Прогнозирование интенсивности движения на платных автомобильных дорогах

В. ПИРОН, президент PIRON Consulting SAS, руководитель групп по государственно-частному партнерству в Европейской федерации строительной отрасли (FIEC) и Конфедерации международных подрядных организаций (CICA),

А. А. ФЕДОТОВ, заместитель генерального директора ООО «Концессионная инфраструктурная компания „ТрансПроект“»

Формирование в России системы платных автомобильных дорог предполагает проведение достаточно крупных транспортно-экономических исследований, в результате которых должны быть разработаны долгосрочные прогнозы интенсивности движения автотранспорта с учетом взимаемой платы за проезд. Подобные исследования следует проводить с применением современных методологических подходов. Не претендуя на полное раскрытие вопроса, остановимся на важных практических моментах прогнозирования интенсивности движения на платных автодорогах с помощью макроскопических транспортных моделей.

Как известно, эффективное принятие решений в области развития транспортной инфраструктуры невозможно без всестороннего исследования будущего транспортного спроса. Особое значение подобное исследование приобретает в случае, если эксплуатацию инфраструктуры планируется осуществлять на платной основе. Прогнозы интенсивности движения на платных дорогах являются основой для расчета будущих доходов инвестиционного проекта **[5]**.

Разработка прогнозов интенсивности движения на автомобильных дорогах ведется с использованием различных подходов и методов; наиболее эффективным в настоящее время является метод транспортного моделирования.

Метод

Транспортное моделирование является частным случаем моделирования как способа научного познания, который повсеместно используется в различных областях науки и техники. Его цель состоит в воспроизведении общей схемы поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных зависимостей между ее элементами.

Транспортные модели позволяют получать качественные прогнозы интенсивности движения с учетом социально-экономических, градостроительных и инфраструктурных изменений в районе тяготения. Модель представляет собой систему идеализированных объектов, описываемую некоторым формальным языком.

Важно отметить, что при разработке модели базового (отчетного) года следует стремиться к максимально полному отражению реальной ситуации, наблюдаемой на непосредственном объекте исследования. Необходимые данные приобретаются путем регулярных исследований, направленных на установление источников, целей, частоты поездок, затрат на передвижения, фактических размеров, состава и скорости движения, особенностей сезонных колебаний и т. п. **[7]**.

Модель является инструментом для принятия технических и экономических решений, и ее основное назначение в том, чтобы содействовать более глубокому и обоснованному расчетом пониманию существующей ситуации для прогнозирования будущего **[8]**.

Финансирование проектов по созданию платных дорог на условиях государственно-частного партнерства, как правило, осуществляется за счет средств частного инвестора и государства в форме капитального гранта. При этом анализ экономии альтернативных издержек государства показывает, что более эффективным вариантом является использование концессионной формы реализации проекта с взиманием платы за пользование инфраструктурой.

В любом случае отправной точкой при определении наилучшего способа использования капитала и оптимальных проектных решений служит наличие надежных прогнозов интенсивности движения. Прогнозы интенсивности движения используются для определения технико-эксплуатационных параметров проектируемой дороги, разработки финансовых моделей, расчета социально-экономической, бюджетной и финансовой эффективности и ряда других параметров инвестиционного проекта **[9]**.

По сравнению с упрощенным методом прогнозирования, реализуемым, как правило, в форме либо прямой экстраполяции, либо экстраполяции размеров движения на заданном направлении, исходя из предполагаемых объемов пассажирских и грузовых перевозок, использование моделей для принятия проектных решений позволяет сократить на треть стоимость проекта с учетом дисконтирования. Такая возможность появляется за счет отражения в модели основных факторов, влияющих на поведение транспортных потоков.

С помощью транспортных моделей можно достаточно быстро рассчитать перспективную интенсивность движения для различных сценариев социально-экономического развития района тяготения и, таким образом, получить более точную финансово-экономическую оценку рисков и преимуществ для органов государственной власти и потенциальных участников проекта. Связь прогнозов транспортных потоков и выручки от взимания платы за проезд с финансовой составляющей разрабатываемого проекта особенно важна, потому что окончательное решение обычно принимается на основе результатов финансового моделирования, которые полностью зависят от транспортной модели.

Разработка транспортных моделей для платных дорог осуществляется с помощью тех же программных средств, которые используются для макромоделирования бесплатных автомобильных дорог, транспортных систем городов или регионов. Основная задача здесь заключается в воспроизведении общей схемы взаимодействия транспортного спроса и предложения в пределах моделируемого района, а цель состоит в количественном определении размеров и состава движения на каждом элементе сети.

Программные средства, используемые для моделирования, реализуют математические подходы и методы, специально разработанные для решения подобного рода задач. Указанные методы описаны в русскоязычной литературе **[1–4]**.

Со своей стороны добавим, что статические макромодели являются достаточно надежным инструментом для прогнозирования интенсивности движения на междугородной сети и менее точными в случае локального моделирования городского движения. Транспортные заторы с трудом поддаются моделированию в масштабе крупного города **[6]**. Таким образом, применение подобных моделей для точной оценки загрузки улично-дорожной сети все еще остается вопросом для узкоспециализированных исследований в данной области.

Размер платы за проезд

Специфичной частью работы по моделированию будущих транспортных потоков на платных дорогах является определение перспективной интенсивности движения при принятых допущениях в отношении приемлемых размеров платы за проезд, дифференцированной по типам автотранспортных средств, типам системы взимания платы и тарифной политики.

Определение размера платы за проезд проводится в результате обработки эмпирических данных, получаемых в ходе социологического исследования в форме опроса, целью которого является оценка потребительского спроса и готовности потенциальных пользователей (клиентов) вносить плату за проезд. Готовность пользователей оплачивать свой проезд является персонализированной оценкой и базируется на тех реальных преимуществах, которые они могут получить в случае использования платной дороги по сравнению с бесплатным маршрутом, и за счет этого сократить свои транспортные расходы. К основным преимуществам пользователи, как правило, относят сэкономленное время, гарантированную продолжительность поездки, удобство и безопасность движения по платной дороге.

Западный скоростной диаметр (Санкт-Петербург). Фото предоставлено ОАО «ЗСД»

Отношение пользователей выявляется через ответы на специально подготовленные вопросы, в которых описываются упомянутые преимущества (выгоды) при проезде по платной дороге по сравнению с бесплатным направлением и предлагаются различные уровни оплаты проезда. Опрос проводится среди водителей индивидуальных автотранспортных средств и официальных представителей автотранспортных предприятий, осуществляющих грузовые и при необходимости пассажирские перевозки в исследуемом направлении.

Водители индивидуальных автотранспортных средств опрашиваются непосредственно на объекте. Если объект строящийся, то опрос проводится на предполагаемом бесплатном альтернативном направлении. Отметим, что в соответствии с Федеральным законом от 08.11.2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» решение об использовании дороги на платной основе может быть принято при условии обеспечения возможности альтернативного бесплатного проезда по дороге общего пользования всех категорий пользователей.

Базовые значения платы за проезд для выделяемых типов автотранспортных средств устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить максимальный объем выручки от взимаемой платы.

Ценность времени

В транспортных моделях плата за проезд является одним из элементов обобщенных затрат на передвижение по сети. Последние определяются как сумма слагаемых, выражающих оценку таких показателей, как время в пути, эксплуатационные расходы, уровень безопасности, удобства и т. п. Указанные затраты позволяют оценить наиболее выгодные направления и способы передвижения пользователей. При этом увеличение обобщенных затрат снижает привлекательность маршрута. Для перевода платы за проезд в условное время используется показатель ценности (стоимости) времени пользователя (например, рублей в час) с учетом реальной готовности к оплате за проезд.

Ценность времени (Value of Time) является ключевым параметром, который при исследовании потребительского спроса позволяет количественно оценить обобщенную выгоду от той или иной поездки. Значимость данного параметра обусловлена тем, что скорость и, следовательно, время в пути являются главными критериями выбора потребителем того или иного вида передвижения, поэтому для представления времени в виде денежной величины необходимо значение его ценности или стоимости.

Под ценностью времени в транспортном планировании понимается стоимостная оценка времени потенциальных пользователей. Например, оценка рабочего времени населения (среднее значение по всем группам пользователей) на основе статистических данных может быть представлена как отношение располагаемых денежных доходов к общему количеству рабочего времени занятого населения за отчетный период, а оценка свободного времени — как отношение располагаемых денежных доходов за вычетом всех денежных расходов

к общему количеству свободного времени занятого населения. В отличие от этой, по преимуществу социально-экономической и теоретической оценки, ценность времени, основывающаяся на готовности пользователей оплачивать свой проезд (Willingness to Pay), является негласной стоимостной оценкой их собственного времени, которую они обнаруживают своим поведением, в том числе через опросы (обнаруживаемая или поведенческая ценность времени). При этом усредненное значение поведенческой ценности времени населения в Европе составляет, как показал ряд специальных исследований, около 50 % от расчетного значения теоретически установленной ценности времени.

Следует заметить, что понятие поведенческой ценности времени довольно сложное **[5]**. Строго говоря, значение данного показателя не является постоянной величиной не только для различных групп пользователей, но и для каждого пользователя в отдельности внутри выделяемых групп. Такое положение дел обусловлено как наличием субъективной составляющей в оценке пользователями своего времени, так и объективным различием пользователей по источникам возмещения транспортных расходов, уровню доходов, дальности поездки и т. п. Подобная индивидуализация (случайное распределение) значений этого показателя обычно представляется в моделях в виде логнормального распределения.

Таким образом, в практической работе рекомендуется учитывать наличие различных значений ценности времени. Согласно зарубежным исследованиям, указанные значения допускают классификацию по источникам возмещения транспортных расходов на рабочее время населения и предприятий, связанное с выполнением производственных функций, и свободное время населения. Под свободным временем понимается время, остающееся в распоряжении человека после затрат времени, связанных с трудовой деятельностью, домашним трудом, удовлетворением физиологических потребностей, включая сон, уходом за собой. При этом и рабочее, и свободное время допускают как теоретическую оценку, так и оценку на основе готовности пользователей к оплате проезда.

Системы взимания платы и тарифная политика

Следующим важным моментом является выбор системы взимания платы и соответствующей тарифной политики. Если отвлечься от ограничений территориально-планировочного и технического характера, то нужно признать, что этот выбор в большинстве случаев происходит между открытой и закрытой системами. Основанием для сравнения зачастую выступает показатель «доходы — расходы». Расходная часть включает в себя как капитальные затраты, так и операционные расходы в течение расчетного периода для проекта в целом и/или инфраструктуры взимания платы.

С выбором системы взимания платы тесно связана задача по разработке оптимальной тарифной политики. Для закрытой системы она решается довольно просто, так как данный тип предусматривает покилометровую оплату проезда по тарифам, дифференцированным по выделяемым типам автотранспортных средств. Для открытой системы возможны, по крайней мере, два варианта: размер фиксированной платы на конкретном пункте взимания платы рассчитывается либо по протяженности прилегающего к данному пункту участка, либо на основе среднего пробега соответствующего типа автотранспортных средств. Решение о размещении пунктов взимания платы при открытой системе рекомендуется принимать, выбрав такое размещение пунктов, которое было бы наиболее выгодно с точки зрения максимизации выручки от взимаемой платы.

Потребительский спрос

После определения системы взимания платы и соответствующей тарифной политики выполняется анализ эластичности транспортного спроса на платную дорогу в зависимости от размеров платы за проезд. При выборе перспективного года для проведения анализа эластичности необходимо помнить о различии в поведении транспортных потоков до и после полного введения в эксплуатацию платной дороги. Тестируемые значения тарифов рекомендуется устанавливать в определенном интервале с фиксированным шагом от базового значения, выявленного в ходе социологического опроса, как в сторону увеличения, так и уменьшения. По результатам анализа определяются оптимальные (рекомендуемые) тарифы для выделяемых типов автотранспортных средств, при которых обеспечивается максимальный объем выручки. Рекомендуемые тарифы по типам автотранспортных средств используются для окончательного расчета перспективной интенсивности движения на платной дороге и выручки от взимания платы за проезд.

Российская методика

Применительно к оценке потребительского спроса и, что особенно важно, ценности времени хотелось бы остановиться на действующей в России ОДМ «Методика расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса» (введена в действие распоряжением Минтранса России от 19.05.2003 г. № ОС-435-р).

Согласно действующей методике максимальный размер платы не должен превышать предельного уровня, соответствующего расчетной величине получаемой пользователем экономии при проезде по платной дороге по сравнению с альтернативным бесплатным маршрутом. Ценность времени определяется как отношение валового внутреннего продукта в денежном выражении к общему количеству рабочего времени занятого населения в течение года. Стоимость сэкономленного времени для индивидуального и общественного транспорта рассчитывается как произведение величины сэкономленного времени при проезде по платной дороге и теоретически установленной стоимости единицы времени (рублей в час) с учетом поправочных коэффициентов по среднему количеству пассажиров для каждого типа автотранспортных средств. Проведение социологического исследования и определение размеров платы за проезд, согласно распространенной практике применения методики, обычно ограничивается индивидуальным легковым транспортом. При этом выбор базового значения размера платы обусловливается максимизацией дохода от взимания платы. Чтобы определить размеры платы для остальных типов автотранспортных средств, рекомендуется использовать специальные поправочные коэффициенты.

Предлагаемый методикой подход к определению ценности времени является некоторой разновидностью теоретически устанавливаемой ценности рабочего времени населения, рассмотренной выше. Ограничение размера платы величиной максимальной экономии транспортных расходов, достигаемой при проезде по платной дороге, является вполне здравым принципом. Однако применение в модели постоянного значения таким образом установленной ценности времени для всех модельных групп автотранспортных средств вызывает сомнения. Постоянное значение

ценности времени может быть использовано только в рамках однородных по своему поведению групп пользователей.

Модель базового года

Как указывалось выше, расчет перспективной интенсивности движения предполагает разработку качественной модели базового года для воспроизведения наблюдаемых размеров и состава движения в исследуемой области. Для этого крайне важно иметь надежную базу исходных данных. На данном этапе к модели базового года для ее настройки и валидации применяются операции калибровки, которые позволяют оценить качество модели и ее способность воспроизводить наблюдаемую ситуацию. При этом надежность модели должна быть доказана на многочисленных тестах.

Убедившись, что модель базового года адекватно, с приемлемым уровнем точности воспроизводит текущую ситуацию, на следующем этапе приступают к созданию моделей прогнозных лет. Геометрия и структура сети модели базового года корректируются в соответствии с утвержденными программами развития области моделирования. На основе прогнозов экономического и демографического развития пересчитываются матрицы корреспонденций базового года. Процедура перераспределения выполняется с учетом прогнозных значений платы за проезд и стоимости времени.

Индуцированный транспортный спрос

При прогнозировании в случае строительства нового объекта или реконструкции существующего рекомендуется принимать во внимание явление индуцированного транспортного спроса, суть которого заключается в увеличении спроса вследствие улучшения технико-эксплуатационных параметров сети и соответствующих изменений в структуре землепользования. Для его детального учета используются специальные интегрированные LUTI-модели (Land Use Transport Interaction model), включающие в себя структуру землепользования в области моделирования (например, Tranus, Urbansim или Pirandello). В случае применения стандартных транспортных моделей требуется специальная корректировка матриц корреспонденций прогнозных лет на величину относительного изменения обобщенных затрат. Это наиболее приемлемый в подобных моделях способ учета эффекта индуцированного спроса.

Пункт взимания платы на Западном скоростном диаметре. Фото предоставлено ОАО «ЗСД»

Кроме того, при прогнозировании следует учитывать эффект от введения в эксплуатацию новой дороги. На таких объектах реальное увеличение интенсивности движения наблюдается только спустя некоторое время после начала эксплуатации. Этот эффект обычно принимают во внимание как в экономических, так и в финансовых расчетах.

Программные комплексы для моделирования

Сейчас в России, по нашим данным, активно используются следующие зарубежные продукты для макромоделирования: EMME (INRO, Канада), Saturn (Institute for Transport Studies University of Leeds, Atkins, Великобритания) и VISUM (PTV VISION, Германия). Актуальные версии данных продуктов содержат все необходимые инструменты для моделирования транспортных потоков на платных дорогах. Отличия версий друг от друга, как правило, связаны с доступными наборами функций перераспределения, способов перемещения, импорта/экспорта данных, со степенью интеграции с геоинформационными системами и возможностями расширения функционала за счет написания пользователями собственных процедур.

* * *

В заключение отметим, что в настоящее время транспортное моделирование является наиболее эффективным инструментом для прогнозирования интенсивности движения на платных автомобильных дорогах. При правильном использовании этого метода можно обеспечить приемлемое качество прогнозов.

Транспортные модели — это огромный шаг вперед по сравнению с классическими методами экстраполяции, однако их применение нуждается в качественных исходных данных. Кроме того, избежать принципиальных ошибок при внешне правильных результатах и допущениях можно только в том случае, если работу выполняют опытные и квалифицированные специалисты.

Литература

1. Гасников А. В., Кленов С. Л., Нурминский Е. А., Холодов Я. А., Шамрай Н. Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / под ред. А. В. Гасникова, с приложениями М. Л. Бланка, Е. В. Гасниковой, А. А. Замятина и В. А. Малышева, А. В. Колесникова, А. М. Райгородского. — М.: МФТИ, 2010.

2. Лозе Д. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта — обзор теории моделирования // Мат-лы 7-й Междунар. науч.-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». — СПб., 2006.

3. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11.

4. Швецов В. И. Алгоритмы распределения транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. — 2009. — № 10.

5. Piron V. Value of time in transportation infrastructure // Transports. No 377. February–March, 1996.

6. Piron V. Traffic models in urban areas, a methodology that remains to be invented // Transports. No 379. September–October, 1996.

7. Piron V. The political acceptability of road tolls, a few European examples // Transports. No 385. September–October, 1997.

8. Piron V. Transport, urban planning and tolls: can political acceptability of tolls be quantified // Transports. No 402. July–August, 2000.

9. Piron V. The Economic Dimension of Public/Private Partnerships in the Transport Sector" // Transports. No 424. May–June, 2004.