



ОЦЕНКА НАВЫКОВ ВОДИТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В исследовании, проведенном на базе продолжительного мониторинга 19 грузовых и легковых автомобилей, анализируются методы оценки особенностей вождения, встроенные в телематическое программное обеспечение. Установлено, что стандартные методики с присвоением рейтингов водителям неинформативны, так как приводят к противоречивым результатам при сравнении. На основе существующих подходов предложен метод оценки действий водителей, использующий комплексную автоматизированную оценку поведения и особенностей вождения, что обеспечивает более достоверные результаты. С точки зрения предиктивного определения состояний и моделей поведения водителей техники предложено применять алгоритм MSET, сопровождаемый граничными данными критериев оценки единичных паттернов поведения. Предлагаемый метод может быть рекомендован для внедрения автоматизированных систем оценки паттернов поведения водителей с минимальными затратами, основанных на стандартной телематической информации, получаемой от подключенных транспортных средств.

Городской транспорт, транспортная мобильность, телематические данные, безопасность дорожного движения, оценка навыков водителей.

Поведение водителя автомобиля при вождении транспортного средства играет наиболее важную роль в сложной системе «водитель – автомобиль – дорога», поскольку оно является ключевым фактором в системе обеспечения безопасности дорожного движения. Чтобы глубже понять модели поведения водителей грузовиков за рулем и степень риска, следует уделить внимание влиянию поведения водителей автомобилей на безопасность дорожного движения, а также систематически анализировать результаты исследований, связанных со стилем поведения водителей грузовиков за рулем, рисками при вождении, особенностями поведения и их взаимосвязью с дорожной безопасностью. Эксперты отметили, что водители грузовиков попадают в аварии в 1,7 раза чаще, чем другие участники дорожного движения. Так, по итогам 2021 года частота страховых случаев по категории грузовых машин составила 8,3 %, что на 3,2 % выше, чем среднее количество аварий по другим группам транспортных средств. В частности, в отчете Российского союза автостраховщиков (РСА) указывалось, что ненадлежащее поведение водителей грузовых автомобилей, такое как превышение скорости, усталость от вождения и нарушение правил дорожного движения, стало причиной основного количества дорожно-транспортных происшествий. Можно сделать выводы, что стиль поведения водителя грузового автомобиля как лица, принимающего решения и контролирующего транспортное средство, сильно влияет на безопасность дорожного движения в целом и на вероятности возникновения риска для других участников дорожного движения.

Чтобы предотвратить и уменьшить количество аварий, необходимо точно и обоснованно описать, идентифицировать и предсказать потенциальные риски поведения водителей грузовых автомобилей при вождении, а также выявить их неотъемлемую сложную связь с безопасностью вождения в целом. Эта задача становится приоритетной для реализации безопасного и устойчивого развития автомобильного транспорта в мире.

Эта проблема имеет важное практическое значение для подбора и обучения водителей грузовых автомобилей, снижения травматизма и материального ущерба. Большое количество исследований показало, что поведение водителей тесно связано с безопасностью дорожного движения [1–4]. Более 90 % дорожно-транспортных происшествий и 65 % аварийных ситуаций вызваны человеческим фактором. Поведение водителей за рулем можно разделить на две категории [5]: 1) обычное поведение за рулем, включая свободное движение прямо, следование за впереди идущим транспортным средством, перестроение и т.д.; 2) опасное поведение за рулем, включая отвлечение от управления, агрессивное поведение по отношению к другим участникам ДТП, усталость, превышение скорости, вождение в нетрезвом виде и т.д.

Увеличение доли электрофицированного транспорта в общей доле автомобилей [6] требует активного внедрения наиболее перспективных технологий управления автомобилями, так как эффективность и снижение выброса токсичных компонентов и парниковых газов напрямую связано с уровнем энергопотребления этой техники [7].

Проанализированные выше работы доказывают высокую актуальность создания и улучшения существующих научных подходов к оценке действий и поведения водителей. В первую очередь это интересно с точки зрения государственных органов, страховых компаний и компаний-перевозчиков, однако возможности быстрой оценки квалификации, навыков и паттернов поведения водителей в целом способствуют прогрессивному повышению безопасности дорожного движения.

В связи с этим было принято решение провести исследование возможностей существующих телематических платформ с точки зрения реализации на их базе мало затратных методов оценки действий и поведения водителей. С целью сбора экспериментальных данных был проведен непосредственный эксперимент. Для этого в течение длительного периода времени с 1 февраля 2022 года по 1 ноября 2022 года проводился пассивный сбор телематических данных с помощью программного обеспечения для транспортной телематик Wialon за выбранным по определенным принципам парком техники, состоящим из 19 автомобилей, из которых 11 – грузовые транспортные средства и 8 – легковые автомобили. Эксплуатация техники – на магистральных и городских дорогах Российской Федерации.

При этом запись данных велась на облачные хранилища самого сервиса. Отображение техники (объектов исследования) в программном обеспечении Wialon

представлено на рисунке 1. Для каждого исходного объекта в реальном времени собирался большой объем исходных данных в соответствии с имеющимися на нем и подключенными датчиками (датчики стандартной комплектации системы телематик и штатные, подключенные по CAN-шине). Программное обеспечение имеет встроенную систему оценки качества вождения и эксплуатации техники.

Для этого пользователю предлагается настроить параметры оценки качества вождения: пороги опознавания опасного и резкого поворота по данным датчика контроля бокового ускорения, превышение скорости опасное и сильное, торможение опасное и резкое по данным датчика оценки продольного ускорения/замедления, ускорение опасное и резкое так же по данным датчика оценки продольного ускорения/замедления. А также для каждого перечисленного параметра можно выбрать усреднение по пробегу или по времени. Это достаточно простая и не очень объективная система, в качестве примера более серьезного подхода к оценке можно привести систему оценки качества вождения от компании SCANIA в фирменном программном обеспечении.

В любом случае имеющиеся системы оценки достаточно условны и не имеют ни прозрачности оценки навыков, ни возможностей потенциальной оценки будущих рисков на основе распознавания модели поведения водителя.

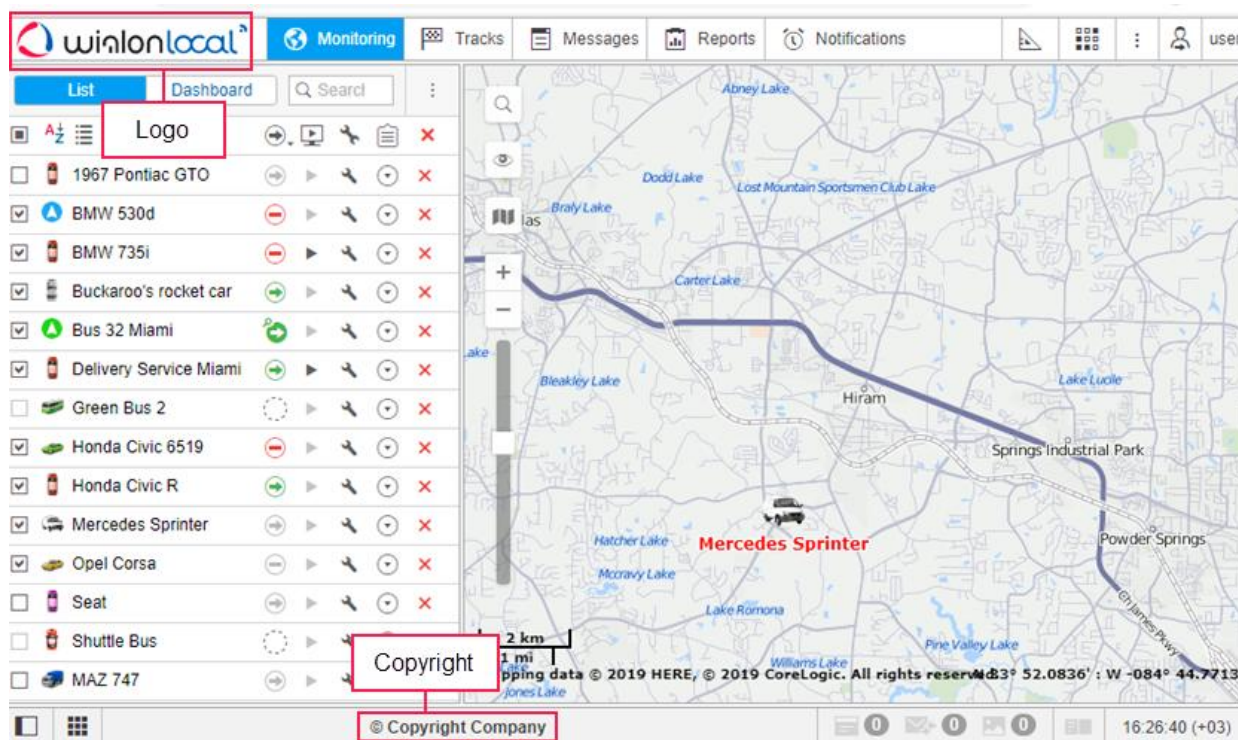


Рис. 1. Рабочий экран телематической системы Wialon

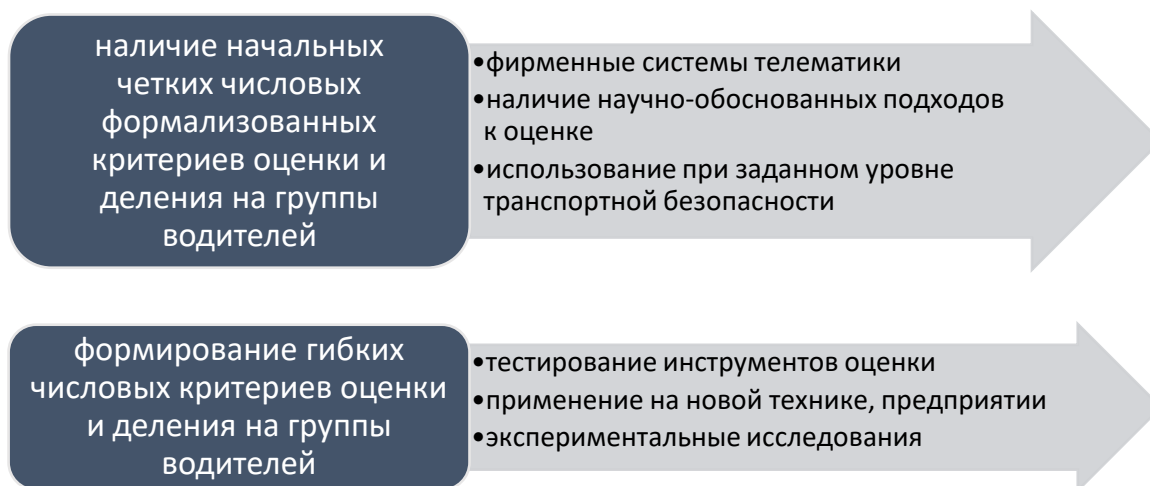


Рис. 2. Описание сферы применения двух подходов по формированию критериев оценки групп водителей

Для реализации последнего положения предлагается следующая методика оценки водительских навыков в динамике и классификации паттернов поведения водителей. В нашем случае формирования интеллектуальной системы оценки действий водителей нужно обеспечить распознавание опасных состояний в действиях водителя для предотвращения возникновения аварийных ситуации в сфере дорожного движения или минимизации негативных последствий.

Данный алгоритм впервые описан и предложен И. Б. Лашковым (2018) и осуществляет построение связей между имеющимися и оцифрованными характеристиками действий водителя транспортного средства (ТС) и анализируемыми изменяющимися данными характеризующими состояние системы «водитель – ТС».

В исходной ситуации (начальная стадия работы системы оценки действий водителей или новый водитель в системе) необходимо провести этап самообучения и адаптации системы для каждого водителя путем применения методов машинного обучения с применением двух прямо противоположных подходов (рис. 2):

- наличие начальных четких числовых формализованных критериев оценки и деления на группы водителей;
- формирование гибких числовых критериев оценки и деления на группы водителей (как правило в рамках плавающих диапазонов).

Для этого необходимо применение современных методов кластеризации и идентификации объектов, характеризующихся конечным набором некоторых признаков. В результате работы алгоритма машинное обучение позволит построить модель, предсказывающую недостающие атрибуты (признаки) поведения водителя в конкретный момент времени.

Данный механизм направлен на решение следующих задач:

1. Выявление отдельных потенциально опасных действий/поведений водителей.
2. Сбор числовых значений отобранных показателей с датчиков системы телематического контроля ТС.

3. Классификация произошедших событий по заранее заданным правилам.

4. Отбор признаков SMA (Simple Moving Average – простое скользящее среднее) для данных.

5. Кластеризация профилей водителей на группы на основе предварительной разбивки групп в соответствии с одним из правил.

6. Соотнесение водителя с той или иной группой.

Особенность данного протокола – отбор данных с одновременной фильтрацией устаревших потоковых наборов данных из непрерывного потока информации.

Атрибуты формируются в виде векторов-признаков для каждого i -го водителя, зарегистрированного в системе, x – атрибут, Y – категория характеризующая вид распознаваемого системой паттерна поведения водителя.

Далее проводится первичная классификация и отбор событий во время движения по следующим правилам:

$$\begin{aligned}
 a &\rightarrow \text{if}(a_{Ln} \geq 0, 2)^{\wedge}(v > 0), \\
 d &\rightarrow \text{if}(a_{Ln} < 0)^{\wedge}(v > 0), \\
 u &\rightarrow \text{if}(a_{L1} \geq 0)^{\wedge}(a_{L1} > a_{Ln})^{\wedge}(v > 0), \\
 i &\rightarrow \text{if}(v = 0)^{\wedge}(taxx > 0).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Перечисленные выше правила необходимы для распознавания следующих состояний: a – разгон автомобиля, d – торможение, u – поворот, i – стоянка с включенным двигателем.

После идентификации каждого события на следующем этапе происходит группировка событий одинакового типа и создание вектора для каждого нового объекта. Здесь e представляет тип события, t_0 – время начала события (в миллисекундах с полуночи 01.01.1970 по UTC), t_1 – время окончания события (в миллисекундах с полуночи 01.01.1970 по UTC), а l – GPS-координаты события (долгота, широта и высота). Эта операция обрабатывает события, полученные в результате разделения времени поездки на интервалы в 10 секунд.

На последующем этапе алгоритма выполняется расчет SMA-признаков для событий a , d , u , i с целью

определения среднего арифметического значений этих событий в заданном интервале, используя следующую формулу:

$$SMA_t = (1/n) \sum e_{t-i}, \quad (2)$$

где SMA_t – значение простого скользящего среднего в точке t ;

n – количество значений исходной функции для расчета скользящего среднего;

e_{t-1} – значение исходной функции в точке $t-1$.

Для определения необходимой реакции системы на производимые водителем/оператором действия необходимо обозначить интервалы чувствительности для каждого из указанных выше событий. Наличие данных порогов позволяет в автоматизированном режиме производить оценку действий и определять со-

вершение резких маневров, действий или иных событий, связанных с управлением техникой.

Рейтинг каждого события высчитывается по формуле:

$$Sst = (1/DT_{it}) \sum B_{js} N_{ijst}, \quad m, \quad (3)$$

где Sst – рейтинг события за время t ;

DT – время вождения за весь период;

N_{ijst} – количество событий типа j и чувствительности s ;

B_{js} – весовой коэффициент каждого события.

Полученные данные позволяют производить постоянную оценку стиля управления ТС водителем и формировать базу данных по каждому водителю с накоплением и обновлением значений.

Таблица 1

Интервалы чувствительности для разных событий, связанных с управлением техникой

Событие	Интервалы чувствительности		
	ниже среднего	средний уровень	выше среднего
Ускорение	$0,1 < aLn < 1,5$	$1,5 < aLn < 2,2$	$aLn > 2,2$
Замедление	$-0,1 < aLn < -1,5$	$-1,5 < aLn < -3,2$	$aLn > -3,2$
Маневрирование	$0,1 < aLt < 0,5$	$0,5 < aLt < 1,1$	$ aLt > 1,1$
Стоянка с включенным ДВС	$i < 5$	$5 < i < 10$	$i > 10$

Таблица 2

Итоговые данные после обработки по алгоритму телематической системы

Группировка	Оценка	Время	Пробег	Нарушений на 1 км
RENAULT M281TK29	5,9	1:03:03	71 км	0,07
Scania H020XC	5,9	15:31:56	925 км	0,00
Scania H180AH29	5,9	8:57:59	503 км	0,00
VOLVO K249PX35	3,4	17:19:46	1259 км	0,08
A286XB716 КамАЗ	3,9	6:39:21	372 км	0,17
K381TH35 MAN	3,5	6:45:38	299 км	0,10
O309OT198 КАМАЗ	2,3	11:25:30	772 км	0,48
O310OM198 КАМАЗ	3,3	10:02:57	666 км	0,24
O411ET198 КАМАЗ	3,1	9:15:49	588 км	0,28
O551KM198 КАМАЗ	3,4	4:18:44	203 км	0,22

Таблица 3

Итоговые данные после обработки по предлагаемому алгоритму

Группировка	Оценка	Время	Пробег	Нарушений на 1 км
Scania H180AH29	5,9	8:57:59	503 км	0,00
Scania H020XC	5,9	15:31:56	925 км	0,00
RENAULT M281TK29	5,9	1:03:03	71 км	0,07
VOLVO K249PX35	3,4	17:19:46	1259 км	0,08
K381TH35 MAN	3,5	6:45:38	299 км	0,10
A286XB716 КамАЗ	3,9	6:39:21	372 км	0,17
O551KM198 КамАЗ	3,4	4:18:44	203 км	0,22
O310OM198 КамАЗ	3,3	10:02:57	666 км	0,24
O411ET198 КамАЗ	3,1	9:15:49	588 км	0,28
O309OT198 КамАЗ	2,3	11:25:30	772 км	0,48

Как показывает анализ данных таблиц 2 и 3 в большинстве случаев мы получаем диаметрально противоположные степени оценки и ранги в зависимости от метода оценки, по которому проводится указанная сортировка для получения итогового рейтинга. К примеру водитель автомобиля Scania H180AH29 получил следующие рейтинги: 1 на основании оценки приложения, при этом у него 6 место по пробегу транспортного средства за указанный период, 6 место по пробегу на одно нарушение и 1 место в рейтинге по числу нарушений на 1 км пробега. Наоборот, водитель автомобиля O309OT198 КамАЗ получает 10 (последнее) место по первым трем оценкам, третье по общему пробегу и третье по пробегу на нарушение, а также 10 место по числу нарушений на 1 км.

Налицо конечно же отсутствие показательности в выбранном в приложении алгоритме оценки и необходимость, по нашему мнению, учета введенных нами двух производных показателей – пробег на нарушение в км и абсолютное число нарушений на 1 км пробега транспортного средства в дополнение к предлагаемой методике оценки. Оценка по этим показателям более достоверна и коррелирует их между собой.

Как было отмечено, особенно серьезной угрозой являются ситуации, связанные с отвлечением водителя от дороги (воздействие раздражителей, отвлечение для выполнения различных действий), потерей сознания, засыпанием или временным ухудшением состояния. При расследовании дорожно-транспортных происшествий у нас есть возможность ретроспективно выявить первопричину ситуации, однако мы не можем предотвратить ее возникновение.

В данном случае можно применить методы оперативного контроля физиологического состояния водителя, требующие специального оборудования и дополнительных организационных мероприятий. С точки зрения нашего исследования представляется интересным решение этой задачи более доступными методами, используя технологию телематического наблюдения без дополнительного оборудования.

В контексте этой задачи наиболее привлекательным кажется метод MSET (Multivariate State Estimation Technique). В нем степень аномалии в техническом состоянии определяется на основе превышения порогового уровня, рассчитываемого автоматическим алгоритмом, с использованием критерия Хотеллинга.

MSET (Multivariate State Estimation Technique) – это метод многомерной оценки состояния в системах управления и фильтрации. Он используется для оценки состояния системы на основе измерений и модели системы. MSET представляет собой обобщение фильтра Калмана на случай многомерных (многовекторных) состояний.

Основные черты MSET

Многомерность: MSET применяется к системам, в которых состояние системы представляется вектором или набором векторов, что позволяет учитывать более сложные зависимости между переменными состояниями.

Учет неопределенности: метод MSET учитывает шум в данных и моделях, что делает его пригодным

для работы с реальными системами, в которых измерения могут быть зашумлены.

Обобщение фильтра Калмана: MSET включает в себя фильтр Калмана как частный случай, когда состояние системы одномерное (вектор состоит из одной переменной).

Адаптация к нелинейным и нестационарным системам: MSET может быть расширен для работы с нелинейными и нестационарными системами с использованием методов, таких как расширенный фильтр Калмана (EKF) или частицы.

Применение MSET включает в себя различные области, включая автоматизацию и управление, обработку сигналов, обработку изображений, навигацию, физику и другие. Этот метод играет важную роль во многих инженерных и научных приложениях, где необходимо оценивать состояние системы на основе доступных данных и знаний о ней.

Все вышеуказанное не ставит перед собой задачу показать ошибочность суждений и принятых методов оценки, использованных авторами программного обеспечения штатных систем телематики. Однако мы хотим продемонстрировать необходимость создания и последующего практического внедрения научно-обоснованных методов оценки навыков и действий водителя последовательно коррелирующих между фактическими и оценочными данными.

С точки зрения решения отдельных прикладных задач встроенные системы оценивания телематических систем вполне пригодны для работы. По каждому транспортному средству мы можем получить более подробную информацию с теми же принятыми критериями оценки и статистическими данными по ошибкам управления и общей оценке. Однако применение указанного метода дает более достоверную оценку навыков и действий водителя, а при применении совместно с методом MSET и возможность предиктивной оценки потенциально опасных состояний водителя и аварийных ситуаций.

Литература

1. Смирнов, П. И. Использование телематических данных, получаемых от грузовых автомобилей, для прогнозного определения норм расхода топлива / П. И. Смирнов, А. П. Тимофеев, Ф. А. Новокшанов // Грузовик. – 2018. – № 12. – С. 32–37.

2. Чупков, В. А. Экспериментальная оценка влияния интенсивности ускорения на экономичность автомобиля / В. А. Чупков, Р. А. Малышев, И. Ф. Джафаров // XVI Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы Всероссийской научной конференции : в 3 томах (Вологда, 29 ноября 2022 г.) / главный редактор М. М. Караганова. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2023. – Т. 1. – С. 119–122.

3. Раков, В. А. Оценка эффективности эксплуатации автомобилей с комбинированной энергоустановкой малой электрической мощности «Мягкий гибрид» / В. А. Раков // Вестник Вологодского государственного

го университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2 (20). – С. 66–69.

4. Раков, В. А. Анализ приспособленности трансмиссии автомобиля к топливной экономичности ДВС / В. А. Раков, Н. Н. Трушин // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XVI Международной научно-технической конференции (Вологда, 08 декабря 2021 г.). – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – С. 354–358.

5. Arbabzadeh, N. A Data-Driven approach for driving safety risk prediction using driver behavior and roadway information data / N. Arbabzadeh and M. A. Jafari. –

doi: 10.1109/tits.2017.2700869 // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2018. – Vol. 19, № 2. – P. 446–460.

6. Predicting real-time traffic conflicts using deep learning / N. Formosa, M. Qudus, S. Ison, M. [et al.]. – doi: 10.1016/j.aap.2019.105429 // Accident Analysis & Prevention. – 2020. – Vol. 136. – P. 105429.

7. Stagnation in the development of internal combustion engines as a factor of transition to more perfect power units / V. A. Rakov, B. S. Subbotin, A. M. Ivanov, A. V. Podgorny. – doi: 10.1109/ieeconf51389.2021.9416056 // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – Mar. 2021.

P.I. Smirnov

Vologda State University

ASSESSMENT OF CAR DRIVERS SKILLS BASED ON TELEMATICS MONITORING SYSTEM DATA

The study, conducted on the basis of long-term monitoring of 19 trucks and passenger cars, analyzes methods for assessing driving characteristics built into telematics software. It has been established that standard methods for assigning ratings to drivers are uninformative, as they lead to contradictory results when compared. Based on existing approaches, a method for evaluating drivers' actions is proposed, using a comprehensive automated assessment of driving behavior and characteristics, which provides more reliable results. From the point of view of predictive determination of conditions and behavioral patterns of drivers of machines, it is proposed to use the MSET algorithm, accompanied by boundary data of criteria for evaluating individual patterns of behavior. The proposed method can be recommended for the implementation of automated systems for evaluating driver behavior patterns at minimal cost, based on standard telematics information received from connected vehicles.

Urban transport, transport mobility, telematic data, road safety, assessment of drivers' skills.