

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ЕЗДОВЫХ ЦИКЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ

А. В. Маняшин

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

RESEARCH METHODOLOGY FOR URBAN VEHICLE DRIVING CYCLES

Alexander V. Manyashin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Ездовые циклы, представляющие, как правило, зависимость скорости от текущего времени, широко используются для оценки эксплуатационных характеристик автомобильного транспорта, в частности, топливной экономичности вновь выпускаемых и уже эксплуатируемых автомобилей, а также их экологичности. Расход топлива в городском и смешанном циклах является важнейшей характеристикой автомобиля. Этот показатель дает объективную оценку экономичности транспортного средства, но при условии, что применяемый при его определении эталонный цикл соответствует реальным условиям эксплуатации. В статье рассмотрена проблема установления характеристик типичного ездового цикла на основе реальных скоростных профилей автомобилей, полученных в результате ГНСС-мониторинга.

Abstract. Driving cycles are represented, as a rule, the dependence of speed on the current time, and they are widely used to assess the operational characteristics of road transport, in particular, the fuel efficiency of newly produced and already operated vehicles, as well as their environmental friendliness. Fuel consumption in the urban and mixed cycles is the most important characteristic of the car. This indicator gives an objective assessment of the vehicle's efficiency, but provided that the reference cycle used in its determination corresponds to the real operating conditions. The article considers the problem of determining the characteristics of a typical driving cycle based on the real speed profiles of vehicles obtained as a result of GNSS (Global Navigation Satellite Systems) monitoring.

Ключевые слова: ездовые циклы, спутниковый мониторинг, обучаемые нейронные сети

Key words: driving cycles, satellite monitoring, trainable neural networks

Введение

Одним из ключевых факторов при выборе той или иной марки и модели автомобиля является расход топлива. Однако производители транспортных средств указывают в паспорте показатели, заведомо недостижимые в реальной эксплуатации. Отчасти это связано с использованием при заводских испытаниях ездовых циклов, не отражающих действительный скоростной режим в соответствующих (типичных) условиях. Особенно это касается городских условий. Понятно, что даже в условиях одной страны дорожная обстановка в городах, сопоставимых по площади и плотности населения, протяженности дорожной сети, будет существенно отличаться, не говоря уже о различии в средней скорости движения и длительности различных его фаз (разгона, движения с установленной скоростью, торможения и остановки в мегаполисах и небольших населенных пунктах). В этих обстоятельствах найти типичный ездовой цикл, наиболее адекватно отражающий преобладающие скоростные профили автомобилей, например, в городских условиях, является сложной задачей.

В мировой практике используются стандартизованные, то есть официально утвержденные для испытаний автомобилей на топливную экономичность шаблоны скоростного профиля. Как правило, такие циклы бывают модальными и немодальными. Из числа первых наиболее известны японские циклы 10-15 Mode и JC08, европейские NEDC, MNEDC, WLTP. К наиболее известным немодальным относятся FTP-75 (США) и Nuzem (Евросоюз). Модальные ездовые циклы отличаются значительной продолжительностью фаз с постоянной скоростью, в то время как немодальные практически полностью состоят из переходных режимов (разгон, ускорение) [1, 2].

Существуют два основных метода получения ездовых циклов: непосредственная запись изменения скорости при движении по репрезентативной дорожной сети и синтез цикла на основе обработки статистических данных о скоростных профилях автомобилей в типичных условиях эксплуатации, например, в городе. Первый способ

проще, но отличается высокой погрешностью при использовании его как стандартного. Синтез типичного цикла теоретическим путем сопряжен с обработкой огромного массива данных, а самое главное – трудоемкими испытаниями на тестовых участках дорожной сети. Организация таких испытаний требует помимо специально оборудованных транспортных средств соблюдения ряда ограничений, например, соответствующей квалификации водителей и регламентации алгоритма управления автомобилем.

Понятно, что получение синтетических типичных ездовых циклов – это длительный процесс, и зачастую полученный в результате шаблон изменения скорости уже не соответствует изменившимся дорожным условиям. Например, до сих пор используемый европейский цикл NEDC был разработан в 80-е годы прошлого века.

Тем не менее, потребность в адекватных типичных ездовых циклах, полученных на основе статистических данных за приемлемое время, сохраняется. Для решения проблемы длительных экспериментальных исследований можно использовать актуальные базы данных спутникового онлайн-мониторинга, который получил широчайшее распространение во всем мире [3–9].

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования в данной работе выступает скоростной профиль транспортных средств. Предметом является скоростной профиль, полученный средствами ГНСС-мониторинга. В работе применяется обучаемая нейронная сеть прямого распространения.

Экспериментальная часть

В качестве статистического материала для синтеза ездового цикла на базе отчетов о скорости движения, формируемых всеми серверами систем мониторинга, пригодны лишь те, где установлен достаточно малый период обновления. Но даже скоростные профили, полученные с минимальной на данный момент периодичностью обновления скорости в одну секунду, требуют предварительной обработки. Это связано с тем, что значения скорости рассчитываются

системой ГНСС на основе полученных со спутника координат и дают значительную локальную погрешность (рис. 1), причем она может быть как положительной, так и отрицательной. На рисунке видны скачки вычисленных значений скорости относительно предполагаемых реальных. Таким образом, необходимо сглаживание численных значений. Для этого можно использовать огрубление данных с помощью средств спектрального анализа данных, например, Вейвлет-преобразования (рис. 2). Аппроксимация данных ГНСС-мониторинга с заданной детализацией позволяет сгладить выбросы по всему полю скоростного профиля.

Для многомерной обработки всего массива данных реальных ездовых циклов целесообразно выделение отдельных фаз движения с заданными характеристиками. Это позволит в дальнейшем применить кластерный анализ и фактически определить оценки наиболее «ближних» фаз, а отдельные кластеры послужат основой для дизайна будущего синтетического цикла. Окончательное выстраивание полученных кластеров – фаз движения – осуществляется с помощью цепей Маркова.

Выделение в анализируемом скоростном профиле отдельных фаз движения и их характеристик основано на теории распознавания

образов. Однако использование методов классификации и идентификации затрудняется «зашумленностью» данных. Поэтому, по мнению автора, для этой цели целесообразно использовать обучаемую нейросеть. Нейронная сеть прямого распространения может быть спроектирована и обучена в программе моделирования Stamm (рис. 3) [10, 11].

Чтобы можно было использовать нейросеть для выделения отдельных фаз движения из скоростного профиля по данным отчета ГНСС-мониторинга, необходимо выполнить ее обучение на эталонном скоростном профиле, причем его данные должны иметь такие же флуктуации скорости, что и статистический материал. С этой целью автор использовал доработанный GPS-Глонасс трекер StarLine M15. Доработка заключалась в добавлении входа для питания устройства от бортовой сети автомобиля и установке преобразователя напряжения в корпус прикуривателя. Эксперимент заключался в воспроизведении циклов с заданными характеристиками и записи данных на сервере мониторинга. Марка и модель автомобиля в этом случае не имеют никакого значения. Данные, полученные таким образом после добавления к ним характеристик фаз движения, служат основой обучающей выборки для нейронной сети.

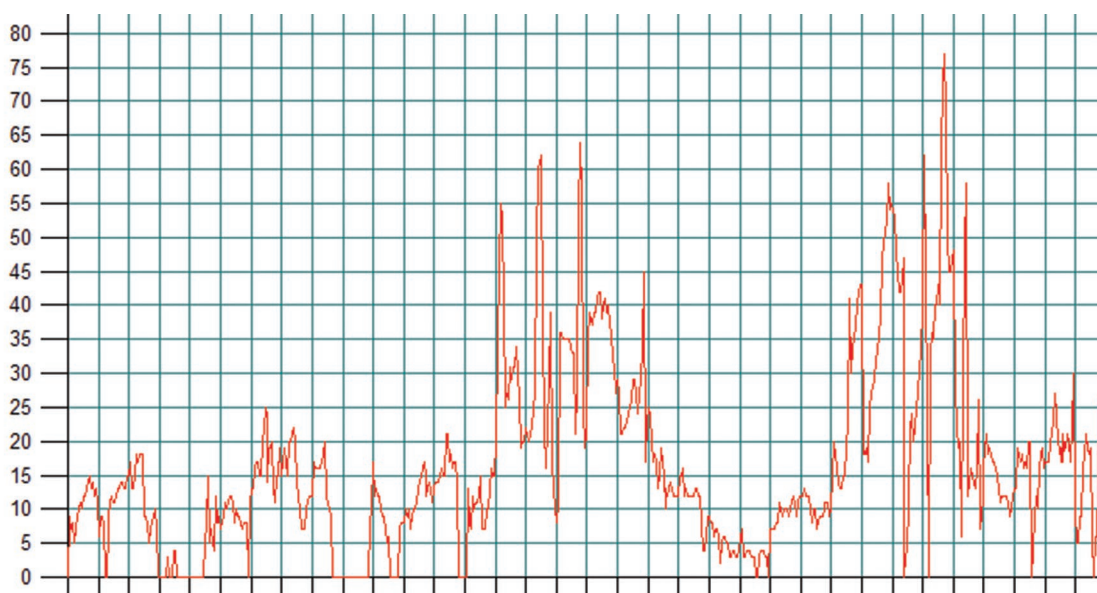


Рис. 1. Скоростной профиль, формируемый системой ГНСС

ТРАНСПОРТ/TRANSPORT

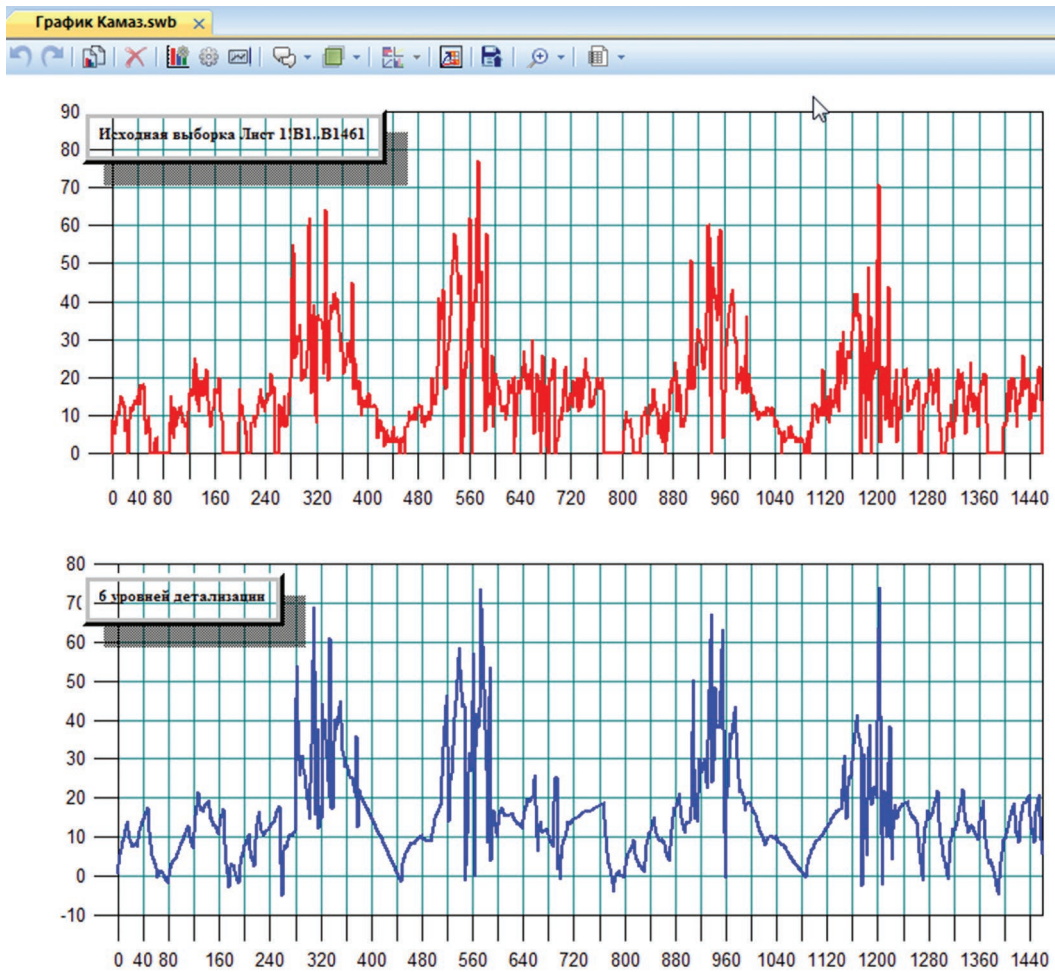


Рис. 2. Скоростной профиль, подвергнутый Вейвлет-преобразованию. Stamm 4.2

The screenshot shows the "Распознавание фаз движения" (Motion Phase Recognition) window. It features a grid with columns labeled A through H and rows numbered 3 through 20. The grid cells contain symbols representing motion phases: a green circle with a right-pointing arrow in column A, and blue circles with arrows pointing in various directions in columns B through H. A legend on the right side of the grid lists parameters: Идентификация (Identification), v_n (initial velocity), v_k (critical velocity), Время (Time), and Длина (Length).

Рис. 3. Макет нейронной сети в программе Stamm 4.2

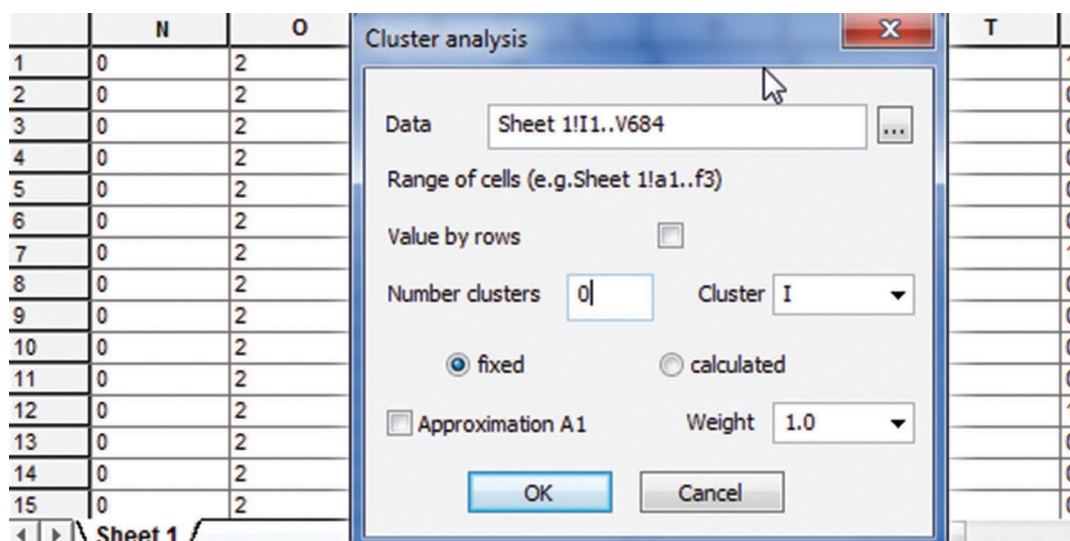


Рис. 4. Настройка параметров кластерного анализа в программе Stamm 4.2

Результаты

В процессе формирования обучающей выборки необходимо установить параметры, которые будут затем использованы при разработке программы распознавания отдельных фаз движения. Одним из главных параметров является позиция в исходном файле скоростного профиля, где заканчивается выделенная фаза движения. Эта позиция служит указателем, с которого начинается распознавание следующей фазы.

С помощью анализа массива скоростных профилей, полученных ГНСС-мониторингом, необходимо определить максимальное число входов нейронной сети. Оно должно быть достаточно большим, чтобы полностью перекрывать все точки, принадлежащие самой продолжительной фазе движения.

На выходе разрабатываемой программы распознавания фаз движения должен быть тек-

стовый файл, каждая строка которого содержит параметры отдельной фазы. Полученный файл в дальнейшем может быть подвергнут кластерному анализу в программе Stamm для определения параметров кластеров, представляющих схожие фазы движения и их количество (для автоматического определения необходимо указать «0» в поле «число кластеров» (рис. 4)).

Выводы

Предложенные методы и подходы организации эксперимента позволяют значительно сократить объем экспериментальных исследований при синтезе типичных ездовых циклов транспортных средств. Это, в свою очередь, существенно сократит время их получения, а значит, повысит адекватность воспроизведения реальных режимов эксплуатации стандартизованными скоростными профилями.

Библиографический список

1. Маняшин, А. В. Моделирование расхода топлива автомобилями на базе типичных ездовых циклов / А. В. Маняшин, С. А. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2014 – 124 с. – Текст : непосредственный.
2. Federal Test Procedure Review Project. Status Report : approved United States Environmental Protection Agency, February, 1993, 420-R-93-006 / Direct text. – Washington : Office of Air and Radiation, 1993. – 21 p.

3. Development of a driving cycle for Brasov city / D. Covaciu, I. Preda, D. Florea, C. Vasile. – Direct text // International Conference of Mechanical Engineering ICOME, October, 2010. – Craiova : Universitaria Publishing House, 2010. – Т. II. – Pp. 761–766.
4. Tzirakis, E. Development of processing methodologies used to form complete driving-cycle dynamometer tests based on urban on-road driving and road gradient data / E. Tzirakis, F. Zannikos. – DOI: 10.1177/0954407014529940. – Direct text // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. – 2015. – 229 (1). – Pp. 97–110.
5. Anida, I. N. Driving cycle development for Kuala Terengganu city using k-means method / I. N. Anida, S. A. Rahman. – DOI: 10.11591/ijece.v9i3.pp1780-1787. – Direct text // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2019. – 9 (3). – Pp. 1780–1787.
6. André, M. Real-world driving cycles for measuring cars pollutant emissions – Part B : Driving cycles according to vehicle power : Report INRETS-LTE / M. André. Madrid : Cedex, 2004. – 93 p. – Direct text.
7. Development of Urban Driving Cycle with GPS Data Post Processing / P. Lipar, I. Strnad, M. Česnik, T. Maher. – DOI: 10.7307/ptt.v28i4.1916. – Direct text // Promet–Traffic&Transportation. – 2016. – Vol. 28, No. 4. – Pp. 353–364.
8. Driving Cycle for Motorcycle Using Micro-Simulation Model / R. Kumar, B. Durai, P. Parida [et al.]. – DOI: 10.4236/jep.2012.329144. – Direct text // Journal of Environmental Protection. – 2012. – 3 (9A). – Pp. 1268– 1273.
9. The Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP) / Vehicle Certification Agency : [site]. – URL : <https://www.vehicle-certification-agency.gov.uk/fcb/wltp.asp>. – Electronic text (дата обращения : 09.11.2021).
10. Маняшин, А. В. Использование Stamm 3.0 при решении научных и инженерно-технических задач : монография / А. В. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. – 191 с. – Текст : непосредственный.
11. Маняшин, А. В. Статистический анализ данных и имитационное моделирование в системе Stamm 4.0 / А. В. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – 220 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Manyashin, A. V., & Manyashin, S. A. (2014). Modelirovanie raskhoda topliva avtomobilyami na baze tipichnykh ezdovykh tsiklov. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 124 p. (In Russian).
2. United States Environmental Protection Agency. (1993). Federal Test Procedure Review Project. Status Report 420-R-93-006. Washington, Office of Air and Radiation, February, 1993, 21 p. (In English).
3. Covaciu, D., Preda, I., Florea, D., & Vasile, C. (2010). Development of a driving cycle for Brasov city. International Conference of Mechanical Engineering ICOME, October, 2010. Craiova, Universitaria Publishing House, T. II, pp. 761-766. (In English).
4. Tzirakis, E., & Zannikos, F. (2015). Development of processing methodologies used to form complete driving-cycle dynamometer tests based on urban on-road driving and road gradient data. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part: D Journal of Automobile Engineering, 229(1), pp. 97-110. (In English). DOI: 10.1177/0954407014529940
5. Anida, I. N., & Rahman, S. A. (2019). Driving cycle development for Kuala Terengganu city using k-means method. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 9(3), pp. 1780-1787. (In English). DOI: 10.11591/ijece.v9i3.pp1780-1787
6. André, M. (2004). Real-world driving cycles for measuring cars pollutant emissions – Part B: Driving cycles according to vehicle power. Report INRETS-LTE. Madrid, Cedex, 93 p. (In English).

-
7. Lipar, P., Strnad, I., Česnik, M., & Maher, T. (2016). Development of Urban Driving Cycle with GPS Data Post Processing. *Promet–Traffic&Transportation*, 28(4), pp. 353-364. (In English). DOI: 10.7307/ptt.v28i4.1916
 8. Kumar, R., Durai, B., Parida, P., Saleh, W., & Gupta, K. (2012). Driving Cycle for Motorcycle Using Micro-Simulation Model. *Journal of Environmental Protection*, 3(9A), pp. 1268-1273. (In English). DOI: 10.4236/jep.2012.329144
 9. The Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP). Vehicle Certification Agency. (In English). Available at: <https://www.vehicle-certification-agency.gov.uk/fcb/wltp.asp> (date of the application 09.11.2021).
 10. Manyashin, A. V. (2017). Ispol'zovanie Stamm 3.0 pri reshenii nauchnykh i inzhenerno-tekhnicheskikh zadach: monografiya. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 191 p. (In Russian).
 11. Manyashin, A. V. (2020). Statisticheskii analiz dannykh i imitatsionnoe modelirovanie v sisteme Stamm 4.0. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 220 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Маняшин Александр Владимирович, к. т. н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: awm_zub@mail.ru, manjashinav@tyuiu.ru

Information about the author

Alexander V. Manyashin, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: awm_zub@mail.ru, manjashinav@tyuiu.ru

Для цитирования: Маняшин, А. В. Методология исследования городских ездовых циклов автомобилей / А. В. Маняшин. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-67-73. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 67–73.

For citation: Manyashin, A. V. (2021). Research methodology for urban vehicle driving cycles. *Arkhitektura, stroitel'stvo, transport* [Architecture, construction, transport], (4), pp. 67-73. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-67-73.