

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF PAPERS

doi: 10.17586/2226-1494-2026-26-4-887-889

УДК 004.8

Анализ корреляции между состоянием водителя и маневрами транспортного средства: трехфазный метод и экспериментальное исследование

Варвара Владимировна Шушкова¹, Алексей Михайлович Кашевник²✉

^{1,2} Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, 199178, Российская Федерация

¹ shushkova.vv@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-8710-4995>

² kashevnik@itmo.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6503-1447>

Аннотация

Исследована связь между эмоциональным состоянием водителя и маневрами транспортного средства. На основе системы глобального позиционирования данных с помощью углов Эйлера–Крылова вычислены угловые скорости и динамически определены границы маневров. Эмоции водителей распознавались по видеозаписям из салона автомобиля. Анализ проведен на 42 водителях (более 300 часов вождения). Предложен метод трехфазного представления: оценка эмоций до, во время и после маневра. По результатам кластерного анализа выявлены типичные паттерны эмоциональных реакций, в том числе нарастание гнева при разворотах и снижение позитивных эмоций во время маневров.

Ключевые слова

состояние водителя, эмоции водителя, маневр транспортного средства, корреляционный анализ, трехфазный метод представления

Благодарности

Исследования выполнены в рамках бюджетной темы FFZF-2025-0003.

Ссылка для цитирования: Шушкова В.В., Кашевник А.М. Анализ корреляции между состоянием водителя и маневрами транспортного средства: трехфазный метод и экспериментальное исследование // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2026. Т. 26, № 4. С. 887–889. doi: 10.17586/2226-1494-2026-26-4-887-889

Correlation analysis of driver state and vehicle maneuvers: a three-phase approach and experimental study

Varvara V. Shushkova¹, Alexey M. Kashevnik²✉

^{1,2} ITMO University, Saint Petersburg 197101, Russian Federation
St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg 199178, Russian Federation

shushkova.vv@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-8710-4995>

kashevnik@itmo.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6503-1447>

Abstract

This study investigates the relationship between a driver emotional state and vehicle maneuvers. Angular velocity was estimated from GPS trajectories using Euler angles, and maneuver boundaries were identified dynamically. Driver emotions were recognized from in-cabin video recordings. The analysis was conducted on data collected from 42 drivers, comprising more than 300 hours of driving. A three-phase representation of maneuvers is proposed in which emotional responses are evaluated before, during, and after each maneuver. Cluster analysis revealed several characteristic patterns of emotional responses, including increased anger during U-turns and a decrease in positive emotions while performing driving maneuvers.

Keywords

driver state, driver emotions, vehicle maneuver, correlation analysis, three-phase representation

Acknowledgments

This work was funded by the Russian State Research FFZF-2025-0003.

For citation: Shushkova V.V., Kashevnik A.M. Correlation analysis of driver state and vehicle maneuvers: a three-phase approach and experimental study. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2026, vol. 26, no. 4, pp. 887–889 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2026-26-4-887-889

Безопасность дорожного движения остается актуальной проблемой: количество дорожно-транспортных происшествий ежегодно растет, а среди их причин ключевую роль играет человеческий фактор [1]. Системы помощи водителю (Advanced Driver Assistance Systems) эффективно влияют на поведение за рулем, однако их результативность зависит от заблаговременности предупреждений [2]. В связи с этим статичные агрегированные показатели оказываются недостаточными, а динамический анализ поведения водителя приобретает первостепенное значение.

Многочисленные системы мониторинга состояния водителя направлены на выявление усталости, отвлеченности и эмоциональной нестабильности [3]. Большинство существующих подходов фокусируются на общем мониторинге эмоций или динамике транспортного средства по отдельности, тогда как связь эмоциональных реакций с конкретными маневрами остается малоизученной [4].

Дополнительная трудность состоит в том, что многие исследования используют окна фиксированной длины, не совпадающие с реальными границами маневра. Это приводит к временным искажениям и снижает точность анализа эмоций. В настоящей работе предлагается метод динамического определения границ маневров на основе данных системы глобального позиционирования (Global Positioning System, GPS) с помощью трехфазного представления эмоциональных реакций (до, вовремя, после маневра). Эксперименты проведены на наборе данных реального вождения 45 водителей общей продолжительностью более 300 часов.

Для исследования предложено использовать набор данных DriverSVT [5], содержащий записи 50 водителей в разнообразных условиях реального вождения (город, трасса, дождь). После предобработки для анализа отобраны 42 водителя. Каждая запись включает синхронизированное видео лица водителя и сенсорные данные: GPS-координаты, линейную скорость, ускорение и показания гироскопа с частотой порядка 10 Гц. Видеозаписи охватывают 20-секундные отрезки с критическим событием в середине.

По GPS-данным вычислялись угловые скорости с использованием углов Эйлера–Крылова [6]. Для динамического обнаружения границ маневров применялась библиотека Ruptures (алгоритм Pruned Exact Linear Time (PELT)) [7]. Алгоритм PELT минимизирует суммарную функцию стоимости и не требует заранее заданной длины сегмента, что критично при переменной продолжительности маневров. Тип маневра определялся по суммарному углу поворота, накопленному за время сегмента; угловые диапазоны установлены эмпирически на размеченной выборке (таблица). Из-за малого

угла поворота перестроения по полосам исключены из анализа.

Рассмотрены 6 базовых эмоций (гнев, отвращение, страх, радость, удивление, грусть) и нейтральное состояние, которые определялись по видео с помощью модели [8], обладающей высокой устойчивостью к изменяющимся условиям съемки. Гранулярность увеличена до 0,1 с; в каждый момент времени фиксировалась эмоция с максимальной интенсивностью.

Для каждого маневра временной ряд эмоций разбивался на три фазы: до (3 с перед началом), вовремя (от начала до конца маневра) и после (3 с после завершения). В качестве основной метрики использовалась дельта относительно базового значения (среднее значение в периоды без маневров): $\Delta \text{эмоция} = \text{эмоция_маневр} - \text{среднее(эмоция_без_маневра)}$. Это позволяет учитывать индивидуальные различия в эмоциональном базовом уровне каждого водителя и выявлять реакции, непосредственно связанные с маневром.

Для обнаружения типичных паттернов применялись Gaussian Mixture Model и Fuzzy C-Means на 21-мерных векторах (7 эмоций $\times$ 3 фазы). Признаки с амплитудой менее 0,05 исключались как шумовые. Оптимальное число кластеров определялось по коэффициенту силуэта в диапазоне от 2 до 8.

Предложенный динамический метод (PELT) достиг средней доли правильно распознанных маневров 45,7 % против 23,6 % для наилучшей конфигурации с фиксированным окном (8–9 с). Для поворотов налево: Precision = 0,50, Recall = 0,60, F1 = 0,55; для поворотов направо: Precision = 0,42, Recall = 0,53, F1 = 0,47. Умеренные значения F1 объясняются сложностью задачи сегментации при переменной длительности маневров и шуме GPS; при этом Recall обеспечивает корректное временное выравнивание маневров с эмоциональным рядом. Всего было обнаружено: поворотов направо — 8506 (крутой) и 15 243 (обычный); поворотов налево — 6957 и 6075 разворотов направо.

Анализ дельта-значений относительно базовой линии показал, что у большинства водителей во время

Таблица. Угловые диапазоны для классификации типов маневров

Table. Angular ranges for maneuver classification

Тип маневра	Угол, град	
	минимальный	максимальный
Поворот налево	40	80
Поворот направо	–80	–25
Разворот налево	95	200
Разворот направо	–180	–80

маневров снижаются позитивные эмоции и нарастает нейтральное состояние, отражающее повышенную концентрацию. Однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимые эффекты для страха (F -критерий = 6,44; p -значение менее 0,001), отвращения, грусти и удивления (парные t -тесты, p -значение менее 0,05).

Выявлены следующие паттерны: у большинства водителей преобладают нейтральные эмоции и снижаются положительные эмоции во всех фазах маневра; часть водителей показывает всплески гнева, особенно при разворотах влево; отдельная группа проявляет рост грусти во время поворотов налево и крутых поворотов направо; некоторые водители демонстрируют общее снижение эмоциональной интенсивности, что

интерпретируется как возросшая концентрация при вождении.

В результате предложен метод анализа корреляций между эмоциональной динамикой водителя и маневрами транспортного средства на основе GPS-данных. Динамическое определение границ маневров (алгоритм PELT) позволяет сохранить естественную временную структуру событий в отличие от подходов с фиксированными окнами. Трехфазное представление (до/во время/после) обеспечивает детальный анализ эмоциональных изменений, а кластеризация выявляет устойчивые паттерны реакций среди водителей. Разработанный код доступен по ссылке¹.

¹ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://github.com/shushkova/driver_project (дата обращения: 03.07.2026).

Литература

1. Rosen H.E., Bari I., Paichadze N., Peden M., Khayesi M., Monclus J., et al. Global road safety 2010–18: an analysis of global status reports // *Injury*. 2025. V. 56. N 6. P. 110266. doi: 10.1016/j.injury.2022.07.030
2. Chen Y., Xie Y., Wang C., Yang L., Zheng N., Wu L. Time-dependent effect of advanced driver assistance systems on driver behavior based on connected vehicle data // *Analytic Methods in Accident Research*. 2025. V. 45. P. 100370. doi: 10.1016/j.amar.2025.100370
3. Halin A., Verly J.G., Van Droogenbroeck M. Survey and synthesis of state of the art in driver monitoring // *Sensors*. 2021. V. 21. N 16. P. 5558. doi: 10.3390/s21165558
4. Yang G., Ridgeway C., Miller A., Sarkar A. Comprehensive assessment of artificial intelligence tools for driver monitoring and analyzing safety critical events in vehicles // *Sensors*. 2024. V. 24. N 8. P. 2478. doi: 10.3390/s24082478
5. Othman W., Kashevnik A., Hamoud B., Shilov N. DriverSVT: Smartphone-measured vehicle telemetry data for driver state identification // *Data*. 2022. V. 7. N 12. P. 181. doi: 10.3390/data7120181
6. Shushkova V., Kashevnik A., Bakeeva L. Accelerometer and gyroscope synthetic data calculation based on driver smartphone GPS // *Proc. of the 36th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*. 2024. P. 748–755. doi: 10.23919/fruct64283.2024.10749939
7. Truong C., Oudre L., Vayatis N. Ruptures: change point detection in Python // *arXiv*. 2018. arXiv:1801.00826. doi: 10.48550/arXiv.1801.00826
8. Ryumina E., Dresvyanskiy D., Karpov A. In search of a robust facial expressions recognition model: A large-scale visual cross-corpus study // *Neurocomputing*. 2022. V. 514. P. 435–450. doi: 10.1016/j.neucom.2022.10.013

Авторы

Шушкова Варвара Владимировна — аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, <https://orcid.org/0009-0003-8710-4995>, shushkova.vv@gmail.ru

Кашевник Алексей Михайлович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, 199178, Российская Федерация; доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, <https://orcid.org/0000-0001-6503-1447>, kashevnik@itmo.ru

References

1. Rosen H.E., Bari I., Paichadze N., Peden M., Khayesi M., Monclus J., et al. Global road safety 2010–18: an analysis of global status reports. *Injury*, 2025, vol. 56, no. 6, pp. 110266. doi: 10.1016/j.injury.2022.07.030
2. Chen Y., Xie Y., Wang C., Yang L., Zheng N., Wu L. Time-dependent effect of advanced driver assistance systems on driver behavior based on connected vehicle data. *Analytic Methods in Accident Research*, 2025, vol. 45, pp. 100370. doi: 10.1016/j.amar.2025.100370
3. Halin A., Verly J.G., Van Droogenbroeck M. Survey and synthesis of state of the art in driver monitoring. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 16, pp. 5558. doi: 10.3390/s21165558
4. Yang G., Ridgeway C., Miller A., Sarkar A. Comprehensive assessment of artificial intelligence tools for driver monitoring and analyzing safety critical events in vehicles. *Sensors*, 2024, vol. 24, no. 8, pp. 2478. doi: 10.3390/s24082478
5. Othman W., Kashevnik A., Hamoud B., Shilov N. DriverSVT: Smartphone-measured vehicle telemetry data for driver state identification. *Data*, 2022, vol. 7, no. 12, pp. 181. doi: 10.3390/data7120181
6. Shushkova V., Kashevnik A., Bakeeva L. Accelerometer and gyroscope synthetic data calculation based on driver smartphone GPS. *Proc. of the 36th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*. 2024, pp. 748–755. doi: 10.23919/fruct64283.2024.10749939
7. Truong C., Oudre L., Vayatis N. Ruptures: change point detection in Python. *arXiv*, 2018. arXiv:1801.00826. doi: 10.48550/arXiv.1801.00826
8. Ryumina E., Dresvyanskiy D., Karpov A. In search of a robust facial expressions recognition model: A large-scale visual cross-corpus study. *Neurocomputing*, 2022, vol. 514, pp. 435–450. doi: 10.1016/j.neucom.2022.10.013

Authors

Varvara V. Shushkova — PhD Student, ITMO University, Saint Petersburg 197101, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0003-8710-4995>, shushkova.vv@gmail.ru

Alexey M. Kashevnik — PhD, Associate Professor, Senior Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg 199178, Russian Federation; Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg 197101, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-6503-1447>, kashevnik@itmo.ru

Статья поступила в редакцию 13.05.2026
Одобрена после рецензирования 06.07.2026
Принята к печати 20.07.2026

Received 13.05.2026
Approved after reviewing 06.07.2026
Accepted 20.07.2026



Работа доступна по лицензии
Creative Commons
«Attribution-NonCommercial»