



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.5>

UDC 551.588

LBC 26.236.2

NEW CRITERIA FOR ASSESSING C AND CO₂ EMISSIONS INTO THE AIR BY ROAD TRANSPORT

Elchin B. oglu Iskenderzade

Research Institute of Aerospace Informatics of the National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan

Elshan R. oglu Rahimov

Baku Higher School of Petroleum, Baku, Republic of Azerbaijan

Jeyhun R. oglu Rahimov

Azerbaijan Technical University, Baku, Republic of Azerbaijan

Abstract. The article is devoted to the development of new criteria for assessing carbon and carbon dioxide emissions by road transport. A methodology for determining the main indicators of the functioning of cars has been developed. It is shown that in the conditions of a large city, given the fuel consumption or daytime, it is possible to determine the speed of movement and daytime or fuel consumption, respectively, on the basis of appropriate statistical data. It is determined that the total fuel consumption in the flow of cars, in which the number of cars increases proportionally to time at a constant average speed, in a section of traffic where the speed decreases in time, reaches a minimum.

Key words: criterion, emission, road transport, air pollution, optimization.

Citation. Iskenderzade E.B. oglu, Rahimov E.R. oglu, Rahimov J.R. oglu. New Criteria for Assessing C and CO₂ Emissions Into the Air by Road Transport. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 47-54. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.5>

УДК 551.588

ББК 26.236.2

НОВЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ С И СО₂ В ВОЗДУХ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Эльчин Б. оглы Искендерзаде

НИИ аэрокосмической информатики Национального аэрокосмического агентства,
г. Баку, Азербайджанская Республика

Эльшан Р. оглы Рагимов

Бакинская высшая школа нефти, г. Баку, Азербайджанская Республика

Джейхун Р. оглы Рагимов

Азербайджанский технический университет, г. Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация. Статья посвящена разработке новых критериев оценки эмиссии углерода и двуокиси углерода автомобильным транспортом. Разработана методика определения основных показателей функционирования автомобилей. Показано, что в условиях большого города, задавшись расходом топлива или дневным временем, можно определить соответственно скорость передвижения и дневное время или расход топлива. Определено, что суммарный расход топлива в потоке автомобилей, в котором количество машин увеличивается пропорционально времени, при постоянстве средней скорости на участке движения, где скорость уменьшается во времени, достигает минимума.

Ключевые слова: критерий, эмиссия, автомобильный транспорт, загрязнение воздуха, оптимизация.

Цитирование. Искендерзаде Э. Б. оглы, Рагимов Э. Р. оглы, Рагимов Д. Р. оглы. Новые критерии оценки эмиссии С и CO₂ в воздух автомобильным транспортом // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 47–54. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.5>

Введение

Хорошо известно, что автомобильный транспорт эмитирует в воздух такие загрязнители, как CO, NO_x, HC, PM, CO₂, которые оказывают отрицательное влияние на здоровье людей [1; 2; 5; 7; 8; 16]. К тому же CO₂ воздействует на климат, так как является одним из основных парниковых газов [16; 19]. Для исследования отрицательного влияния автомобильного транспорта на окружающую среду разработаны значительное количество моделей, позволяющие оценить общее количество выбросов отдельных вредных составляющих в атмосферу. Так, например, в работе [12] сообщается о модели для вычисления эмиссии углерода в окружающую среду автомобильным транспортом, разработанной Европейской комиссией в докладе МЕЕТ (методологии для оценки эмиссии загрязнителей воздуха транспортом) в виде

$$C = P + av + bv^2 + cv^3 + \frac{d}{v} + \frac{e}{v^2} + \frac{f}{v^3} \quad (1)$$

где C – эмиссия углерода в граммах, автомобиля, движущегося со скоростью v на дистанции 1 км. При этом показатели P, a, b, c, d, e, f зависят от типа автомобиля. Например, для тяжелого грузового транспорта установлены следующие значения для указанных показателей [12]: (1765; 17,8; 0; 0,00144; 0; 36076; 0).

Метод специфической мощности, характеризующий ту мощность, которую автомобиль преодолевает при езде был предложен в 1999 г. [10]. Этот метод часто используется для моделирования эмиссий автомобилей в окружающую среду при езде [9], что вызвано эффектом глобального потепления климата на планете. Общеизвестно, что основной причиной такого потепления является чрезмерное накопление в атмосфере парниковых газов (CH₄, CO₂, водяные пары, NO и др.), которые в значительной степени эмитируются в атмосферу автомобильным транспортом. В качестве мер противодействия этому можно ука-

зать на планы восьмерки развитых стран (G8) сократить такие выбросы на 50 % к 2050 году. Например, Австралия планирует сокращение таких эмиссий к 2050 году на 80 %.

Согласно данным, представленным в работе [14] ожидается, что уровень эмиссии CO₂ в атмосферу достигнет своего пика в 2030 г. и этот пик будет пройден благодаря активно применяемым мерам противодействия. В качестве меры, принимаемой в этом направлении можно указать новую Китайскую политику в отношении энергонасыщенности автомобилей (NEV), согласно которой автопроизводители к 2025 г. должны достичь в своей продукции показателя потребления топлива 4 л/100 км, по сравнению с 5 л/100 км в 2020 г. [14]. Указанное требование, в частности, может быть выполнено путем перехода на широкомасштабную электрификацию автотранспорта. Как результат такого решения проблемы были разработаны и реализованы различные проекты по изготовлению гибридных электрических машин, аккумуляторных (батареиных) автомобилей, а также электрических машины топливной ячейкой.

Для количественной оценки влияния автомобилей на окружающую среду были разработаны различные модели. Например, EPA USA (Агентство по защите окружающей среды США) разработало модель MOVES [20]. Европейская Комиссия (JRC) разработала специальную компьютерную программу COPERT для вычисления эмиссий при езде [17].

Подобные модели учитывают значительное количество факторов, такие как скорость автомобиля, ускорения при езде, физические характеристики автомобиля, влияние ветра и др. Дадим краткую характеристику некоторых из существующих моделей.

Модель EMIT был предложен в работе [3], согласно которой эмиссии в окружающую среду вызваны в основном такими факторами как скорость езды и ускорения. В этой модели отсутствует учет состояния дорог, расход топлива на кондиционирование и др.

Модель VT-MICRO был предложен в работах [4; 21] и представляет собой регрессионную модель, учитывающая мгновенные скорости и ускорения автомобиля. При этом данная модель учитывает состояние автомобиля при старте и позволяет оценить эмиссии только в фазе стабильной езды.

Модель MEF был предложен в работе [6]. Эта модель учитывает не только текущую скорость и ускорения, но и предысторию значений этих показателей в девяти предыдущих временных точках.

Также существуют модели серии SIDRA, содержащая четыре модели для подсчета потребления топлива [6; 11]. Так, например, модель SIDRA-Inst позволяет учитывать текущий расход топлива с учетом таких факторов, как скорость автомобиля, ускорение, состояние дороги, время дня.

Модель SIDRA-4 MODE позволяет рассчитать влияние как движения автомобиля, так и повторные остановки и старты в движении на некотором сегменте дороги.

Другой типичной моделью, предназначенной для вычисления эмиссии выбросов в атмосферу CO₂ автомобильным транспортом, является модель MARS [15], в виде

$$CO_2(t) = a_2[V_{i,j}^{PC}(t)]^2 + a_1V_{i,j}^{PC}(t) + a_0, \quad (2)$$

где CO₂(t) – эмиссия двуокиси углерода определенным типом автомобиля при движении из точки *i* в точку *j* (г/км); V_{*i,j*}^{PC}(t) – средняя скорость автомобиля; a₁, a₂, a₀ – параметры проекта MEET.

Как было отмечено выше, подобных моделей много и в большинстве из них в качестве базового аргумента используется скорость движения автотранспортом. Вместе с тем, скорость движения автотранспорта является функцией времени дня. Указанный вопрос подробно проанализирован в работе [15]. Согласно этой работе, в таком большом городе, как Киев, средняя скорость автомобилей зависит от деловой активности в течение дня (рис. 1).

В работе [18] приведено следующее выражение зависимости средней скорости от времени дня:

$$V(t) = 0,0111t^4 - 0,5933t^3 + 11,067t^2 - 83,874t + 238,34 \quad (3)$$

при R² = 0,7929, где *t* – время дня; V(*t*) – скорость движения автомобиля.

При этом, согласно [18], количество потребляемого топлива также зависит от скорости движения (см. рис. 2).

Для автомобилей указанная зависимость имеет вид

$$F = 0,0051V^2 - 0,4533V + 13,38 \quad (4)$$

при R² = 0,9927.

Следовательно, такие критерии, как (1), (2) и тому подобные, при экономико-экологическом подходе к оптимизации функционирования автотранспорта должны быть приняты во внимание. С учетом триады показателей (*F*, *V*, *t*), где *F* – потребляемое топливо; *t* – время дня; *V* – скорость движения; должна быть разра-

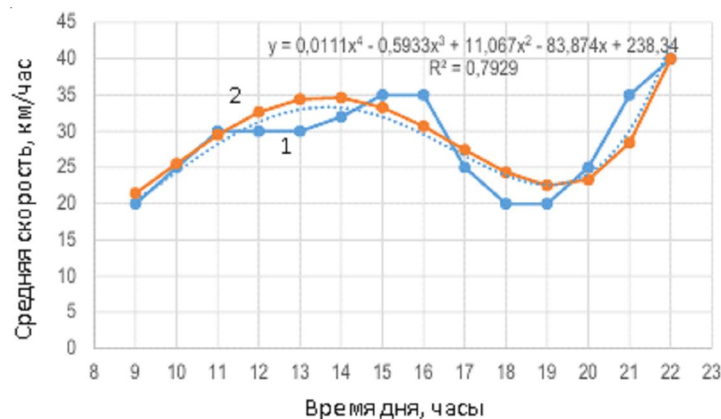


Рис. 1. Зависимость средней скорости автомобилей от времени дня:

1 – фактическая кривая; 2 – полиномиальное приближение

ботана соответствующая методика расчета оптимального режима функционирования транспорта и вычислены оптимальные режимные соотношения.

Материалы и методы

С учетом вышеизложенного можно предложить трехмерное представление режимных показателей функционирования автотранспорта (рис. 3).

На основе экономико-экологического подхода к эффективности функционированию автотранспорта можно предложить следующую общую методику вычисления вредных выбросов в атмосферу:

1. Задаваясь показателем расхода F или временем дня t_i графическим методом определяем скорость движения V_i и время дня или расход.

2. Используя модели (1), (2) или им подобные, вычисляем текущие в течение дня эмиссии C и CO_2 в окружающую среду.

Как видно из трехмерного представления режимных показателей функционирования автотранспорта при экономико-экологическом подходе существует обратная зависимость между показателями v и комплексным показателем

$$S = Ft. \quad (5)$$

Вводимый здесь комплексный показатель S физически означает суммарный рас-

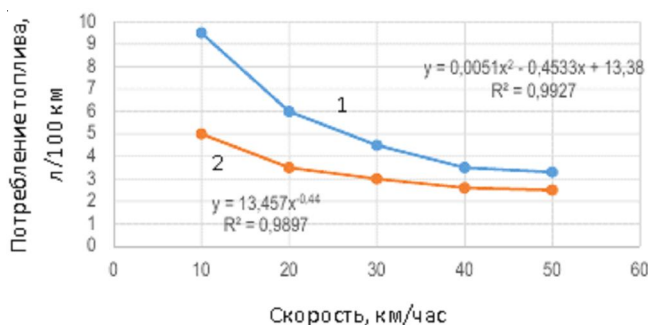


Рис. 2. Кривые зависимости потребляемого топлива от скорости движения [21]:

1 – для автомобилей; 2 – для мотоциклов

Примечание. Источник: [21]

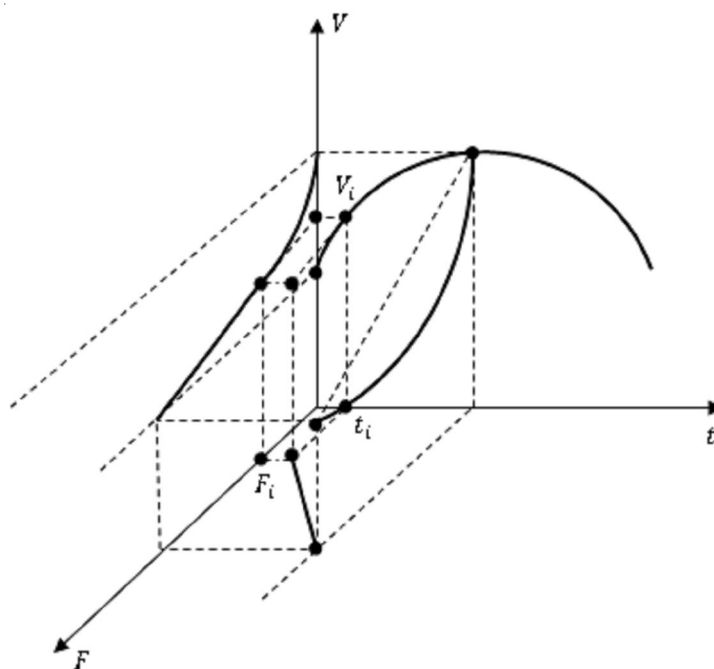


Рис. 3. Трехмерное представление режимных показателей функционирования автотранспорта

ход растущего потока автомобилей, в котором количество автомобилей в потоке увеличивается пропорционально текущему времени. При этом может быть сформирован непрерывный или дискретный поток автомобилей, данные расхода которых передается в телематическую систему [13].

С учетом выражений (4) и (5) напомним

$$S = a_1 V^2 t - a_2 V t + a_3 t, \quad (6)$$

где $a_1 = 0,0051$; $a_2 = 0,4533$; $a_3 = 13,32$.

Введем на рассмотрение функцию

$$V = f(t) \quad (7)$$

и с учетом выражений (6) и (7) сформируем следующий целевой функционал:

$$F = \frac{1}{t_{max}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} [a_1 f(t)^2 t - a_2 f(t) t + a_3 t] dt, \quad (8)$$

где

$$F = \frac{1}{t_{max}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} S(V(t), t) dt. \quad (9)$$

Допустим, что средняя скорость V в течение дня является постоянной величиной, то есть

$$\frac{1}{t_{max}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt = C; \quad C = const. \quad (10)$$

С учетом выражений (8) и (10) сформируем целевой функционал безусловной вариационной оптимизации F_0 :

$$F_0 = \frac{1}{t_{max}} \int [a_1 f(t)^2 t - a_2 f(t) t + a_3 t] dt + \lambda \left[\frac{1}{t_{max}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt - C \right], \quad (11)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Решение задачи (11) согласно методу Эйлера должно удовлетворить условию

$$\frac{d\{a_1 f(t)^2 t - a_2 f(t) t + a_3 t + \lambda f(t)\}}{df(t)} = 0. \quad (12)$$

Из условия (12) получаем

$$2a_1 f(t)t - a_2 + \lambda = 0. \quad (13)$$

Из выражения (13) находим

$$f(t) = \frac{a_2 - \lambda}{2a_1 t}. \quad (14)$$

Для выражения λ с учетом (10) и (14) запишем

$$\frac{1}{t_{max}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} \frac{a_2 - \lambda}{2a_1 t} dt = C. \quad (15)$$

Из выражения (15) получим

$$\frac{a_2}{2t_{max}a_1} \ln \frac{t_{max}}{t_{min}} - \frac{\lambda}{2a_1 t_{max}} \ln \frac{t_{max}}{t_{min}} = C. \quad (16)$$

Из выражения (16) находим

$$\frac{a_2}{2t_{max}a_1} - \frac{\lambda}{2a_1 t_{max}} = \frac{C}{\ln \frac{t_{max}}{t_{min}}}. \quad (17)$$

Из выражения (17) получим

$$\begin{aligned} \lambda &= \left[\frac{a_2}{2t_{max}a_1} - \frac{C}{\ln \frac{t_{max}}{t_{min}}} \right] 2a_1 t_{max} = \\ &= a_2 - \frac{2t_{max}a_1 C}{\ln \frac{t_{max}}{t_{min}}} \end{aligned} \quad (18)$$

С учетом выражений (14) и (18) окончательно получим

$$f(t) = \frac{\frac{t_{max}C}{\ln \frac{t_{max}}{t_{min}}}}{t} = \frac{C t_{max}}{t \ln \frac{t_{max}}{t_{min}}}. \quad (19)$$

Таким образом, при принятых допущениях экстремум F_0 появляется при обратной зависимости V и t . При этом экстремум является минимумом, так как производная выражения (13) по $f(t)$ оказывается всегда положительной величиной.

При обратной зависимости скорости от текущего времени среднесуммарный расход топлива в указанном растущем потоке автомобилей достигает минимума.

В настоящей статье рассмотрены такие вопросы, как разработка методики определения основных показателей функционирования автомобилей. Показано, что, задавшись расходом топлива или дневным временем, можно

определить соответственно скорость передвижения и дневное время или расход топлива.

Также рассмотрен вопрос о минимизации расхода топлива в потоке автомобилей, количество которых увеличивается пропорционально во времени. Показано, что при постоянстве средней скорости движения расход топлива в таком потоке имеет минимум на участке, в котором скорость движения уменьшается во времени.

Заключение

В ходе выполнения научного исследования была разработана методика взаимосвязанного определения таких показателей функционирования автомобилей как расход, топлива, скорость движения, дневное время. Было показано, что суммарный расход топлива в потоке автомобилей, в котором количество машин увеличивается пропорционально времени, при постоянстве средней скорости, на участке движения, где скорость уменьшается во времени, достигает минимума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венецианский, А. С. Дистанционный мониторинг качества атмосферного воздуха города Волгограда / А. С. Венецианский, Е. А. Иванцова, М. П. Шуликина // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 21–28. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>
2. Зализняк, Е. А. КРП государственного управления безопасностью в техносфере на примере охраны атмосферного воздуха / Е. А. Зализняк, Е. А. Иванцова, Е. Р. Зализняк // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 38–50. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.5>
3. A Statistical Model of Vehicle Emissions and Fuel Consumption / A. Cappiello [et al.] // The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems. – 2002. – P. 801–809.
4. Ahn, K. Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels / K. Ahn, H. Rakha, A. Trani // Journal of Transportation Engineering. – 2002. – Vol. 128, № 2. – P. 182–190.
5. Arceo-Gomez, E. O. Does the Effect of Pollution on Infant Mortality Differ Between Developing and Developed Countries? Evidence from Mexico City / E. O. Arceo-Gomez, R. Hanna, P. Oliva // SSRN Electronic Journal. – 2012. – Vol. 126, № 591. – DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2137022>
6. Bowyer, D. P. Guide to Fuel Consumption Analyses for Urban Traffic Management / D. P. Bowyer, R. Akcelik, D. C. Biggs. – Special Report SR No. 32. – Vermont South : ARRB Transport Research, 1985. – 101 p.
7. Chen, Y. Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China's Huai River Policy / Y. Chen, A. Ebenstein, M. Greenstone, H. Li // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2013. – Vol. 110, № 32. – P. 12936–12941. – DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1300018110>
8. Childhood Asthma and Exposure to Traffic and Nitrogen Dioxide / W. J. Gauderman [et al.] // Epidemiol. – 2005. – Vol. 16, № 6. – P. 737–743.
9. EU Transport in Figures: Statistical Pocketbook 2021 / European Commission. – URL: https://transport.ec.europa.eu/facts-funding/studies-data/eu-transport-figures-statistical-pocketbook/statistical-pocketbook-2021_en
10. Jimenez-Palacios, J. L. Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions With Vehicle Specific Power and Tildas Remote Sensing / J. L. Jimenez-Palacios. – URL: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/44505>
11. Linton, C. Approaches and Techniques for Modelling CO₂ Emissions from Road Transport / C. Linton, S. Grant-Muller, W. F. Gale // Transport Reviews. – 2015. – Vol. 35, № 4. – P. 1–21.
12. Liu, C. Path Optimization Model for Urban Transportation Networks Under the Perspective of Environmental Pollution Protection / C. Liu, Z. Li, Y. Li // Hindawi Journal of Advanced Transportation. – 2021. – Vol. 2021 (02). – P. 1–11.
13. Mamedov, Sh. E. Informative Model of Vehicle Telematics Data Cluster Collection Using UAV / Sh. E. Mamedov, E. R. Rahimov // Synchroninfo Journal. – 2024. – Vol. 10, № 2. – P. 21–27.
14. Parallel Management Regulation for Corporate Average Fuel Consumption and New Energy Vehicle Credits, 2020 / Ministry of Industry and Information Technology PRC. – URL: https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/flfg/art/2020/art_2337a6d7ca894c5c8e8483cf9400ecdd.html
15. Pfaffenbichler, P. The Strategic Dynamic and Integrated Urban Land Use and Transport Model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator): Development, Testing and Application : Doctoral Thesis / P. Pfaffenbichler. Wien, 2003. – 200 p.
16. Pindyck, R. S. Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? / R. S. Pindyck // J. Econ. Lit. – 2013. – Vol. 51, № 3. – P. 860–872.
17. Road Vehicle Emission Rates Development: A Review / V. Franco [et al.] // Atmos Environ. – 2013. – Vol. 70. – P. 84–97.

18. Savchenko, L. V. Modeling Daily Dynamics of Speed and Fuel Consumption for Urban Delivery Means / L. V. Savchenko, M. M. Semeriahina, I. V. Shevchenko // *The Electronic Scientifically and Practical Journal. Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management*. – 2021. – Vol. 9, № 8. – P. 31–43.

19. Stern, N. The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk Onto Already Narrow Science Models / N. Stern // *J. Econ. Lit.* – 2013. – Vol. 51, № 3. – P. 838–859.

20. USEPA. Population and Activity of On-road Vehicles in MOVES2014. – URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=OTAQ&dirEntryId=309336

21. Virginia Tech Comprehensive Power-Based Fuel Consumption Model: Model Development and Testing / H. Rakha [et al.] // *Transportation Research. Part D: Transport and Environment*. – 2004. – Vol. 9, № 1. – P. 49–74.

REFERENCES

1. Venetsiansky A.S., Ivantsova E.A., Shulikina M.P. Distantionny monitoring kachestva atmosfernogo vozdukhа goroda Volgograda [Remote Monitoring of Air Quality in the City of Volgograd]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>

2. Zaliznyak E.A. Ivantsova E.A., Zaliznyak E.R. KPI gosudarstvennogo upravleniia bezopasnostiu v tekhnosfere na primere okhrany atmosfernogo vozdukhа [KPI of State Safety Management in the Technosphere on the Example of Atmospheric Air Protection]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 38-50. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.5>

3. Capiello A., Chabini I., Nam E.K. A Statistical Model of Vehicle Emissions and Fuel Consumption. *The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2002, pp. 801-809.

4. Ahn K., Rakha H., Trani A. Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels. *Journal of Transportation Engineering*, 2002, vol. 128, no. 2, pp. 182-190.

5. Arceo-Gomez E.O., Hanna R., Oliva P. Does the Effect of Pollution on Infant Mortality Differ Between Developing and Developed Countries? Evidence from Mexico City. *SSRN Electronic Journal*, 2012, vol. 126, no. 591. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2137022>

6. Bowyer D.P., Akcelik R., Biggs D.C. *Guide to Fuel Consumption Analyses for Urban Traffic*

Management, Special Report SR No. 32. Vermont South, ARRB Transport Research, 1985. 101 p.

7. Chen Y., Ebenstein A., Greenstone M., Li H. Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China’s Huai River Policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, vol. 110, no. 32, pp. 12936-12941. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1300018110>

8. Gauderman W.J., Avol E., Lurmann F. et al. Childhood Asthma and Exposure to Traffic and Nitrogen Dioxide. *Epidemiol.*, 2005, vol. 16, no. 6, pp. 737-743.

9. *EU Transport in Figures: Statistical Pocketbook 2021*. URL: https://transport.ec.europa.eu/facts-funding/studies-data/eu-transport-figures-statistical-pocketbook/statistical-pocketbook-2021_en

10. Jimenez-Palacios J.L. *Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing*. URL: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/44505>

11. Linton C., Grant-Muller S., Gale W.F. Approaches and Techniques for Modelling CO₂ Emissions from Road Transport. *Transport Reviews*, 2015, vol. 35, no. 4, pp. 1-21.

12. Liu C., Li Z., Li Y. Path Optimization Model for Urban Transportation Networks Under the Perspective of Environmental Pollution Protection. *Hindawi Journal of Advanced Transportation*, 2021, vol. 2021 (02), pp. 1-11.

13. Mamedov Sh.E., Rahimov E.R. Informative Model of Vehicle Telematics Data Cluster Collection Using UAV. *Synchroinfo Journal*, 2024, vol. 10, no. 2, pp. 21-27.

14. *Parallel Management Regulation for Corporate Average Fuel Consumption and New Energy Vehicle Credits, 2020*. URL: https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/flfg/art/2020/art_2337a6d7ca894c5c8e8483cf9400ecdd.html

15. Pfaffenbichler P. *The Strategic Dynamic and Integrated Urban Land Use and Transport Model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator): Development, Testing and Application: Doctoral Thesis*. Wien, 2003. 200 p.

16. Pindyck R.S. Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? *J. Econ. Lit.*, 2013, vol. 51, no. 3, pp. 860-872.

17. Franco V., Kousoulidou M., Muntean M. et al. Road Vehicle Emission Rates Development: A Review. *Atmos Environ*, 2013, vol. 70, pp. 84-97.

18. Savchenko L.V., Semeriahina M.M., Shevchenko I.V. Modeling Daily Dynamics of Speed and Fuel Consumption for Urban Delivery Means. *The Electronic Scientifically and Practical Journal. Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management*, 2021, vol. 9, no. 8, pp. 31-43.

19. Stern N. The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk onto Already Narrow Science Models. *J. Econ. Lift.*, 2013, vol. 51, no. 3, pp. 838-859.

20. USEPA. *Population and Activity of On-Road Vehicles in MOVES2014*. URL: <https://cfpub.epa.gov/si/>

[si_public_record_report.cfm?Lab=OTAQ&dirEntryId=309336](#)

21. Rakha H., Ahn K., Moran K. et al. Virginia Tech Comprehensive Power-Based Fuel Consumption Model: Model Development and Testing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2004, vol. 9, no. 1, pp. 49-74.

Information About the Authors

Elchin B. oglu Iskenderzade, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Director, Research Institute of Aerospace Informatics of the National Aerospace Agency, S.S. Akhundova St, 1, AZ1115 Baku, Republic of Azerbaijan, isgenderzadeh@rambler.ru

Elshan R. oglu Rahimov, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Informatics and Management of Technical Systems, Baku Higher School of Petroleum, Prosp. Khojaly, 30, AZ1025 Baku, Republic of Azerbaijan, elshan.rahimov@bhos.edu.az

Jeyhun R. oglu Rahimov, Candidate of Sciences (Economics), Department of Economics and Management, Azerbaijan Technical University, Prosp. G. Javida, 25, AZ1125 Baku, Republic of Azerbaijan, jeyhun.rahimov@aztu.edu.az

Информация об авторах

Эльчин Барат оглы Искендерзаде, доктор технических наук, профессор, директор, НИИ аэрокосмической информатики Национального аэрокосмического агентства, ул. С.С. Ахундова, 1, AZ1115 г. Баку, Азербайджанская Республика, isgenderzadeh@rambler.ru

Эльшан Расиф оглы Рагимов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и управление техническими системами», Бакинская высшая школа нефти, просп. Ходжалы, 30, AZ1025 г. Баку, Азербайджанская Республика, elshan.rahimov@bhos.edu.az

Джейхун Расиф оглы Рагимов, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент», Азербайджанский технический университет, просп. Г. Джавида, 25, AZ1125 г. Баку, Азербайджанская Республика, jeyhun.rahimov@aztu.edu.az