Z_j}{W_{ij}^2} \cdot \alpha_i \cdot \beta_j,$$

где α_i , β_j – поправочные коэффициенты, обеспечивающие выполнение условий контрольных сумм.

Данные условия представляют собой балансовые соотношения: они показывают, сколько всего людей выехало из конкретного района в другие районы и, соответственно, прибыло в конкретный район из всех других районов.

Введём обозначения: $\left(\frac{1}{W_{ij}}\right)^2 = BW_{ij}$, $\alpha_i Q_i = x_i$, $\beta_j Z_j = y_j$.

Тогда формулу расчёта потока на основе гравитационной модели можно представить в виде системы билинейных уравнений:

$$v_{ij} = BW_{ij} \cdot x_i \cdot y_j, \text{ при условии:}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n v_{ij} = Q_i, 1 \leq i \leq n \\ \sum_{i=1}^n v_{ij} = Z_j, 1 \leq j \leq n \end{cases}$$

Величину BW_{ij} можно трактовать как оценку выгоды поездки из района i в район j : чем ниже показатель сопротивления, тем предпочтительнее пути, входящие в состав данного отношения. Поэтому вместо зависимости вида $BW_{ij} = (1/W_{ij})^2$, можно использовать для расчёта оценок выгоды другую неотрицательную монотонно убывающую функцию от сопротивления: $BW_{ij} = f(W_{ij})$. В этом случае следует говорить уже об использовании обобщённой гравитационной модели.

Общая схема использования компьютерных транспортных моделей в государственных органах

Для качественного использования инструментов теории транспортного моделирования необходимо правильное внедрение и использование их в государственных органах.

Рассмотрим один из вариантов внедрения таких моделей (PTV Vision® VISUM) в структуру государственных органов Германии (см. рис. 2). Городские управляющие органы и транспортные общественные организации отслеживают и предоставляют данные по транспортному предложению: изменения в транспортной городской автодорожной сети, изменения прохождения сети общественного транспорта. Внешние проектные организации проводят опросы населения и сбор других необходимых данных, проводят расчет транспортного спроса и, на этой

основе, создается интегрированная транспортная модель общественного и индивидуального транспорта. Используя разработанную транспортную модель, разрабатывается план транспортного развития города, просчитываются различные сценарии развития городской инфраструктуры и даются рекомендации.

Процесс использования и развития транспортной модели циклический. Происходит постоянное сотрудничество между государственными структурами, частными перевозчиками, общественными транспортными объединениями и внешними проектными организациями, на основе которого модель постоянно обновляется и дополняется.

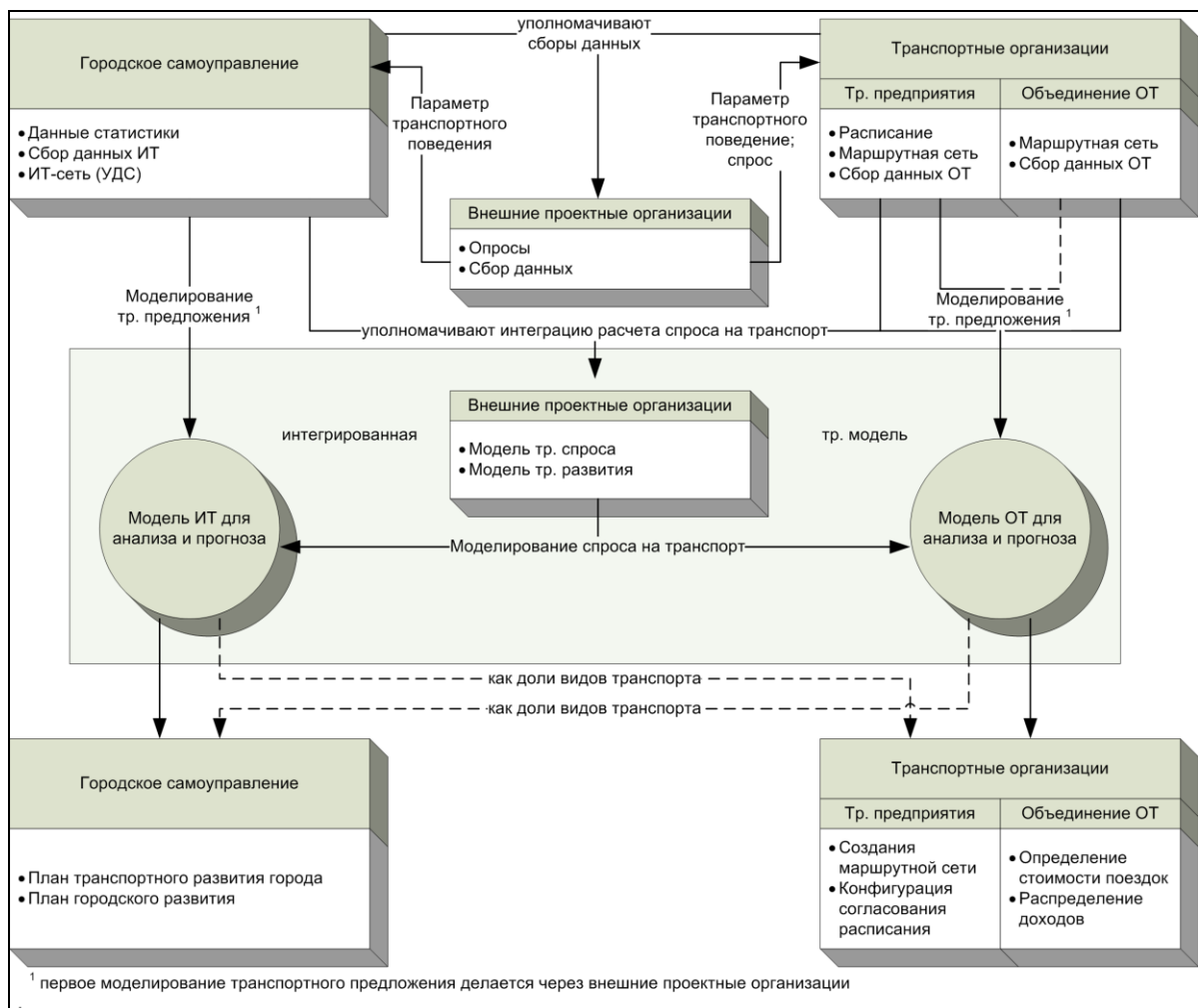


Рис. 2. Схема использования транспортной модели в государственных органах на примере Германии

Пример оценки экономической эффективности инвестиционного проекта по развитию транспортной инфраструктуры региона

Для оценки эффективности строительства новой дороги или расширения существующей необходимо иметь информацию о том, как изменятся транспортные потоки, будет ли и насколько высоким спрос на новую дорогу. Для получения такого рода информации строятся транспортные модели городов и регионов, показывающие в динамике, в зависимости от входных параметров, информацию о распределении транспортных потоков.

Рассмотрим проект реконструкции автомобильной дороги, соединяющей два важных района региона. На рисунке 3 показан данный участок в программном комплексе VISUM. На выделенном красным цветом участке необходимо провести ремонт дорожного полотна.

Предложено два инвестиционных проекта:

1. Реконструкция существующей автомобильной дороги;
2. Строительство нового участка автомобильной дороги.

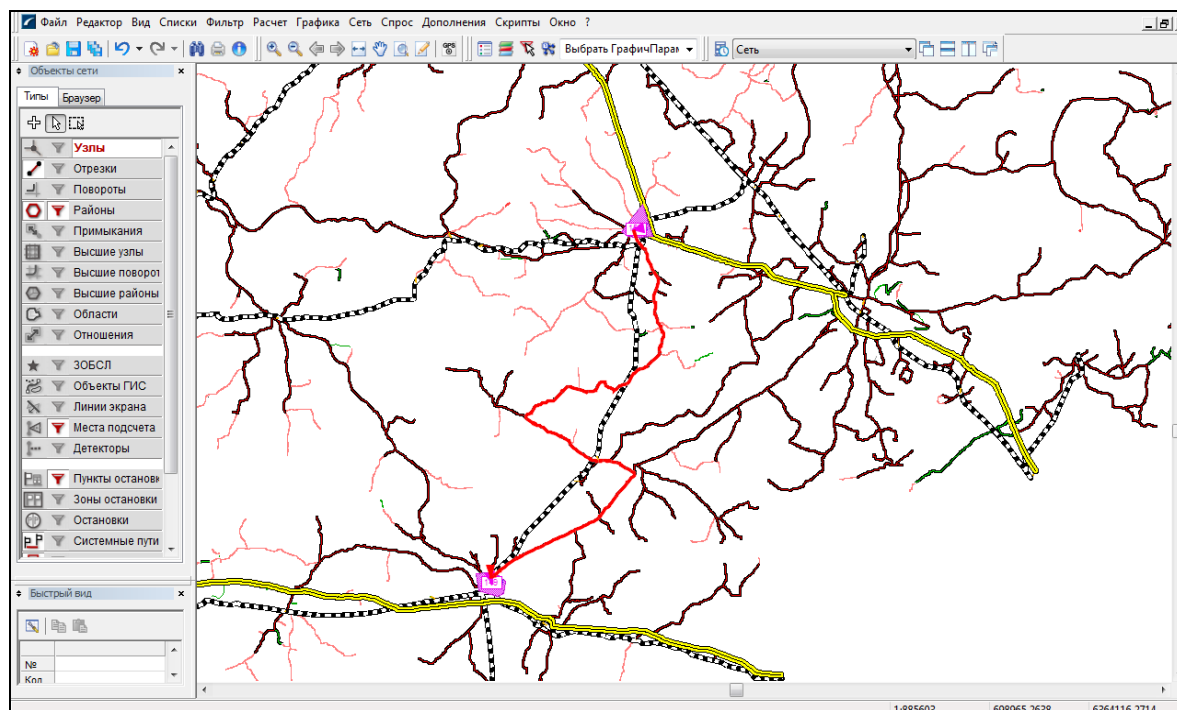


Рис. 3. Автомобильная дорога, соединяющая районы региона, в программном комплексе VISUM

Для корректного расчета интенсивностей на данном участке, в частности, и в транспортной модели региона в целом, Прохоровым А.В. был разработан программный модуль, расширяющий возможности PTV Vision® VISUM. Модуль позволяет рассчитывать объемы транзитных транспортных потоков в автоматизированном режиме. На рис. 4 представлен пользовательский интерфейс модуля.

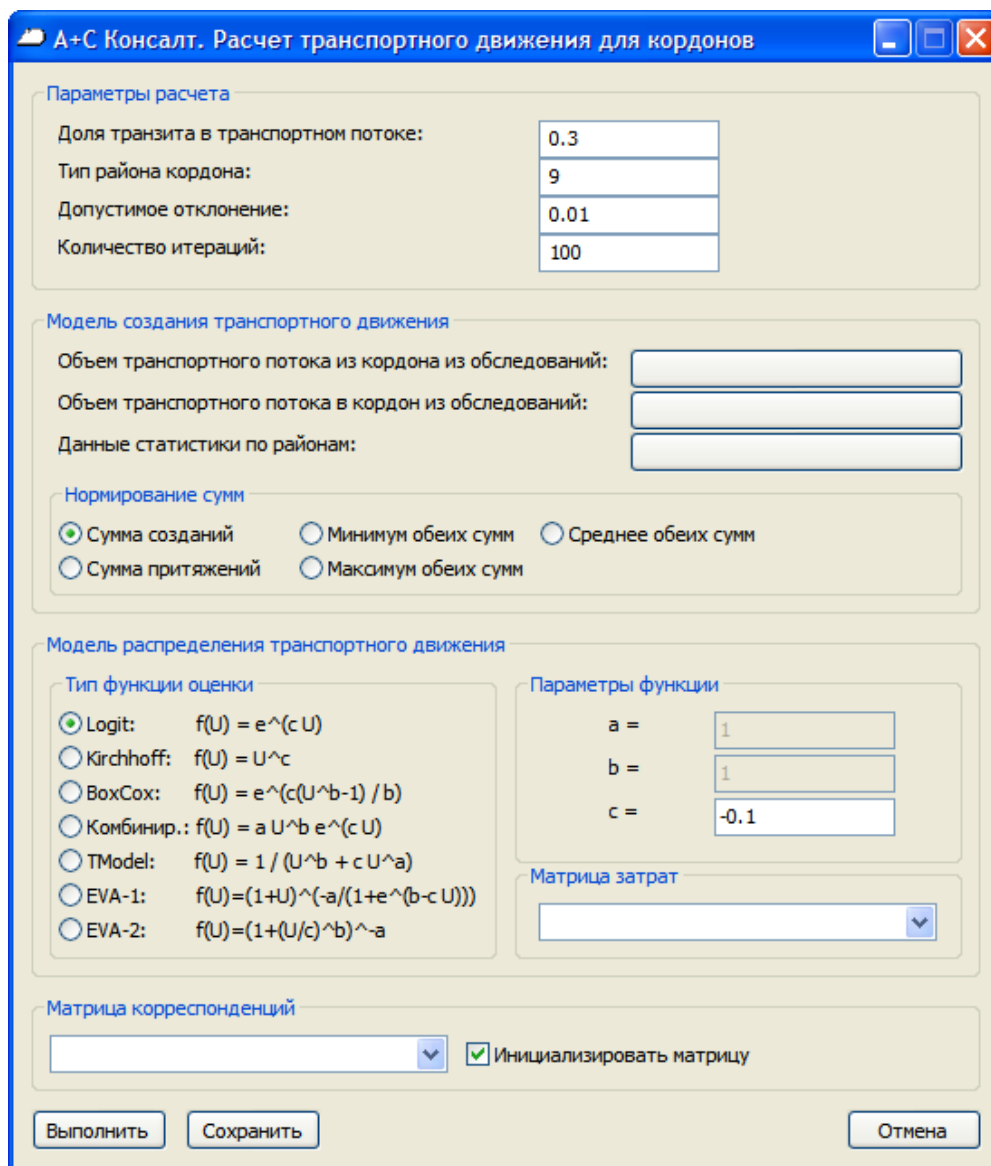


Рис. 4. Главное окно модуля для оценки транспортных потоков кордонных районов

В основе модуля лежит подход, разработанный К. Шиллером и использующий для расчета объемов транспортных потоков взвешенную модель логит и модель максимизации энтропии.

Формула для расчета взвешенной модели логит представлена ниже:

$$v_{ij} = \frac{e^{-\beta \cdot A_{ij}} \cdot E_j}{\sum_k e^{-\beta \cdot A_{kj}} \cdot E_k} \cdot Q_i$$

где β – коэффициент модели логит;

A_{ij} – время в пути между районом i и кордонным районом j ;

Q_i – выходящий поток кордонного района j , известен из обследований;

E_j – население i -го района области исследования.

В случае модели максимизации энтропии должны быть выполнены следующие условия:

$$\begin{cases} v_{ij} = B_{ij} \cdot fq_i \cdot fz_j \\ \sum_j v_{ij} = Q_i \\ \sum_i v_{ij} = Z_j \end{cases}$$

где i, j – номер района-источника и, соответственно, района-цели;

v_{ij} – искомый элемент матрицы корреспонденций;

B_{ij} – оценка вероятности совершения поездки из района i в j ;

fq_i, fz_j – поправочные коэффициенты, обеспечивающие выполнение условий контрольных сумм;

Q_i – выходящий поток района i ;

Z_j – входящий поток района j .

Тогда формула минимизации информационного выигрыша (максимизации энтропии) представляется следующим образом:

$$I_{ij} \| B_{ij} \rceil \sum_i \sum_j \left[v_{ij} \cdot \ln \left(\frac{v_{ij}}{B_{ij}} \right) - v_{ij} \right] \rightarrow Min$$

Для оценки указанных ранее двух инвестиционных проектов в программном комплексе VISUM была заложена информация о месте прохождения новой дороги. На основе обновленной информации был рассчитан транспортной спрос в регионе и получены результаты о новом

распределении транспортного потока на рассматриваемом участке. Протяженность участка дороги, нуждающегося в реконструкции, составляет 31,948 км; нового участка - 12,619 км. Нагрузка на участке автомобильной дороги, требующем ремонта, в сумме по обоим направлениям равна 896 автомобилей в сутки. После строительства нового участка этот показатель примет следующие прогнозные значения: нагрузка на уже существующем участке дороги - 232 автомобиля в сутки; нагрузка на новом участке - 1651 автомобиль в сутки. Таким образом, можно сделать выводы о том, что строительство нового участка автодороги позволяет «разгрузить» уже существующую дорогу, а новый участок будет пользоваться спросом. Кроме того, в строительстве нового участка дороги заинтересованы на федеральном уровне в силу строительства нового нефтеперерабатывающего завода.

Экономическая оценка проектов осуществлялась на основе постановления правительства о нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог, а также экспертных оценок затрат на строительство новой дороги заданной категории. Были приняты следующие показатели:

- на строительство одного километра дороги II категории необходимо 35 млн. руб.;
- на реконструкцию существующей автомобильной дороги на один километр дорожного полотна необходимо 15 млн. руб.;
- на содержание одного километра дороги IV категории необходимо 0,730 млн. руб. в год, III категории - 0,792 млн. руб. в год, II категории – 0,890 млн. руб. в год;
- на ремонт одного километра дороги IV кат. - 3,720 млн. руб./год, III - 3,964 млн. руб./год, II - 4,127 млн. руб./год.

На основе указанных данных был проведен анализ NPV, в качестве потока доходов в котором считался выигрыш в затратах на содержание дорог.

Срок инвестиционных проектов составляет 12 лет и совпадает с периодом капитального ремонта. За ставку дисконтирования была взята безрисковая ставка – ставка рефинансирования ЦБ РФ, равная 12%. NPV составил 14,445 млн. руб. Срок окупаемости проекта 6 лет.

Таким образом, инвестиции в строительство нового участка автомобильной дороги, соединяющей по короткому пути два рассматриваемых района, принесет выигрыш в затратах муниципальному управлению региона. Кроме того, строительство нового участка дороги, позволит настроить более выгодную транспортную связь между районами, а также позволит сократить время и расстояние на прохождение пути между этими районами.

Заключение

В данной работе был рассмотрен вопрос использования современных программных комплексов транспортного планирования для обоснования управленческих решений в сфере развития транспортной инфраструктуры городов и регионов. Базой для выработки таких управленческих решений является оценка интенсивностей транспортных потоков анализируемой транспортной сети. Понятие интенсивности является ключевым и делает возможным разработку подходов для решения транспортного планирования на основе таких моделей, как гравитационная модель расчета корреспонденций и модель коэффициентов роста.

На примере, представленном в данной работе, показана эффективность применения моделей транспортных потоков для анализа ситуации и принятия управленческих решений в сфере развития транспортной инфраструктуры.

Авторы имеют успешный опыт применения автоматизированных информационно-аналитических систем транспортного планирования для поддержки принятия управленческих решений в области транспортного планирования в системе государственного управления, например,

Тверской области (департамент транспорта и связи), Пермском крае (управление транспорта и связи), Санкт-Петербурге (СПб ГУП «Организатор перевозок»; комитет по транспорту).

Список литературы:

1. У. Браннольте, К. Бёттгер, В.Л. Швецов, Ф. Аппельт «Стратегическое планирование транспортной инфраструктуры. Методики проектной оценки в Германии»; ГИС-Ассоциация, «Управление развитием территории» №1,2,3,4 – 2008; <http://www.gisa.ru/50526.html>;
2. К. Бёттгер «Концептуальные исследования для стратегического транспортного планирования в Санкт-Петербурге и других городах РФ»; «Транспорт Российской Федерации» №8 – 2007; <http://www.rostransport.com/pdf/8/36-38.pdf>;
3. Д. Лозе «Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта – обзор теории моделирования»; 7-я международная научно-практическая конференция "Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах", секция «Интеллектуальные и телематические автоматизированные системы управления дорожным движением», Санкт-Петербург, 2006 г.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р; <http://mintrans.ru>;
5. Долгосрочная стратегия развития транспортного комплекса Республики Татарстан; <http://mindortrans.tatar.ru/rus/strateg01.htm>;
6. Постановление от 24 февраля 2004 г. N 226 о комитете по транспорту (с изменениями на 20 мая 2008 года); http://www.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/c_transport/ustav;
7. «Стратегия бизнеса», справочник. М., 1998. С. 460;
8. Постановление Правительства РФ от 23 августа 2007 г. N 539, г. Москва.