

УДК 656.021, 656.027

Полтавская Юлия Олеговна,
к.т.н., старший преподаватель кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА МАРШРУТЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕМУ ВЫБОРКИ

Poltavskaya Y.O.

METHODS OF TEST VEHICLE TRAVEL TIME DATA COLLECTION TECHNIQUES ON A ROUTE AND REQUIREMENTS TO THE SAMPLE SIZES

Аннотация. В статье описаны методы сбора данных о продолжительности движения с помощью испытательного транспортного средства, приведена их сравнительная характеристика. Рассмотрены требования к объемам выборки значений продолжительности движения, которые основываются на значениях следующих параметров: критерий Стьюдента (или нормальное распределение), коэффициент вариации и относительная погрешность.

Ключевые слова: продолжительность движения, датчик измерения расстояния, глобальная навигационная система, минимальный объем выборки.

Abstract. The article describes the methods of travel time data collection techniques using a test vehicle, their comparative characteristics are given. The requirements for the volume of the sample values of the travel time, which are based on the values of the following parameters: Student's criterion (or normal distribution), coefficient of variation and relative error are considered.

Keywords: travel time, distance measuring instrument, global positioning system, minimum sample sizes.

Технология испытательного транспортного средства для сбора данных о продолжительности движения использовалась с конца 1920-х годов. Традиционно этот метод связан с использованием транспортного средства для сбора данных, в котором наблюдатель регистрирует время движения на определенных контрольных точках маршрута поездки. Затем данная информация преобразуется в общую продолжительность движения, скорость и задержку для каждого сегмента маршрута обследования. Существует несколько различных методов для сбора данных такого типа в зависимости от инструментария, используемого в транспортном средстве. В том случае, когда транспортные средства оснащают бортовым оборудованием и целенаправленно направляют для сбора данных о времени поездки, их называют «активными» испытательными транспортными средствами. И наоборот, «пассивные» транспортные средства - это те, которые уже находятся в потоке транспортных средств для целей, отличных от сбора данных.

Таким образом, выделяют следующие методы сбора данных о продолжительности движения с помощью испытательного транспортного средства [1]:

- ручная запись пройденного времени на определенных контрольных точках маршрута с использованием учетчика-пассажира в испытательном автомобиле;
- с помощью датчика измерения расстояния (distance measuring instrument, DMI) - определение продолжительности движения на основе информации о скорости и расстоянии, предоставляемой электронным датчиком, подключенным к испытательному транспортному средству;
- на основе глобальной системы определения местоположения (Global positioning system, GPS) - определяет местоположение и скорость транспортного средства с помощью сигналов из системы спутников на орбите.

На протяжении продолжительного периода ручной метод был наиболее часто используемым методом сбора данных о продолжительности движения. Этот метод требует, чтобы водитель и учетчик-пассажир находились в испытательном автомобиле. Водитель управляет транспортным средством, в то время как учетчик фиксирует информацию о времени прохождения определенных контрольных точек маршрута. Технология автоматизации ручного метода, основанная на использовании электронного датчика измерения расстояния: датчик под-

ключается к портативному компьютеру в испытательном автомобиле и получает импульсы через заданные интервалы времени от транспортного средства. Затем на основе этих импульсов определяется информация о расстоянии и скорости пройденных отрезков пути.

Глобальная навигационная система определения местоположения стала последней технологией, которая будет использоваться для сбора данных о продолжительности движения. GPS-приемник подключен к портативному компьютеру и собирает информацию о широте и долготе, которая позволяет отслеживать тестовый автомобиль, а также направление и скорость его движения.

Так как водитель тестового автомобиля является членом команды сбора данных, стили и поведение вождения могут контролироваться в соответствии с желаемым поведением вождения. Ниже приведены три общих стиля вождения транспортных средств [2]:

- «средний» автомобиль - транспортное средство движется со средней скоростью транспортного потока в соответствии с оценкой водителя;

- «плавающий» автомобиль - водитель движется в общем транспортном потоке, пытаясь безопасно обогнать столько транспортных средств, сколько в свою очередь обгоняет испытательное транспортное средство;

- «максимальный» автомобиль - испытательный автомобиль движется с установленным пределом скорости, если это не затруднено фактическими условиями движения или соображениями безопасности.

Стиль вождения «плавающий» наиболее часто упоминается в литературе [3, 4, 5].

На практике, однако, применяется чаще всего совокупность первых двух стилей вождения из-за присущих им трудностей отслеживания пройденных и проходящих транспортных средств в условиях большого объема движения.

Методы сбора данных о продолжительности движения имеют следующие преимущества:

- обеспечивают определение стилей вождения (например, «плавающий автомобиль»), который способствует последовательному сбору данных;

- применение усовершенствованных методов (например, использование датчика измерения расстояния или GPS) обуславливает получение подробных данных, которые охватывают весь период и маршрут исследования;

- относительно низкая начальная стоимость.

К недостаткам методов можно отнести следующие:

- человеческий фактор возникновения ошибки;

- подробные методы сбора данных (например, каждая секунда) могут затруднять хранение данных;

- оценка продолжительности движения на маршруте основана только на одном транспортном средстве, которое находится в потоке трафика.

Подробные преимущества и недостатки контрольно-измерительной аппаратуры для технологии испытательного транспортного средства приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Сравнение методов сбора данных о продолжительности движения транспортного средства на маршруте

Метод сбора данных	Уровень реализации параметра				
	Точность данных	Сжатие данных	Детализация данных	Автоматизация процесса	Стоимость сбора данных
1. Ручная запись	низкий	средний	низкий	низкий	средний
2. На основе датчика измерения расстояния	средний	низкий	высокий	высокий	высокий
3. С применением глобальной системы определения местоположения	высокий	высокий	высокий	высокий	высокий

Требования к объему выборки значений продолжительности движения определяют количество поездок по маршруту, которые должны выполняться для исследуемо-

го участка улично-дорожной сети в течение определенного периода времени [6, 7]. Определение минимальных размеров выборки или минимального количества поездок га-

рантирует, что среднее время продолжительности движения, полученное от испытательного транспортного средства, находится в пределах определенного диапазона погрешности действительной продолжительности движения. Стандартное уравнение определения объема выборки n представлено ниже (формула (1)):

$$n = \left(\frac{t \cdot S}{\varepsilon} \right)^2 \quad (1)$$

где t – значение критерия Стьюдента при выбранном уровне значимости; S – стандартное отклонение продолжительности движения; ε – максимальная заданная допустимая ошибка.

Используя формулы (2), (3) определения коэффициента вариации CV и относительной погрешности e , выражение (4) выведено для использования специалистами-практиками при вычислении размеров выборки для количества поездок испытательного транспортного средства.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \quad (2)$$

где \bar{x} – среднее значение продолжительности движения.

$$e = \frac{\varepsilon}{\bar{x}} \quad (3)$$

$$n = \left(\frac{t \cdot S}{\varepsilon} \right)^2 = \left(\frac{t \cdot (CV \cdot \bar{x})}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{t \cdot CV}{e} \right)^2 \quad (4)$$

Если размер выборки превышает 30 значений, то вместо критерия Стьюдента может быть использовано z -нормальное распределение:

$$n = \left(\frac{z \cdot CV}{e} \right)^2 \quad (5)$$

Как отражено в формулах, минимальный объем выборки количества поездок базируется на трех основных параметрах:

- значение распределения критерия Стьюдента для степеней свободы $n-1$;
- коэффициент вариации – относительная изменчивость продолжительности движения, выраженная в процентах (%). Значения могут быть рассчитаны по эмпирическим данным с использованием уравнения (2), или могут быть использованы из других исследований (приблизительные значения от 9 до 17 %);
- относительная допустимая погрешность оценки продолжительности движения, выраженная в процентах (%), составляет от ± 5 до ± 10 % [1].

Значение коэффициента вариации продолжительности движения будет варьироваться в зависимости от характеристик улично-дорожной сети (количество дорожных примыканий, наличие нерегулируемых пешеходных переходов, количество полос для движения). Исследования авторов Bergy D.S. и Green F.H. [8] позволили получить значения коэффициента вариации для городских улиц в диапазоне от 9 до 16 %. В последующих исследованиях были определены коэффициенты вариации 5 – 17 % [2]. Эмпирические результаты исследования автора May A.D. [9] показали, что разброс значений коэффициента вариации составляет от 8 до 17 %, поэтому минимальные размеры выборки или количество поездок можно рассчитать, используя уравнение (4). В таблицах 2 и 3 отражены минимальные размеры выборок для соответствующих уровней достоверности и допустимой относительной погрешности.

Таблица 2 – Среднее значение коэффициента вариации и минимальный объем выборки для автомагистралей

Интенсивность движения, авт/сутки	Среднее значение коэффициента вариации, %	Минимальный объем выборки		
		90%-ный уровень значимости, ± 10 % относительная погрешность	95%-ный уровень значимости, ± 10 % относительная погрешность	95%-ный уровень значимости, ± 5 % относительная погрешность
Менее 15 000	9	5	6	15
15 000 – 20 000	11	6	8	21
Более 20 000	17	10	14	47

Таблица 3 – Среднее значение коэффициента вариации и минимальный объем выборки для городских улиц

Плотность светофорных объектов, кол-во ед. на 1 км	Среднее значение коэффициента вариации, %	Минимальный объем выборки		
		90%-ный уровень значимости, $\pm 10\%$ относительная погрешность	95%-ный уровень значимости, $\pm 10\%$ относительная погрешность	95%-ный уровень значимости, $\pm 5\%$ относительная погрешность
Менее 3	9	5	6	15
3 – 6	12	6	8	25
Более 6	15	9	12	37

Одной из основных проблем предлагаемого подхода к определению диапазонов для расчета размеров выборки относят невозможность точно спланировать сбор данных о продолжительности движения, поскольку необходимые размеры выборки

(рассчитанные с использованием диапазона) неизвестны до тех пор, пока сбор данных не начнется. Кроме того, стоит учесть тот факт, что размер выборки должен быть заранее определен и контролироваться исполнителем проекта в ходе выполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Turner, S.M., Travel time data collection handbook / Turner, S.M., Eisele, W.L., Benz, R.J., Holdener, D.J. // Texas Transportation Institute. Research Report 07470-1F, 1998. – 341 p.
2. Robertson, H.D. Manual of Transportation Engineering Studies // Institute of Transportation Engineers, Washington, DC, 1994.
3. Румянцев, Е.А. Изучение состояния городской транспортной системы в критических ситуациях на примере модели с «плавающим» автомобилем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – ИрГУПС, 2012. – №2 (34). – С. 159-162.
4. Полтавская, Ю.О. Прогнозирование характеристик маршрута городского общественного пассажирского транспорта на основе данных треков автомобиля-лаборатории // Вестник ИрГТУ №2 (21), 2017. – С.190-198.
5. Крысин, С.Н., Бородин, Д.А., Косолапов, А.В. Адаптация метода «плавающего автомобиля» на основе использования данных спутниковой навигации городского пассажирского транспорта // В сборнике: Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Ответственный редактор Костюк С. Г., 2017. – С. 31010.
6. Полтавская, Ю.О. Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий / Полтавская Ю.О., Крипак М.Н., Гозбенко В.Е. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 155-161.
7. Lomax, T. Selecting travel time reliability measures / Lomax, T., Schrank, D., Turner, S., Margiotta, R. // Texas Transportation Institute and Cambridge Systematics Inc., May 2003. – 43 p.
8. Berry, D.S., Green F.H. Techniques for Measuring Over-All Speeds in Urban Areas // Proceedings. Highway Research Board, National Research Council, Volume 28, 1949, pp. 311-318.
9. May, A.D. Traffic Flow Fundamentals. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 2000.