

МОДЕЛИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ: МЕТОДЫ ИХ СОЗДАНИЯ ЕЩЕ ПРЕДСТОИТ РАЗРАБОТАТЬ

Венсан ПИРОН

*Директор Отдела стратегии и развития – Департамент концессий –
Главное общество предприятий (SGE)*

С точки зрения влияния на среду обитания человека, главными событиями уходящего века были развитие городов и рождение автомобиля. Этап структурного развития, кажется, уже миновал, но еще предстоит вложить немалые средства (сотни миллиардов франков) в экономику городского транспорта как во Франции, так и в новых промышленных странах. Однако средства прогнозирования, особенно модели прогнозирования интенсивности дорожного движения, недостаточно надежны. Им присущи три основных недостатка: невозможность отражать «пробки», плохое описание параметров выбора клиентов, игнорирование долговременных структурных последствий для экономики и социального развития. В настоящей статье я попытаюсь показать, какую опасность представляет слишком доверчивое отношение к компьютерным моделям и предложить дополнительный подход, прагматический, позволяющий учитывать социальное расслоение, согласие населения платить дорожную пошлину и реальность образования «пробок».

ЦЕЛИ МОДЕЛЕЙ

В декабре 1982 года был принят Закон о направлениях развития внутреннего транспорта (закон *LOTI*), который предусматривал оценку крупных проектов в области инфраструктуры. В 1984 году были определены границы и порядок их оценки. В 1995 году появилась рамочная инструкция, касающаяся междугородних проектов. Одновременно ведутся дискуссии о методе оценки городских проектов.

В результате этого характер проблемы меняется, и ее степень сложности значительно возрастает. Несмотря на то, что 42 миллиона французов, проживающих в городах (74% всего населения), являются предметом многочисленных исследований, усилия по моделированию действительной ситуации пока еще не принесли желаемых результатов.

Начиная с доклада Бюшанана (1963 г.), градостроители, архитекторы, географы и социологи стали описывать с точки зрения качества соотношения между средой обитания, средствами транспорта, образом жизни, занятостью и т.д. Но надежные оценки с точки зрения количества весьма скудны и редки. Как же тогда можно «оценивать» проекты?

Первые модели дорожного движения появились более 30 лет назад. Они касались в основном дорог, проходящих в «открытом поле». С 1963 года много усилий было предпринято для их адаптации к условиям города. Но насколько успешными оказались эти усилия? Не являются ли их результаты обманчивыми? Правильны ли решения, которые были приняты на основе этих моделей?

Стоимость генерального плана развития региона Иль-де-Франс оценивается в 300 миллиардов франков; осуществление планов улучшения транспортной сети других крупных городов обойдется еще в несколько десятков миллиардов; общий объем расходов будет эквивалентен сумме налога на доходы, собираемой за целый год! Если добавить актуализированную сумму убытков от эксплуатации будущих сооружений, объем финансирования удвоится. Такие масштабы заслуживают того, чтобы всерьез задуматься над надежностью моделей.

Откуда берутся расхождения между результатами, предсказываемыми некоторыми моделями, призванными доказать явную рентабельности того или иного сооружения, а также нерешительность, с которой принимающие решения органы собираются «перейти к делу»? Чувствуют ли интуитивно органы, принимающие политические решения, что некоторые важнейшие параметры еще плохо моделируются или даже замалчиваются? Почему происходят сенсационные финансовые провалы (Орливаль), появляются проблемы, связанные со взиманием «почти городской» дорожной пошлины (в окрестностях Тулузы), в то время как успех туннеля Прадо Каренаж в Марселе подтвердил ожидания, хотя и не полностью? Знать это очень важно, так как неудачи некоторых финансовых операций, осуществляющихся путем сдачи в концессию дорожных сооружений, создают обстановку, губительно отражающуюся на других операциях, приводя к удорожанию финансового обеспечения до такой степени, что стоимость проекта выходит за пределы, отделяющие возможность финансирования от невозможности.

Мы считаем, что ошибки происходят, в основном, по причине:

- плохого знания реальной обстановки на данный момент;
- недооценки совокупности выборов, предлагаемых транспортной системой;
- плохого знания мотиваций и трудностей потенциальных клиентов.

При растущей гибкости графиков работы и постоянном расширении спектра транспортных услуг пользователь, который ранее был «пленником» того или иного вида транспорта и/или того или иного графика/расписания, превращается в клиента того или иного вида транспорта, который принимает решения с учетом многих экономических и человеческих параметров.

Существование платных дорог в городах еще больше расширяют возможности выбора для клиентов. Можно ли попытаться смоделировать их поведение? Такова цель некоторых размышлений, которым мы предаемся в настоящей статье.

ТРУДНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Продукт, предлагаемый клиенту под названием «транспорт в городе», характеризуется, в основном:

- средней скоростью его поездки «от двери до двери»;
- ее стоимостью, которую ощущает клиент;
- комфортом в самом широком смысле слова;
- гарантией определенной продолжительности поездки;
- стоимостью стоянки его автомобиля в месте прибытия (для транспортных средств индивидуального пользования).

Этот простой перечень позволяет заметить следующие трудности моделирования.

1. Фактическая скорость автомашин на городских магистралях плохо изучена. До последнего времени техников гораздо сильнее интересовала интенсивность движения, так как ее измерение обходится дешевле и она может быть представлена моделями, производными от моделей автодорог, проходящих «в чистом поле». Однако появление платных сооружений изменило расклад: дополняющие городские дороги позволяют экономить время и гарантируют определенную продолжительность поездок. Поэтому определяющим параметром модели должна быть не интенсивность движения, а скорость, которая едва только становится известной благодаря системе «Сириус» и оборудованию, установленному на Бульварном кольце Парижа.

2. Стоимость, которую ощущает клиент

Это - сумма стоимости в денежном выражении, выражающей расходы клиента (бензин, билет на метро, «оранжевая карточка» - проездной билет, дающий право пользования городским и пригородным транспортом Парижа в пределах определенной зоны), и фиктивной стоимости, являющейся результатом умножения стоимости времени клиента на продолжительность его поездки. Если стоимость в денежном выражении известна, то стоимость времени изучена очень плохо.

3. Комфорт, безопасность, спокойствие являются важными параметрами выбора клиентом того или иного вида транспорта, которые мы пока еще не научились измерять количественно.

Трудности, связанные с пересадкой/перевалкой груза или ожиданием также мало изучены.

4. Гарантия определенной продолжительности поездки

Разброс в величинах продолжительности поездок изучался редко, так как это процесс трудоемкий, а для владельца сооружения этот вопрос не является главным, поскольку пользователи являются «пленниками» определенного вида транспорта, маршрута или графика работы/расписания. В этом случае каждый руководствуется своим личным опытом в оценке риска, которому он подвергается. Но если пользователи не являются такими «пленниками», вопрос приобретает наиважнейшее значение и меняет характер проблемы.

5. Стоянка в месте прибытия, являющаяся неотъемлемой частью транспортной системы, не связана с данными о причинах и местах назначения поездок.

Что делать? Мы ограничились рассмотрением нескольких дорожных проблем, связанных с платными дорогами.

Во-первых, мы попытались как можно лучше использовать данные системы «Сириус» и по туннелю Прадо Каренаж, а также замерили скорости на бесплатных маршрутах, являющихся конкурентами самых передовых проектируемых сооружений Иль-де-Франса, которыми являются автомагистрали А 86 Запад и Мюз.

Во-вторых, нужно будет провести наблюдения на автомагистрали А 14 и лионском объезде. Сведения, которые мы получим по магистрали А 14, будут действительно касаться городского движения лишь после того, как будут построены развязки между

магистралью А86 и Оржевалем. Северный объезд Лиона будет следующим объектом экспериментов, результаты которых будут достоверны для города.

В-третьих, нужно будет создать модель для Иль-де-Франса на основании данных, полученных по Марселю и Лиону.

Рассмотрим результаты первых анализов.

Необходимы многократные замеры скорости

Поскольку платные дороги функционируют в качестве разгрузочных путей в те часы, когда спрос на передвижение насыщает сложную сеть скоростных бесплатных магистралей, важно знать годовое распределение таких часов и степень насыщенности сети автотранспортом. В идеале надо было бы построить кривую «зарегистрированных скоростей», с той же целью, с какой специалисты в области транспорта изучают «зарегистрированные интенсивности движения», чтобы определить оптимальные размеры сооружений.

Только изучение одного и того же маршрута в течение целого года может дать необходимые данные о частоте и степени ситуаций насыщений. Для этого необходимо провести много замеров, разумно распределенных таким образом, чтобы можно было охватить все часто встречающиеся обстоятельства со степенью достоверности пропорциональной масштабу финансовых проектов.

Величины выигрыша во времени, даваемого дополняющей городской дорогой, измеряются минутами (10, 15, максимум 30). Поэтому необходима тонкая разбивка по времени для того, чтобы можно было измерить эти явления, понять причины поездок, определить сопутствующие расходы и смоделировать все это. Традиционный метод, который охватывает два утренних «часа пик» и три вечерних при семи-восьми средних промежуточных часах, недостаточно точен для обоснования прогноза сумм поступлений от взимания дорожной пошлины.

Для сооружения, пропускающего 30 000 автомашин в день (что не так уж много для города), при стоимости времени 60 франков за час, выигрыш всего одной минуты по сравнению с бесплатным маршрутом теоретически обещает ежегодную сумму сборов в 10 миллионов франков, что позволило бы провести операцию на 100 миллионов франков. Такой же показатель (100 миллионов франков за одну выигранную минуту) был получен для туннеля Прадо Каренаж в Марселе. Следовательно, продолжительность поездок по наземным дорогам должна оцениваться с точностью менее одной минуты.

Вот почему нам захотелось тщательно протестировать два ныне существующих бесплатных маршрута, являющихся конкурентами проектируемых сооружений А 86 Запад и Мюз (первая фаза).

В юго-западной четверти агломерации спрос на перемещения в направлении север-юг должен сегодня довольствоваться шоссе А 12, А 6, А 6а, а также дорогой государственного значения RN 118. Сооружение магистрали А 86 Запад ослабит нагрузку на шоссе А 12 и дорогу RN 118, а магистраль Мюз (Исси - Клямар) облегчит пропуск потоков, использующих сегодня дорогу RN 118 и дорогу департаментского значения RD 2, соединяющую Шатенэ Малабри с Исси.

За два с половиной года мы провели 1 200 замеров: 900 на дороге RN 118 и 300 на дороге RD 2. Каждый замер состоял в определении времени проезда 12 вех на дороге RN 118 и 8 вех на дороге CD 2. Это количество данных (всего 13 000) является минимальным для того, чтобы дать представление о функционировании этих двух маршрутов в течение года. Однако мы представим значимые результаты с некоторыми примерами, иллюстрирующими пиковые явления.

СПРОС НА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Этот спрос весьма изменчив во времени и мог бы представлять собой сумму трех функций: сезонного цикла, недельного цикла и каждодневного цикла (см. рисунок 1, дающий пример каждодневного цикла).

РИСУНОК 1: Туннель Прадо Каренаж – Интенсивность движения в час Рабочие дни

(график)

Слева по вертикали: Тысячи

Внизу: - Октябрь 1994 г. - Ноябрь 1994 г. - Декабрь 1994 г. - Январь 1995 г. - Февраль 1995 г. - Март 1995 г.

Источник: SGE

Функция сезонности проявляется сразу после статистической обработки результатов измерений. При этом четко выделяются три периода:

- обычные рабочие дни;
- уик-энды, периоды краткосрочных отпусков и шесть наименее напряженных недель лета;
- рабочие дни с происшествиями (забастовки служащих общественного транспорта, ДТП, первый дождь, снег...).

В течение года на дороге RN 118 43 недели были нормальными и 9 с равномерным движением, что дает 215 нормальных дней в году. Грубо допуская, что наблюдалось по два с половиной часа повышенного спроса утром и по три вечером, мы получим 1 182 часа равномерной нагрузки.

К тому следует добавить происшествия. Не считая забастовок, ДТП и метеорологические явления были зарегистрированы в 2% поездок. Поэтому для данного маршрута следует принять величину в 1 200 «часов пик» за год.

Для сравнения напомним, что в туннеле Прадо Каренаж их насчитывается 900, на южном Бульварном кольце Парижа, порядка 1 800 и на мосту через Тахо, в Лиссабоне, 3 000 в год.

Спрос в «часы пик»

Этот вопрос был, конечно, в центре нашего внимания. Приведенные выше цифры являются результатом равновесия между дорожным предложением и спросом на передвижения. Дело в том, что в идеале продолжительность пикового спроса не должна превышать четырех часов в день, т.е. 860 часов в год; это – нормальный ритм жизни города. Превышения этой продолжительности происходят вследствие сознательных

смещений времени выезда автомобилистов, которые не желают терять время в «пробках». Поэтому именно *продолжительность* пикового периода на той или иной магистрали является удобным параметром измерения спроса. Достаточно послушать по радио информацию **SIER**, чтобы узнать, какие дороги более всего загружены.

Хронологически, после классической впадины Савиньи на шоссе А 6, утром самым загруженными оказываются автомагистрали А 4, А 1, А 13 и А 15. За ними следует Бульварное кольцо в плоть до позднего утра. Вечером картина другая: Париж надолго становится насыщенным автомашинами (до 20.30), как и направления на выходе из города на расстоянии от 3 до 5 км, выше таких «узких мест», как путепровод Сен-Клу и перекрестки магистрали А 6 (Сен-Морис, туннель Тиэ).

Фактически, агломерация функционирует как губка, всасывающая и выжимающая автомобили. Утром жители самых отдаленных пригородов встают раньше всех и образуют нечто вроде «пробочной волны», которая распространяется, например, на шоссе А 6, от впадины Савиньи (к 6.45) к шоссе А 86 (к 7.15), Бульварному кольцу (к 7.45) и достигает Парижа в 8.15.

Утром все наоборот: губка начинает выжиматься с 16.00, но медленнее, чем наполнялась, так как спрос на передвижения более разнообразен (поездки из дома на работу уже не являются преобладающими), а пропускная способность дорог сокращается (мы еще вернемся к этому явлению в рассуждениях по поводу шоссе CD 2).

**РИСУНОК 2: Функционирование дороги государственного значения RN 118
Рабочие дни – Направление север-юг**

(график)

Вверху в рамке: ▪ Шатенэ Пор де Севр

Слева по вертикали: Продолжительность поездки
Внизу: График

Источник: SGE

Следовательно, продолжительности поездки, представленные на рисунке 2, определяют положение равновесия между:

- общим спросом, выражаемым числом поездок;
- продолжительностью существования «пробки» на перекрестке Пти-Клямар.

Функционирование перекрестка и ритм жизни едущих определяются соотношением приоритетов. Поскольку на скоростных магистралях приоритет фактически принадлежит въезжающим, малое кольцо имеет приоритет над внешним, и жители департаментов Эссон и Ивелин должны проезжать перекресток Пти-Клямар раньше жителей департамента О-де-Сен, если не хотят стоять в очереди. Постройка дополнительной платной дороги изменило бы существующее равновесие: ее основными клиентами были бы жители не департамента, пересекаемого этой дорогой, а мест, расположенных выше по движению.

Вот почему, чтобы прогнозировать поведение автомобилистов, хорошая модель должна точно представлять потенциальную клиентуру даже вдали от сооружения и, в частности, описывать должным образом спрос следующим образом:

- где проживают или куда направляются «пленники» автомобиля;
- сколько «пленников» автомобиля являются также «пленниками» графика/расписания (например, если они должны привозить детей в школу);
- какова степень согласия платить дорожную пошлину «пленников» графика/расписания с учетом удобства поездки и налогов;
- какова частота поездок по треугольнику «место проживания – место работы и иные места – место проживания».

Стоимость времени или, скорее, степень согласия платить дорожную пошлину

Будучи основным параметром моделей, понятие стоимости времени поездки распадается на несколько весьма разных понятий (см. предыдущую статью в № 377 журнала « Transports» за май-июнь 1996 г.). Среди последних мы стремимся изучать прежде всего согласие платить дорожную пошлину семейств и предприятий.

Изучение современной ситуации на примере туннеля Прадо Каренаж является самым лучшим источником конкретных данных.

РИСУНОК 3: Распределение стоимости времени По опыту эксплуатации туннеля Прадо Каренаж

Слева по вертикали: Распределение
Внизу: Стоимость времени во франках за час
Условные обозначения: ---- Совмещение
— Распределение

Источники: SGE, Cofiroute и CETE города Экса.

Оценка средней степени согласия платить дорожную пошлину при помощи коррекции *a posteriori* модели дорожного движения оказалась мало продуктивной, так как изменение лишь одного параметра для получения средней интенсивности движения по туннелю не позволяла верно воспроизвести интенсивности движения по оси *O/D* (пары «место отправления/место прибытия»).

Поэтому был применен иной подход, основанный на замерах продолжительности поездок и данных исследования на тему о явных предпочтениях в сочетании с данными исследования на тему о фактических выборах автомобилистов. Анализ результатов этих исследований показал, что стоимость времени распределяется по весьма асимметричной кривой, сильно растянутой в направлении высоких величин, имеющей вид логнормальной кривой (см. рисунок 3), сочетающейся с логитом параметра 0,25.

Пик распределения приходится на 30 франков, срединная величина - порядка 50 франков, а средняя, порядка 63 франков. Такая большая разница подтверждает, что в изучении дорожного движения следует придавать особое значение социально-экономическому распределению потенциальной клиентуры.

Заметим, что результаты исследования определяют интеграл кривой распределения, а не саму кривую. Фактически, последняя может быть приближенно описана не только суммой двух кривых (логнормальной кривой для личного времени и гауссовской, для фактурируемого времени), так и только одной логнормальной кривой.

До настоящего времени модели дорожного движения создавались главным образом для измерения потребностей в передвижении по бесплатной дорожной сети и независимо от того, кто является пользователем, так как задача создания эгалитарной сети должна решаться государственными органами. В случае сдачи платных дорог в концессию встает иная проблема: приходится искать клиента, который способен и согласен оплачивать ту или иную особую услугу.

Бюджеты семейств и степень согласия платить дорожную пошлину

Карта

Условные обозначения:

не видно

- менее 20 % ???
- от 21 до 35 % ???
- от 36 до 50 % ???
- от 51 до 70 % ???
- леса

Изображенная выше карта иллюстрирует распределение согласия жителей платить дорожную пошлину среди населения региона Иль-де-Франс. Следовало бы уточнить схему расчета этого согласия («свободные деньги» делятся на «свободное время»), введя параметр, отражающий комфорт. Тогда бы мы имели настоящую карту потенциальной клиентуры. Но как оценить комфорт в цифрах? Это, несомненно, является одним из направлений исследований в области моделирования.

Деньги, затрачиваемые на поездки

В отличие от поездок «в чистом поле», поездки по городу отличаются небольшой протяженностью и повторностью: утром и вечером в течение целого года. Если мы захотим проверить соответствие предполагаемого тарифа покупательной способности населения или степени согласия предприятий платить дорожную пошлину, следует рассуждать категориями месячного или даже годового бюджета.

Тогда можно будет заметить, что система тарифов, допускаемая клиентурой и органами, принимающими политические решения, в значительной степени зависит от следующих параметров:

- возмещается ли уплаченная сумма дорожной пошлины работодателем?
- включается ли дорожная пошлина в расходы, связанные с выполнением профессиональной деятельности и, следовательно, становится ли она расходной статьей счета хозяйственной деятельности предприятия?
- может ли дорожная пошлина являться частью фактических расходов, указываемых в налоговой декларации для взимания налога с дохода?
- позволяет ли выигрыш во времени увеличить оборот предприятия?

Если большинство потенциальных пользователей получают возмещение этих расходов, то лицо, сдающее дорожное сооружение в концессию, может допустить высокие ставки тарифа. А если нет, то в принятии своих решений он будет руководствоваться согласием платить дорожную пошлину населения, которое затрагивает существование платного сооружения, и тогда тариф будет низким. Как и в любом другом городе, наблюдаются значительное неравенство доходов и большая разбросанность мест осуществления профессиональной деятельности, рисунок оптимальной платной дорожной

сети не имеет ни малейших шансов совпасть с платными отрезками сети, которые государство отказалось содержать полностью за свои средства.

Добавочная стоимость дорожной пошлины должна, разумеется, быть сравнимой с общими расходами на поездки потенциальных клиентов. Мы заметили, что обязательная дорожная пошлина, увеличивающая на 20% общую стоимость поездок, не вызывает протеста (например, городская дорожная пошлина в Осло или пошлина за проезд через реку Тахо в Лиссабоне). Но еще большее повышение тарифов может вызвать политическую реакцию. Если платить дорожную пошлину не обязательно, клиентура имеет выбор, и она тем малочисленней, чем выше тариф. В Марселе было отмечено, что за проезд по туннелю взимается примерно по 400 франков в месяц с регулярных клиентов, из которых не менее 40% получают компенсацию стоимости поездок (регулярные клиенты составляют лишь 4% людей, потенциально заинтересованных в существовании этого маршрута). Участники ведущейся в настоящее время дискуссии по поводу шоссе А 14 предусматривают, видимо, тарификацию на уровне стоимости «оранжевой карточки», т.е. порядка 600 франков в месяц.

Этот бюджетный подход не заменяет собой математического моделирования, а дополняет и умеряет его оптимизм, который всегда предполагает получение максимальной суммы сборов при высоких тарифах.

Если дорожная пошлина при поездке в отпуск или к родственникам воспринимается как расход, позволяющий продлить пребывание в пункте назначения, то ежедневная уплата городской дорожной пошлины будет, вероятно, восприниматься как дополнительный налог, связанный, кроме того, с необходимостью ездить на работу. Важно заметить, что в туннеле Прадо Каренаж (Марсель) интенсивность движения в вечерние «часы пик» установилась гораздо быстрее, чем в утренние: степень согласия платить пошлину в это время при одной и той же причине поездки оказалась более высокой.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПУТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

При постоянном физическом объеме предложения (ширина проезжей части, геометрические характеристики дорог и перекрестков, циклы работы светофоров...), пропускная способность той или иной дорожной сети изменяется в зависимости от спроса. Поэтому, описание сети должно содержать параметр, величина которого зависит от интенсивности движения по ней транспортных средств, и именно в этом описании и состоит проблема.

Очереди ожидания управляют пропускной способностью дорог, не имеющих боковых въездов

Любой автомобилист хорошо знает, что в месте слияния двух дорог могут образовываться «пробки», даже если это автомагистрали с односторонним движением. Когда поток автотранспорта слабый, пропускная способность пути после слияния еще может удовлетворить спрос, являющийся суммой потоков автотранспорта, идущих по двум путям, расположенным выше по движению. В этом случае наблюдается лишь небольшое снижение скорости, которое можно отобразить в моделях: это - верхняя ветвь кривой «интенсивность движения-скорость». Если движение интенсивное, замедление значительно и даже образуются «пробки». Это – нижняя ветвь кривой «интенсивность движения-скорость».

РИСУНОК 4: Соотношение между интенсивностью движения и скоростью на южной автотрассе (шоссе А 6а в направлении север-юг, Рк 0.960, январь 1995 г.)

(график)

Вверху: Каждая из 2 500 точек соответствует одному наблюдению продолжительностью в 6 минут

Слева по вертикали: Скорость, км/ч

Внизу: Количество автомашин в час на одной полосе движения

Источник: SIER-URF

Система «Сириус» позволила обработать многочисленные данные (3 500) по шоссе А 6а в направлении к Парижу, в результате чего была получена такая кривая «интенсивность движения-скорость» (см. рисунок № 4). На графике четко обнаруживаются два различных режима:

- один, равномерный, соответствует скоростям от 90 до 110 км/ч.
- другой, насыщенный, соответствует скоростям до 40 км/ч.

Один режим быстро переходит в другой. Эти измерения хорошо иллюстрируют закон «все или ничего» движения по важным направлениям без боковых въездов: либо вы едете, либо вы стоите в «пробке». Однако существующие в настоящее время модели дорожного движения используют кривую, аналогичную той, которая представлена на рисунке 5. Они никоим образом не могут отображать нижнюю ветвь кривой «интенсивность движения-скорость», которая как раз и отражает условия движения, против которых протестует население и в которых находятся потенциальные клиенты платных дорог.

РИСУНОК 5: Пример соотношения «интенсивность движения/скорость»

Город

Слева по вертикали: Скорость

Внизу: интенсивность движения, автомобилей в час

Источник: SGE

Тонкий анализ функционирования перекрестка Пти Клямар (в месте пересечения дороги государственного значения RN 118 и автотрассы А 86) с получасовыми периодами наблюдений иллюстрирует явление насыщения.

Схематически, пропускная способность дороги RN 118 в направлении к Парижу является пропускной способностью ее самого узкого отрезка с двумя полосами движения к Парижу до его разделения на четыре полосы на Севрском мосту. Между перекрестком Пти Клямар и этим отрезком находятся четыре въезда и лишь один съезд, который почти не используется автотранспортом по утрам: это школьный пример анализа скоростей и явлений очереди, порождаемых вливаниями в поток (см. въезды на рисунке № 6). Рисунок № 7 свидетельствует о том, что скорости возрастают по мере приближения к Севрскому мосту, в противоположность тому, что дают обычно используемые модели.

РИСУНОК 6

Сверху вниз и слева направо:

ПАРИЖ Париж

Булонь-Бийянкур

Дорога государственного значения RN 10

Сен-Клу
Исси-ле-Мулино
VRGS
Севрский мост
Шавий
Мёдон
Велизи/Клямар
К Версалю
Перекресток Пти-Клямар
Шоссе А 86 Юг
Дорога государственного значения RN 118
Бьевр

РИСУНОК 7: Площадь 11/11 – мост Сен-Клу
Утренние «часы пик» с 6.30 до 9.00 (по рабочим дням)

Слева по вертикали: Скорость
Внизу: Расстояние в км
Внизу в рамке: - Скорость на холостом ходу – с 6.30 до 7.00 – с 7.00 до 7.30 – с 7.30 до 8.00 – с 8.00 до 8.30 – с 8.30 до 9.00
Сверху вниз и слева направо:
Боковой въезд 4
Экран
Боковой въезд 2
Боковой въезд 3
Шатенэ
Боковой въезд 5
Севрский мост
Мост Сен-Клу
Средняя величина
Боковой въезд 1
Соединительная дорога

Источник: SGE

РИСУНОК 8: Шатенэ – мост Сен-Клу
Утренние «часы пик» с 5.30 до 9.00 (по рабочим дням во время забастовок)

Слева по вертикали: Скорость
Внизу: Расстояние в км
Внизу в рамке: - Скорость на холостом ходу – с 5.30 до 6.00 – с 6.00 до 6.30 – с 6.30 до 7.00 – с 7.00 до 8.00 – с 8.00 до 9.00
Сверху вниз и слева направо:
Боковой въезд 4 F18
Экран
Боковой въезд 2
Боковой въезд 3
Площадь 11/11
Шавий Эш
F18-VRGS
Мост Сен-Клу
Средняя величина
Соединительная дорога

Источник: SGE

Как и следовало ожидать, мы имеем два режима:

- режим равномерного движения, наблюдаемый рано утром, в середине дня, а также в периоды отпусков и в выходные дни;

- насыщенный режим в «часы пик» по рабочим дням с повышением скорости по мере приближения к самому узкому участку.

В утренний период насыщения движение подчиняется законам приоритета: правый ряд пропускает одну машину из двух при каждом боковом въезде. Поэтому машины, движущиеся до въезда, получают фактически «полуприоритет» над машинами, движущимися после него. Поскольку автомобили, движущиеся после въезда, перестают ехать достаточно быстро, образуется очередь в направлении Бьевра. Машины, находящиеся ниже всего по движению (идушие от Шавийя), пользуются регулирующим эффектом расположенного выше бокового въезда и свооодно въезжают прямо на расположенный ниже по движению отрезок пути, с самым равномерным движением, в направлении Севрского моста и Парижа. Впрочем, вот уже несколько лет как городские власти Парижа знают, что равномерность движения по Бульварному кольцу обеспечивается контролем за подъездными путями, в частности, сокращением числа односторонних боковых въездов.

То же явление наблюдается и в Лионе (туннель Фурвьер), где автомашины, едущие из пригорода Тассэн, довольно легко въезжают в туннель, в то время как автомашины, едущие из Экюлли и, особенно, из Лимонеста, простаивают по несколько минут в «пробках». Такая же ситуация в Лиссабоне (подъезд с севера к «мосту 25 апреля»), где наиболее равномерное движение наблюдается на боковом въезде, расположенном ближе всего к мосту, в Алькантаре, в то время как заторы случаются наиболее часто на подъезде Камполид, прямо к северу от подъездного путепровода. В Осло, независимо от размера городской дорожной пошлины, такая же ситуация существует на автомагистрали E 18.

Наконец, управляя туннелем Прадо Каренаж, эксплуатирующая его компания координирует свою деятельность с городскими властями Марселя с тем, чтобы туннелю был предоставлен приоритет на выходе «Каренаж», в то время как наземные подъездные пути могут играть роль буферного резервуара.

Пропускная способность скоростной магистрали типа автотрассы, проходящей по городу, зависит главным образом от того, что происходит на нижней по ходу движения оконечности ее изучаемого отрезка, т.е. от равномерности движения на выходе. Когда эта оконечность находится в зоне высокой плотности деятельности человека (численность населения + число рабочих мест на гектар), на скоростной дороге в «часы пик» образуются «пробки», «хвосты» вырастают вверх по движению и потому интенсивность движения низкая, несмотря на высокую теоретическую пропускную способность.

Мы видим это на рисунке № 8, где на автомагистрали A 6a с семи часов утра интенсивность движения к Парижу ниже, чем при выезде из него, в то время как спрос на передвижение, очевидно, более высок (данные **SIER**, обработанные Дорожным союзом Франции). Узким местом является въезд с шоссе A 6a на Бульварное кольцо. Повышение пропускной способности дорог после постройки сооружения Мюз или шоссе A 86 Запад снизит спрос на передвижение по дорогам A 6a и RN 118. Следовательно, интенсивность движения по ним возрастет, как и их способность конкурировать с платными артериями.

Модели дорожного движения строятся, в принципе, для расчета положения нового равновесия. Но как можно производить по ним правильные расчеты, если соотношение «интенсивность движения/скорость» в них не отражено должным образом?

РИСУНОК 9: Равновесие интенсивностей движения по шоссе А 6а (Pk 0.960 в направлении юг-север и 1.300 в направлении север-юг)

Слева по вертикали: Интенсивность движения

Вверху в рамке: □ Средняя почасовая интенсивность движения по шоссе А 6а в направлении с севера на юг (по рабочим дням)
■ Средняя почасовая интенсивность движения по шоссе А 6а в направлении с юга на север (по рабочим дням)

Внизу справа: часы

Периоды забастовок в декабре 1995 года

Во время забастовки государственных транспортных компаний в декабре 1995 года мы продолжали свои измерения и констатировали, что закон очередей был доминирующим в функционировании дорожной сети. Поскольку приоритет имели въезжающие, утром малое кольцо меньше страдало от забастовки, чем большое, так как «пробки» на первичных направлениях гораздо выше Парижа образовывали защитный экран, сохраняя относительную равномерность движения вблизи Парижа (см. выше рисунок № 9).

Дорога департаментского значения RD 2 – дороги с боковыми въездами

Явление очередей ожидания на дорогах без боковых въездов просто понять и даже смоделировать. Но на обычных городских дорогах (улицы, проспекты, бульвары...), оно сочетается с тремя другими, добавочными, явлениями:

- световая дорожная сигнализация;
- использование дороги грузовыми автомобилями (доставка товаров, автобусы, уборка мусора, школьные автобусы...), которые уменьшают ее пропускную способность, особенно, если беспорядочно выбирают места для стоянки и не оставляют друг другу достаточно свободного места для маневров;
- транспортные средства, которые встают на стоянку или уезжают с места стоянки;
- транспортные средства в два ряда, ожидающие школьников...

Разумеется, эти формы повседневной жизни сильнее всего проявляются в центре города, особенно после полудня, когда делаются поездки по разным причинам. Это имеет два последствия:

- пропускная способность городской дорожной сети после полудня ниже, чем утром, так как утренние поставки заканчиваются перед массовыми поездками из дома на работу;
- эта более низкая пропускная способность в сочетании с более многочисленными поездками делает вечерний пиковый период более продолжительным, чем вечерний.

Вечером, когда ко всему этому прибавляется рост интенсивности движения, создаваемый потоком из центра города (Париж), который пустеет через пригороды, где движение уже не очень равномерно, скорости снижаются. Именно конфигурацию описывают измерения продолжительности поездок на дороге департаментского значения RD 2 между Исси-ле-Мулино и Шатенэ-Мальябри. Продолжительность поездок там значительно больше, чем в утренние «часы пик» (рисунок № 10).

РИСУНОК 10: Продолжительность поездок между Исси и Шатенэ По рабочим дням, исключая август

(график)

Внизу в рамке: - Исси - Клямар - Исси - Шатенэ
Источник: SGE

Это замечание не касается дороги государственного значения RN 118, которая не имеет боковых въездов. По вечерам на этой дороге «пробки» образуются на выезде из Парижа лишь тогда, когда торговый центр Велизи добавляет свой поток транспорта к поездкам из дома на работу и когда одновременно сильно снижаются скорости на шоссе А 86, что приводит к образованию очередей ожидания вплоть до дороги RN 118. В остальных случаях движение на этом маршруте остается равномерным. Поток тяжелогрузных грузовиков сильно редет с 17 часов, до наступления основного периода спроса на передвижение, и потому дорога RN 118 предлагает три полосы с равномерным движением для тех, кто желает выйти из плотной зоны.

СХЕМА ДОРОЖНОЙ СЕТИ РЕГИОНА ИЛЬ-ДЕ-ФРАНС

В прошлом году мы оценили в 5 миллиардов франков в год сумму потенциальных поступлений с платных дорог Иль-де-Франса (см. статью, опубликованную в журнале « Etudes foncières» - Исследования по земельным вопросам, № 68).

Эту оценку проясняют данные системы «Сириус». Теперь стало возможным оценить время, фактически теряемое в «пробках», и дать ему количественное определение по сравнению с эталонной ситуацией, за которую условно принимают ситуацию с равномерным движением (60 км/ч на автотрассах и 35 км/ч в Париже). В середине дня стоимость времени выше, чем утром или вечером, так как более высока доля поездок, связанных с выполнением профессиональных обязанностей. Мы построили гипотезу, касающуюся изменения стоимости часа времени в течение всего дня, которая зависит от процентной доли фактурируемых поездок.

Порядок величины составляет 8 миллиардов франков в год, и только часть этой суммы (возможно, половина) может быть конвертирована в дорожную пошлину на разумно выбранных направлениях. Результат немного ниже того, который был получен с применением описанного выше метода (см. таблицу 11).

Число поездок, во время которых водитель попадает в «пробку» по рабочим дням, равно примерно одному миллиону, что соответствует 500 000 машин (300 000 на крупных направлениях, к которым добавляются примерно 60% машин на второстепенных дорогах), т.е. 10% всего автомобильного парка Иль-де-Франса.

Напомним, что расходы автомобилистов составляют в настоящее время 135 миллиардов франков, из которых 105 миллиардов платит население и 30, предприятия. Четыре миллиарда франков дорожной пошлины составляют лишь 3% общей суммы расходов, что весьма мало. Однако это касается лишь небольшой части населения.

В этом случае встают следующие вопросы:

- какие новые маршруты являются наиболее желаемыми для автомобилистов и наиболее способными приносить эти 4 миллиарда франков?

- являются ли эти маршруты желаемым для платежеспособной клиентуры?
- в какую сумму обойдется их постройка?

Пока еще не создана модель, которая отражала бы дорожное движение в городе, давление спроса на передвижения будет измеряться длиной «пробок» на критических перекрестках и, в первую очередь, их повседневной продолжительностью. Вот тут то и будет весьма полезно использовать данные системы «Сириус».

Именно при условии обогащения дорожной сети путями, которые разгружают дороги с наибольшей продолжительностью «пробок», количество часов использования дополнительного элемента инфраструктуры будет самым большим и, следовательно, его рентабельность (социально-экономическая или финансовая), более высокой. Сознательное уменьшение пропускной способности существующих бесплатных дорог оправдано лишь в том случае, когда оно осуществляется в качестве дополнения или предварительного условия крупномасштабной градостроительной операции.

Неуверенность в методах прогнозирования поступлений от взимания дорожной пошлины в городе настолько сильна, что нам кажется разумным ограничить сумму инвестиций на каждую операцию. Может быть следует развивать идею «отрезка-теста» в ожидании результатов первых лет эксплуатации дороги А 14 (Оржеваль – ля Дефанс) и **BNPL?**

В любом случае ясно, что логика максимального использования того или иного элемента инфраструктуры вынуждает предлагать платные дороги с изменяемым направлением движения. В течение нескольких лет такая система применяется в США. Платная дорога, дополняющая собой сеть бесплатных дорог, используется для движения в одном направлении утром и в противоположном вечером, чтобы максимизировать продолжительность ее использования.

Можно также применять регулируемые тарифы.

Если смена направлений движения на противоположные создает серьезные проблемы и есть желание минимизировать инвестиции, очевидна необходимость ориентировать платную дорогу с односторонним движением в направлении выхода из зон с высокой плотностью экономической деятельности населения. И с финансовой точки зрения (более продолжительный пиковый период), и с точки зрения городского хозяйства (ограничение поездок на автомобиле в личных целях в зоны с высокой плотностью), дорога на выходе будет лучшим решением, чем дорога на входе, и почти не вызовет общего повышения интенсивности движения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительство дороги в зоне высокой плотности экономической деятельности населения является социальным и градостроительным, а не только транспортным, мероприятием. Существующих ныне модели дорожного движения имеют следующие слабые стороны

- с чисто технической точки зрения, они неспособны должным образом отражать явления очередей ожидания, которые имеют определяющее значение для выбора маршрутов;

- с поведенческой точки зрения, скудность имеющихся данных мешает определять надлежащую сегментацию пользователей дороги и общественного транспорта;
- с точки зрения города, архитектурно-эстетический, располагающий к себе характер застройки, пересекаемой дорогой, не отражен ни одним параметром модели.

Платная дорога предлагает особую услугу, которая адресована четко определенной клиентуре и имеет высокую временную добавочную стоимость. Регулирование автомобильного движения с помощью дорожной пошлины порождает политическую проблему, которую следует тщательно изучать, особенно в том случае, когда государство принимает участие в финансировании строительства будущих сооружений. Остается создать экономические модели для оценки как перераспределительного аспекта таких решений, так и структурного экономического эффекта, которые они порождают, далеко выходя за рамки оценки выигрываемого времени.

Кроме того, с чисто бюджетной точки зрения, генеральный план развития региона Иль-де-Франс абсолютно невозможно финансировать в сегодняшнем ритме предоставления кредитов. Пусть это больше не смущает принимающие решения органы, но это является еще одним парадоксом, заставляющим сомневаться в пригодности наших методов познания действительности.

РИСУНОК 11: Экономические последствия образования заторов на дорогах Идь-де-Франса
Оценка порядка величины при глобальном подходе. Доля, приходящаяся на автомобилистов, без Парижа intra muros (в городской черте)

Час	Радиальные направления	Бульварное кольцо	Шоссе А 86	Число поездок, о которых идет речь	Привносимое запаздывание в часах	Привносимое запоздание в минутах	Добавочное время по рабочим дням на скоростных дорогах, часы	Коэффициент стоимости времени	Средняя стоимость времени на автомобиль 50 фр. фр./час	Кажодневная стоимость в тысячах фр. франков	Годовая стоимость (230 дней) в миллионах франков
	3	4	3								
06:30	10			3 000	0,20	12,0	600	1	50	30	6,90
07:00	30	5	5	12 500	0,25	15,0	3 125	1	50	156	35,94
07:30	50	25	10	28 000	0,35	21,0	9 800	1,2	60	588	135,24
08:00	70	35	30	44 000	0,50	30,0	22 000	1,4	70	1 540	354,20
08:30	75	45	25	48 000	0,50	30,0	24 000	1,6	80	1 920	441,60
09:00	60	50	20	44 000	0,40	24,0	17 600	1,8	90	1 584	364,32
09:30	30	35	15	27 500	0,30	18,0	8 250	1,8	90	743	170,78
10:00	20	30	15	22 500	0,30	18,0	6 750	1,8	90	608	139,73
10:30	10	25	12	16 600	0,30	18,0	4 980	1,8	90	448	10,09
11:00		20	10	11 00	0,20	12,0	2 200	1,8	90	198	45,54
11:30		15	5	7 500	0,20	12,0	1 500	1,8	90	135	31,05
12:00		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
12:30		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
13:00		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
13:30		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
14:00		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
14:30		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
15:00		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
15:30		10	5	5 500	0,13	7,8	715	1,8	90	64	14,80
16:00		10	10	7 500	0,13	7,8	910	1,8	90	82	18,84
16:30	10	10	15	11 500	0,20	12,0	2 300	1,8	90	207	47,61
17:00	20	15	15	16 500	0,30	18,0	4 950	1,8	90	446	102,47
17:30	30	25	20	25 500	0,40	24,0	10 000	1,8	90	900	207,00
18:00	40	40	25	35 500	0,40	24,0	14 200	1,8	90	1 278	293,94
18:30	60	55	40	52 000	0,50	30,0	26 000	1,8	90	2 340	538,20
19:00	80	55	20	52 000	0,40	24,0	20 800	1,6	80	1 664	382,72
19:30	60	45	20	42 000	0,30	18,0	1 600	1,4	70	882	202,86
20:00	40	35	20	32 000	0,20	12,0	6 400	1,2	60	384	88,32
20:30	10	15	10	12 000	0,20	12,0	2 400	1	50	120	27,60
21:00	5	0	10	4 500	0,10	6,0	450	1	50	23	5,18
ВСЕГО А	Радиальные направления	Бульварное кольцо	Шоссе А 86	598 000			207 535			16 789	3 862
Прочие направления (Иль-де-Франс, дороги госуд., департаментского значения)					В процентах от ВСЕГО А			60%		Млн. франков	2 317
ДТП, непредвиденные события					В процентах от ВСЕГО А			10%		Млн. франков	386
Стоимость времени ежегодно теряемая в рабочие дни					230 дней					Млн. франков	6 565
Стоимость времени, теряемого в праздники и в выходные дни					135 дней			22% от бшего кол. раб. дней		Млн. франков	1 427
ГОДОВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКМЕ ИЗДЕРЖКИ (ВСЕГО С ОКРУГЛЕНИЕМ)										Млн. франков	8 000