

УДК 656.13.08

А. В. Косолапов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ НА СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДВИЖЕНИЯ ПО УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Усовершенствованные системы информационного обеспечения участников дорожного движения (СИО) (например, на основе Интернета) обеспечивают водителя, передвигающегося по городу, оценками времен движения, основанными на текущей загрузке дорог. Обзор исследований, проведенных в США, указывает, что большинство пользователей СИО удовлетворено этими системами как потребители, которые чувствуют, что они, используя информационные услуги на регулярной основе, экономят время, выделяемое на поездку. Однако, во многих натурных экспериментах и имитационных моделях пользователи СИО получают небольшое или даже не получают фактически никакого сокращения их времени движения. Поэтому вполне обоснованно был разработан инновационный аналитический метод (моделируемое изучение принудительных поездок), развитый компанией Mitretek Systems [2], который применяет динамические методы программирования к архиву наблюдаемой загрузки дорог, чтобы определить количество регулярных воздействий СИО при использовании их водителями, передвигающимися по городу. Моделируемое изучение принудительных поездок включает моделирование сравнительных испытаний движения среди водителей с использованием и без использования СИО, проводимых на базе городских улично-дорожных сетей (УДС), используя информацию, полученную за время создания архивов данных. Время движения, так же как и надежность свое временной информации, было отслежено для каждого участника испытания моделируемых принудительных поездок.

В прошлое десятилетие многочисленные СИО участников дорожного движения были развернуты в США для систем городских улиц. Эти типичные услуги на основе Интернета предназначены для того, чтобы передавать сообщения или советы водителям непосредственно перед началом поездки, учитывая оценку времени движения при поездке, основанную на текущей или предполагаемой загрузке сети. В некоторых случаях времена движения непосредственно рассчитывались для предполагаемого водителя; в других случаях водитель должен косвенно оценить время движения, основанное на комбинации сообщений о ДТП, преобладающих скоростях на дороге и его собственном опыте. До 1990-х годов информационные услуги водителям на основе Интернета были фактически неизвестны. Ныне это в соответствии с программой развертывания интеллектуальных транспортных систем (ИТС) становится более возможным.

Попытки определить выгоды, которые водитель получил бы от использования развернутой СИО, к настоящему времени сконцентрировались на измерении времен движения с и без использования СИО. Методы анализа, применяемые в этом направлении, могут быть разделены на две большие категории: натурные эксперименты, использующие спаренные испытания движения («изучение принужденных водителей») и изучения моделирования движения на уровне транспортного коридора. В изучении принужденных водителей двум субъектам натурного изучения предписано одновременно двигаться от одной точки сети к другой и сообщать опытное время дви-

жения. Экспериментальному субъекту, в отличие от контрольного, позволяют консультироваться с СИО при выборе маршрута. Изучение моделирования на уровне транспортного коридора включает в себя применение сложных моделей транспортных потоков, наиболее типичных для микромоделей движения, к коридору городской улично-дорожной сети. Никакого реального натурного изучения при этом не проводится, но тысячи моделируемых автомобилей посекундно отслеживаются и осуществляется навигация по сети, используя различные допущения для пользователей СИО и водителей, не использующих СИО.

Mitretek Systems предложил процесс HOWLATE (Heuristic On-line Web-Linked Arrival Time Estimator - эвристический в режиме реального времени (интерактивный) связанный с дорожной сетью измеритель времени прибытия), который применяет динамические методы программирования к архивированным наблюдаемым данным времен движения по УДС, чтобы определить эффективность СИО при использовании ею городскими жителями.

Чтобы определить выгоды, обеспечивающие надежность поездки, от включения использования СИО в постоянный арсенал водителя, в методе HOWLATE используется понятие моделируемого изучения принудительных поездок. Эта новая аналитическая техника влечет за собой эффективную реконструкцию гипотетических парных испытаний движения, используя архив времен движения по дорогам. Подразумевается, что пары водителей (с и без использования СИО) являются спаренными в том смысле, что

они оба совершают регулярные поездки в одно и то же время дня с установленным целевым временем прибытия в то же самое место назначения. Региональный архив времени движения по дорогам компилируется при помощи автоматизированного процесса, который сбрасывает информацию о движении с Web-сайта поставщика этих услуг каждые пять минут и производит запись измеренных времен движения по перегонам

сети. Этот архив обеспечивает не только оценки времени движения по перегонам сети, наблюдавшегося в течение изученного периода, но и отмечает то, что было известно о текущих состояниях заторов при движении во время, когда любая поездка по сети была начата в любой отдельно взятый день.

Моделируемое изучение принудительных поездок состоит из двух этапов. На первом этапе путь движения и выбор

времени отправления установлены для двух водителей: того, кто использует СИО и того, кто не использует СИО, но полагается на предшествующий опыт движения по сети. На втором этапе времена движения и соблюдение времени для каждого водителя восстанавливаются на основании выбора времени поездки и маршрутов, выбранных на первом этапе.

Базируясь на предшествующем опыте, водитель, не

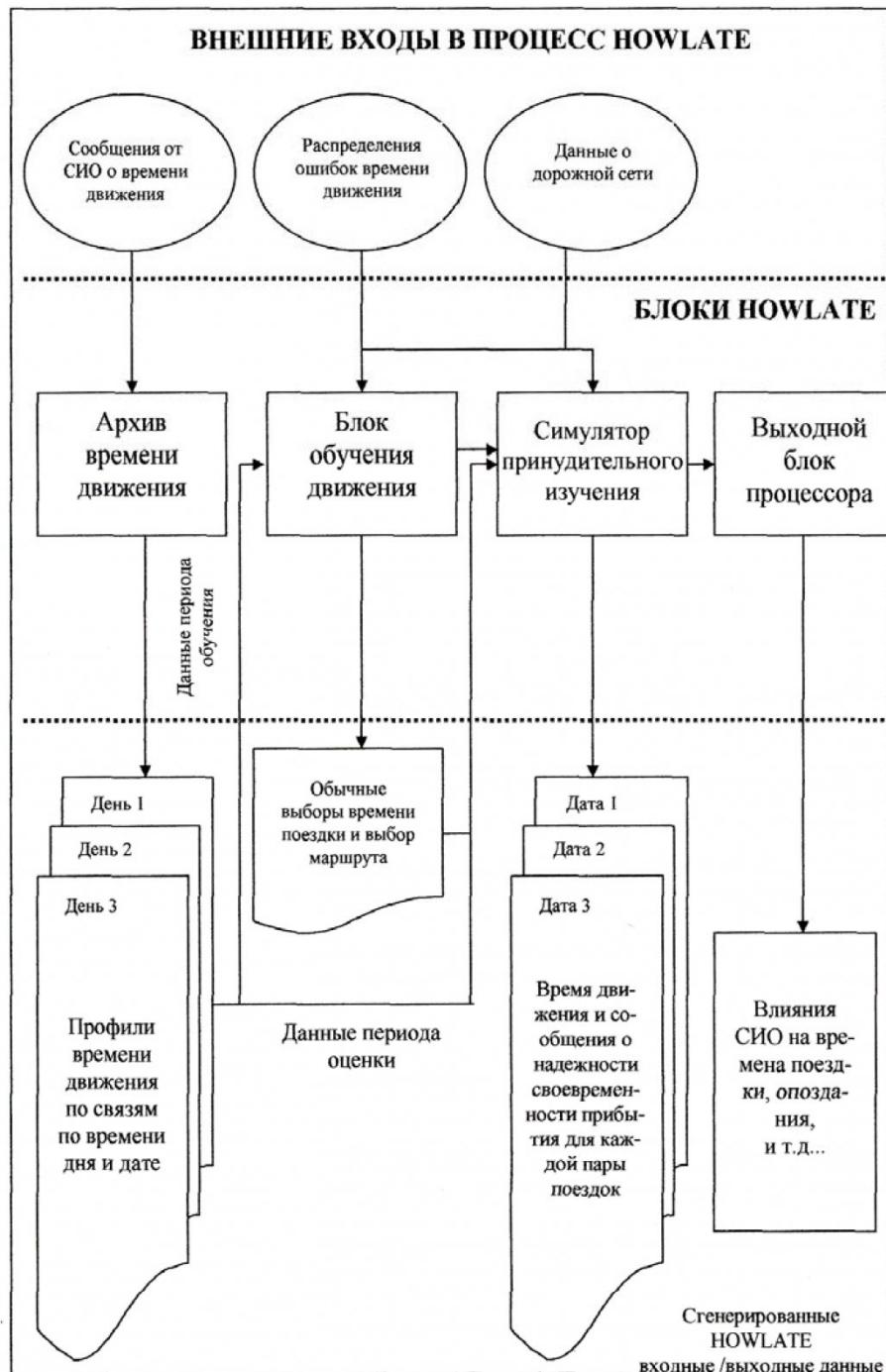


Рис.1. Обзор метода HOWLATE

использующий СИО, уже имеет оценки средних времен движения по сети в течение регулярных поездок и выбирает самый быстрый вариант в качестве обычного маршрута. Такой водитель затем предусматривает дополнительное время, чтобы компенсировать ожидаемую ежедневную изменчивость времени движения, для установления времени начала обычной поездки.

Пользователь СИО полагается на оценки реального времени движения, обеспеченные поставщиком дорожной информации, а не на прошлом опыте. В отличие от первых водителей, пользователи СИО могут приспособить их выбор времени поездки и выбор маршрута к базе данных.

Моделируемые изучения принудительных поездок проводились с пользователями СИО и двумя типами водителей, не использующих СИО. Первый тип водителей, не использующих СИО, считался *консервативным* относительно надежности в режиме реального времени и выбирал обычное время начала поездки с большим дополнительным запасом времени для компенсации ожидаемой изменчивости времени поездки. Второй тип водителей, не использующих СИО, считался *агрессивным* и выбирал время начала поездки позднее обычного. *Оптимальная* поездка определяется нахождением маршрута и времени отправления при ее завершении точно вовремя по самому быстрому маршруту из возможных.

Использование целевого времени прибытия учитывает *количественные меры надежности*, которые можно определить и проследить наряду со временем движения:

- информационные воздействия в режиме реального времени,
- риск опоздания,
- раннее прибытие (время, потраченное впустую, из-за слишком раннего прибытия),

- позднее прибытие (общее количество накопленных опозданий).

Методология HOWLATE (рис. 1) соединяет необходимые данные для реализации и анализа крупномасштабных моделируемых исследований принудительных поездок. Первый блок – архив времени движения по сети, применяемое программное обеспечение, которое контролирует сообщения о времени движения по перегонам от СИО через Интернет и сохраняет их в памяти через пятиминутные интервалы. Основной подход, требуемый для моделируемых исследований принудительных поездок, заключается в определении статистического распределения ошибки между сообщениями от СИО о времени движения и наблюдаемым временем движения.

Чтобы провести моделируемое изучение принудительных поездок, обычное время начала поездки и выбор маршрута должны быть определены для водителей, не пользующихся СИО. Для облегчения идентификации времени начала обычной поездки и выбора обычного маршрута, архив СИО времени движения разделяется на два периода: обучение и оценка. Период обучения представляет период времени, в который у водителей, не пользующихся СИО, выявляют моменты выбора обычных поездок, при которых достигается предел надежности целевого времени. Это смоделировано в блоке обучения движения, получением одной реализации («профиль фактического дня») для каждого дня в периоде обучения. Средние значения времен движения по сети в пятиминутные интервалы получены для всех дней в периоде обучения, используя профили фактического дня. Самые быстрые пути по среднему времени движения отобраны как обычные маршруты для водителей, не пользующихся СИО. Использование среднего времени движения для определения выбора

обычного маршрута является простым и в вычислительном отношении эффективно.

Изменчивость времени движения для каждого обычного пути оценивается вычислением изменчивости времени движения по всем дням в периоде обучения. Время обычного начала поездки определено вычитанием среднего обычного времени в пути из целевого времени прибытия в пункт назначения и затем вычитанием дополнительного буфера времени, пропорционального сумме изменчивости времени движения. Размер буфера вычисляется согласно предположению, что ежедневное изменение во времени движения в период обучения распределено по нормальному закону. Водители, очень заинтересованные в исключении позднего прибытия, выбирают большие буфера времени, чтобы достичь более высокой вероятности прибытия вовремя. Таким образом, консервативный водитель с требованием надежности прибытия вовремя в 95 % имеет больший буфер времени для компенсации изменчивости, чем агрессивный водитель с требованием надежности прибытия вовремя в 80 %.

HOWLATE [2] использует два различных по времени быстрых алгоритма вычисления пути: *обратное* время и *прямое* время. *Обратное* время определяет самые быстрые пути из всех вершин в сети к частной вершине назначения и обозначается ' $D(d, \tau, c_l(t))$ ', где d - вершина назначения, τ - целевое время прибытия и $c_l(t)$ - набор времен движения по перегонам сети. (Здесь и далее в качестве обозначений приняты общепринятые переменные [1, 3].)

Прямое время по самому быстрому пути из вершины отправления до вершины назначения обозначается $D'(o, d, t^0, c_l(t))$, где o - вершина отправления, t^0 - время начала поездки.

В дополнение к программам быстрых путей другим повторным действием является

расчет затрат на прямой проезд, использующиеся для подсчета стоимости пути. Эта процедура не оптимизирует - она просто учетная процедура, которая следует по выбранному пути и обозначается $T'(P_{0,d}, t^0, c_l(t^0))$, где $P_{0,d}$ является путем от места отправления до места назначения поездки, t^0 - время начала поездки и $c_l(t)$ - набор времен движения по перегонам сети.

Определим сеть L как набор односторонних дуг, связывающих две вершины, $l:(a,b)$. Каждая связь l характеризуется типом дороги f_l , пределом загрузки ξ_l и длиной связи в километрах σ_l . Из распределений ошибки времени движения получим среднюю ошибку классификации типа дороги (местная, магистральная и т.д.), уровень загрузки дороги (загруженная или незагруженная) μ_f^k и коэффициент вариации для ошибки классификации типа и уровня загрузки σ_f^k .

Из архива времени движения по сети определим оценку СИО времени движения для каждой связи $l \in L$, $c_l^k(t)$, где $k=1, 2, 3, \dots, N$ в периоде обучения N дней и $t=0, 1, 2, \dots, T$ - ряд пятиминутных интервалов времени в день k . Заметим, что $c_l^k(t)$ определяется как время движения для проезда связи l , когда проезд по дуге начинается во время t .

Применим рандомизацию по методу Монте-Карло, используя $c_l^k(t)$, основанную на гипотезе нормально распределенной ошибки с параметрами μ_f^k и σ_f^k , чтобы получить единственную реализацию фактического времени движения $\hat{c}_l^k(t) - \forall l \in L$, где $k = 1, 2, 3, \dots, N$ и $t=1, 2, \dots, T$. Времена движения по связям сообщаются в секундах и времена движения между пунктами пятиминутной решетки рассчитываются, используя линейную интерполяцию. Заметим что, рандомиза-

ция применяется независимо для каждого дня, связи и интервала времени. Контроль выполняется, чтобы удостовериться, что рандомизация не нарушает последовательность «первым прибыл - первым убыл», то есть положение, в котором поздний проезд по связи привел бы к более раннему прибытию в следующую вершину. Последовательность проверяется и устанавливается, используя уравнение (1):

если $\hat{c}_l^k(t) - \hat{c}_l^k(t+1) > 300$, то принимаем

$$\hat{c}_l^k(t+1) = \hat{c}_l^k(t) - 300 \quad (1)$$

Затем определяем средние фактические времена движения по связям в течение периода обучения для каждой связи $l \in L$:

$$\hat{c}_l(t) = \frac{\sum \hat{c}_l^k(t)}{N} \quad (2)$$

Для каждой вершины назначения d и целевого времени прибытия в место назначения τ , где $\tau = 1, 2, 3, \dots, \Psi$ рассчитывается матрица 15-ти минутных целевых времен прибытия в течение дня из d во время τ , использующих средние времена проезда по дуге, рассчитанные по уравнению (2). Это определяет средний самый быстрый путь $\bar{P}_{o,d,\tau}$ и опытное среднее время движения $\bar{p}_{o,d,\tau}^l$ для каждой комбинации вершины отправления o , вершины назначения d и целевого времени прибытия τ :

$$D(d, \tau, \hat{c}_l(t)) \rightarrow \bar{P}_{o,d,\tau}, \\ \bar{p}_{o,d,\tau}^l \forall o, d, \tau \quad (3)$$

Самый быстрый путь $\bar{P}_{o,d,\tau}$ рассматривается как обычный путь. Затем устанавливаем привычное время поездки при соблюдаемой изменчивости во времени движения по пути $\bar{P}_{o,d,\tau}$ в течение периода обучения. Для каждого дня k в

периоде обучения получаем проезд вперед по пути $\bar{P}_{o,d,\tau}$ за время $\tau - \bar{p}_{o,d,\tau}^l$, используя времена движения, чтобы получить $\bar{p}_{o,d,\tau}^k$ - время движения на обычном пути.

$$T'(\bar{P}_{o,d,\tau}, \tau - \bar{p}_{o,d,\tau}^l, \\ \hat{c}_l^k(t)) \rightarrow \bar{p}_{o,d,\tau}^k \forall o, d, \tau \quad (4)$$

Из векторного ряда $\{\bar{p}_{o,d,\tau}^k : k=1, 2, \dots, N\}$ вычисляем

$$\bar{p}_{o,d,\tau} - \text{среднее время}$$

движения по пути и $\bar{\sigma}_{o,d,\tau}^p$ - среднеквадратичное отклонение времени движения по обычному пути. Теперь можно вычислить обычное время начала поездки

$$t_{o,d,\tau}^0 \forall o, d, \tau.$$

$$t_{o,d,\tau}^0 = \tau - (\bar{p}_{o,d,\tau} + \bar{\sigma}_{o,d,\tau}^p) \quad (5)$$

Из архива времен движения по связям определяем оценку времени движения СИО для каждой связи $l \in L$, $\hat{c}_l^j(t)$, где $j=1, 2, 3, \dots, M$ в периоде оценки M дней. Заметим, что индекс j используется для того, чтобы обозначить дни в периоде оценки, в то время как индекс k - для дней в периоде обучения.

Используя ту же самую процедуру, как и в периоде обучения, применим рандомизацию по методу Монте-Карло к каждому $\hat{c}_l^j(t)$, чтобы получить единственную реализацию фактического времени движения для периода оценки $\hat{c}_l^j(t) \forall l \in L; j=1, 2, 3, \dots, M; t=1, 2, \dots, T$. Затем проезжаем обычными путями в обычное время начала поездки, обозначенные в блоке обучения как $\bar{P}_{o,d,\tau}$ и $t_{o,d,\tau}^0$

$$\forall o, d, \tau.$$

Для каждого дня j в периоде оценки и для каждого сочетания o, d, τ получим проезд вперед

$\bar{P}_{o,d,\tau}$ с момента времени $t_{o,d,\tau}^0$, используя фактические затраты времени при движении по дуге для дня j , чтобы определить опытное время движения водителей, не использующих СИО, на обычном пути $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$.

$$T'(\bar{P}_{o,d,\tau}, t_{o,d,\tau}^0, \hat{C}_l^j(t)) \rightarrow \hat{P}_{o,d,\tau}^j \quad (6)$$

При условии, что известно время начала поездки, целевое время прибытия и опытное время движения, можно определять, прибыл вовремя или нет водитель, не пользующийся СИО, т.е. $t_{o,d,\tau}^0 + \hat{P}_{o,d,\tau}^j > \tau$ и другие параметры.

Оптимальное движение по маршруту идентифицирует оптимальный путь $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$ и время движения $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$ в день j для всех сочетаний o, d, τ :

$$D(d, \tau, \hat{C}_l^j(t)) \rightarrow \hat{P}_{o,d,\tau}^j, \hat{P}_{o,d,\tau}^j \quad (7)$$

Заметим, что по определению, отправление в путь $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$ во время $\tau - \hat{P}_{o,d,\tau}^j$ приводит к своевременному прибытию в пункт назначения во время τ . Таким образом, оптимальность здесь относится к самому последнему возможному началу поездки по самому быстрому из возможных путей, которая приводит к своевременному прибытию в пункт назначения.

Для движения пользователя СИО должны быть определены параметры, которые определяют поведение пользователя СИО. Используя обычное время начала поездки $t_{o,d,\tau}^0$ как ссылку, определим в однотипных пятиминутных пунктах, в которых пользователь сначала консультируется с СИО до начала поездки $t_{o,d,\tau}^0 - e^-$. Максимальное

начало самой последней поездки относительно $t_{o,d,\tau}^0$ также определяется как $t_{o,d,\tau}^0 + e^+$. Предел небольших отклонений от маршрута определен как ε . Если текущий самый быстрый путь не является обычным путем, то пользователь СИО не будет отклоняться на новый путь, если это не приведет к экономиям времени движения по крайней мере на величину ε в сравнении с обычным путем.

Чтобы определить движение пользователя СИО, восстанавливаем архивные и фактические файлы времени движения по связям для сети в периоде оценки $C_l^j(t)$ и $\hat{C}_l^j(t)$, соответственно. Затем для каждого сочетания o, d, τ моделируем поведение пользователя СИО. Проверяется обслуживание СИО, происходящее в $t' - t_{o,d,\tau}^0 - e^-$. Текущий кандидат на самый быстрый путь получается, используя времена движения службы СИО, переданные в этот момент, т.е. рассчитываем прямое время самого быстрого пути, складывающего времена движения по связям, установленные в $t = t'$ (уравнение (8)). Кандидат на самый быстрый путь отмечается как $P_{o,d,\tau}^j$ с оценкой времени движения $P_{o,d,\tau}^j$.

$$D(o, d, \tau, C_l^j(t)) \rightarrow P_{o,d,\tau}^j, P_{o,d,\tau}^j \quad (8)$$

Пользователь СИО выясняет, приведет ли немедленное начало поездки к неприемлемо раннему прибытию в пункт назначения:

$$t' + P_{o,d,\tau}^j < \tau - \Delta \quad (9)$$

Здесь Δ обозначается как предел раннего прибытия.

Если уравнение (9) истинно и отсрочка начала поездки не превышает максимально позд-

нее начало $t' < t_{o,d,\tau}^0 + e^+$, то t' увеличивается до пяти минут и новый кандидат на самый быстрый путь выбирается, используя уравнение (8). Иначе, текущее время t' используется как время начала поездки $\tilde{t}_{o,d,\tau}^j = t'$.

Затем отправляемся вперед по обычному пути $\bar{P}_{o,d,\tau}$, используя затраты времени по дуге, установленные в $\tilde{t}_{o,d,\tau}^j$, для определения текущей оценки времени движения на обычном пути $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$:

$$T'(\bar{P}_{o,d,\tau}, \tilde{t}_{o,d,\tau}^j, \hat{C}_l^j(\tilde{t}_{o,d,\tau}^j)) \rightarrow \hat{P}_{o,d,\tau}^j \quad (10)$$

Затем проверяем, обеспечивает ли альтернативный маршрут достаточно небольшое время движения по сравнению с обычным путем, чтобы гарантировать отклонение:

$$\hat{P}_{o,d,\tau}^j - \dot{P}_{o,d,\tau}^j > \varepsilon \quad (11)$$

Если уравнение (11) является истинным, то вычисляем опыт пользователя СИО, основанный на допущении, что переключение с маршрута (отклонение) произошло. Иначе, принимаем, что пользователь СИО остается на обычном пути (никакого отклонения).

Случай 1. Примем, что индикатор переключения с маршрута перед поездкой $x_{o,d,\tau}^j = 1$ (отклонение произошло). Установим, что ожидаемое время движения перед поездкой

$\hat{P}_{o,d,\tau}^j = \dot{P}_{o,d,\tau}^j$. Продвинемся вперед по пути $\hat{P}_{o,d,\tau}^j$ при использовании различных по времени фактических стоимостей дуги для дня j при отъезде в $\tilde{t}_{o,d,\tau}^j$, чтобы получить опытное время движения для пользователя СИО $\tilde{P}_{o,d,\tau}^j$:

$$T'(\hat{P}_{o,d,\tau}^j, \tilde{t}_{o,d,\tau}^j, \hat{C}_l^j(t)) \rightarrow \tilde{P}_{o,d,\tau}^j \quad (12)$$

Случай 2. Примем, что индикатор переключения с маршрута перед поездкой $x_{o,d,\tau}^j = 0$ (отклонений нет). Установим, что ожидаемое время движения перед поездкой $\hat{P}_{o,d,\tau}^j = \tilde{P}_{o,d,\tau}^j$. Продвинемся вперед $\bar{P}_{o,d,\tau}$, при использовании различных по времени фактических стоимостей дуги для дня j при отъезде в $\tilde{t}_{o,d,\tau}^j$, чтобы получить опытное время движения для пользователя СИО $\tilde{P}_{o,d,\tau}^j$:

$$T'(\bar{P}_{o,d,\tau}, \tilde{t}_{o,d,\tau}^j, \hat{c}_l^j(t)) \rightarrow \tilde{P}_{o,d,\tau}^j \quad (13)$$

Для количественной оценки влияния СИО на снижение времени движения по перегонам УДС предлагаем применять следующие параметры эффективности.

Параметры надежности движения: надежность своевременного прибытия определяется как соотношение моделируемого изучения принудительных поездок в зависимости от того, какой тип пользователя достигает вершины назначения вовремя или раньше целевого времени прибытия. Пользователь СИО прибывает вовремя тогда, когда $\tau \geq \tilde{t}_{o,d,\tau}^j + \hat{P}_{o,d,\tau}^j$, а водитель, не пользующийся СИО, прибывает вовремя тогда,

когда $\tau \geq t_{o,d,\tau}^0 + \hat{P}_{o,d,\tau}^j$.

Своевременная надежность определяется как соотношение моделируемого изучения принудительных поездок в зависимости от того, какой тип пользователя достигает вершины назначения как вовремя, так и не более, чем на Δ минут ранее. Пользователь СИО прибывает вовремя, когда $0 \leq \tau - \tilde{t}_{o,d,\tau}^j + \tilde{P}_{o,d,\tau}^j \leq \Delta$. Водитель, не пользующийся СИО, прибывает вовремя, когда

$$0 \leq \tau - t_{o,d,\tau}^0 + \hat{P}_{o,d,\tau}^j \leq \Delta.$$

Задержка определяется как разность между фактическим прибытием в пункт назначения и целевым временем прибытия, т.е. $\tilde{t}_{o,d,\tau}^j + \tilde{P}_{o,d,\tau}^j - \tau$ (для пользователя СИО) или $t_{o,d,\tau}^0 + \hat{P}_{o,d,\tau}^j - \tau$ (для водителя, не пользующегося СИО). Если задержка по сравнению с графиком отрицательная, то она называется ранней задержкой. Если она положительная, то она называется поздней задержкой.

Предсказуемость движения: степень риска опоздания определяется как процент поездок, перед началом которых ожидается своевременное прибытие, от поездок, закончившихся прибытием в вершину назначения позже целевого времени прибытия (с опозданием).

ем). Риск опоздания определяется как $\tau > \tilde{t}_{o,d,\tau}^j + \hat{P}_{o,d,\tau}^j$, но $\tau < \tilde{t}_{o,d,\tau}^j + \hat{P}_{o,d,\tau}^j$ для пользователей СИО и $\tau > t_{o,d,\tau}^0 + \hat{P}_{o,d,\tau}^j$ для водителей, не пользующихся СИО, (которые всегда ожидают прибыть вовремя).

Параметры энергетических критерии для оценки условий движения в условиях применения ИТС: времена движения в автомобиле и параметры дальности поездки устанавливаются для каждого моделируемого изучения принудительных поездок [4].

Традиционный анализ соотношения «затраты/доходы» при поездках направлен прежде всего на денежное измерение времени движения. Поэтому, если развертывание СИО оценивается только по экономии времени поездки, то выгоды от СИО будут, вероятно, чрезвычайно недооценены. Пользователи СИО получают повышенную надежность поездки и эта выгода может быть определена количественно через моделируемые изучения принудительных поездок. Ценность надежности своевременного прибытия определяется не легко и непосредственно не выражается в денежном эквиваленте, но становится ясным, что многие типы водителей могут извлечь выгоду из СИО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением/ Под ред. М.Я. Блинкина: Пер. с англ. М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
2. Wunderlich K.E., Hardy M.H., Larkin J.J., Shah V.P. On-Time Reliability Impacts of Advanced Traveler Information Services (ATIS). Final report. January 2001. Mitretek Systems. McLean, Virginia – 69 р.
3. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
4. Зырянов В.В. Критерии оценки условий движения и модели транспортных потоков. – Кемерово: Кузбасский политехнический институт, 1993. – 164 с.

□ Автор статьи:

Косолапов
Андрей Валентинович
- канд. техн. наук, доц. каф. «Автомобильные перевозки»