

UDC 625.7

## REVOLUTIONIZING TRANSPORTATION NETWORKS: AI-ENABLED SOLUTIONS FOR NEXT-GENERATION HIGHWAY SYSTEMS

**Balashova Yu.B.***c.t.s., as.prof..*

ORCID: 0000-0002-2286-9263

**Balashov A.O.***student*

ORCID ID: 0009-0007-5833-0888

*Ukrainian State University of Science and Technologies ESI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005*

**Abstract.** *The integration of artificial intelligence (AI) into highway design represents a transformative shift in transportation infrastructure development. By leveraging AI, engineers and planners can optimize road layouts, enhance safety, reduce environmental impact, and improve traffic management. This paper explores the application of AI in highway design, drawing insights from recent research and case studies. Key areas of focus include the use of AI for predictive modeling, real-time traffic management, and the integration of the Internet of Things (IoT) for intelligent transportation systems. The discussion highlights the potential of AI to revolutionize highway design and addresses challenges such as data privacy, computational complexity, and the need for interdisciplinary collaboration.*

**Key words:** *Artificial Intelligence (AI), Highway Design, Intelligent Transportation Systems (ITS), Internet of Things (IoT), Predictive Modeling, Real-Time Traffic Management, Environmental Impact Assessment, Data Privacy, Autonomous Vehicles, Smart Infrastructure.*

### Introduction.

Highway design is a complex process that involves balancing multiple factors, including safety, efficiency, environmental sustainability, and cost. Traditional methods rely heavily on manual analysis and static models, which may not account for dynamic variables such as real-time traffic patterns or future urban growth. Artificial intelligence offers a powerful toolset to address these challenges by enabling data-driven decision-making, predictive analytics, and automation. This paper examines how AI can be integrated into highway design, focusing on its applications in intelligent transportation systems (ITS), traffic management, and infrastructure optimization [1].

### Main text.

*Predictive Modeling and Simulation.* AI algorithms, particularly machine learning (ML) models, can analyze vast datasets to predict traffic patterns, accident risks, and environmental impacts. For instance, the study by [2] highlights the use of AI to design

an intelligent transportation system based on IoT and AI technologies. By integrating real-time data from sensors and cameras, AI can simulate various highway design scenarios and predict their outcomes. This capability allows engineers to optimize road layouts, minimize congestion, and enhance safety before construction begins.

*Real-Time Traffic Management.* AI-powered traffic management systems can dynamically adjust traffic signals, lane assignments, and speed limits based on real-time conditions. The research [3] demonstrates how remote sensing technologies, combined with AI, can monitor traffic flow and detect anomalies such as accidents or road hazards. These systems enable faster response times and reduce the likelihood of secondary incidents, improving overall highway efficiency [4].

The research [5] propose an innovative approach to highway vertical curve design using optimal control and differential geometry techniques. Their method leverages AI to optimize vertical alignments, ensuring smoother transitions and reducing the risk of accidents caused by abrupt changes in elevation. This approach highlights the potential of AI to enhance both safety and comfort in highway design.

*Environmental Impact Assessment.* AI can also play a critical role in assessing and mitigating the environmental impact of highway projects. By analyzing data on air quality, noise levels, and wildlife habitats, AI models can identify potential risks and propose design modifications to minimize harm. For example, AI-driven tools can optimize the placement of sound barriers or suggest alternative routes to protect sensitive ecosystems.

*Integration of IoT and AI in Highway Design.* The Internet of Things (IoT) is a key enabler of AI-driven highway design. IoT devices, such as sensors, cameras, and connected vehicles, generate real-time data that AI systems can analyze to improve decision-making. The study [6] emphasizes the importance of integrating IoT and AI to create a cohesive intelligent transportation system. For instance, IoT sensors embedded in roadways can monitor pavement conditions and detect wear and tear, allowing for proactive maintenance and reducing the risk of accidents.

Moreover, IoT-enabled vehicles can communicate with highway infrastructure to optimize traffic flow and enhance safety. For example, connected vehicles can receive

real-time updates on road conditions, weather, and traffic congestion, enabling drivers to make informed decisions. This integration of IoT and AI not only improves highway performance but also paves the way for autonomous vehicles, which rely heavily on real-time data and AI algorithms.

*Data Privacy and Security.* The widespread use of IoT devices and AI systems raises concerns about data privacy and security. Highway infrastructure collects vast amounts of data, including sensitive information about vehicle movements and user behavior. Ensuring the security of this data is critical to maintaining public trust and preventing cyberattacks.

*Computational Complexity.* AI algorithms, particularly deep learning models, require significant computational resources to process large datasets and perform complex analyses. This can pose challenges for implementation, especially in regions with limited access to advanced computing infrastructure.

*Interdisciplinary Collaboration.* Designing a highway using AI requires collaboration between engineers, data scientists, urban planners, and policymakers. Bridging the gap between these disciplines can be challenging, as each field has its own methodologies and priorities. Effective communication and coordination are essential to ensure that AI-driven solutions align with broader transportation goals.

*Case Study: AI-Driven Highway Design in Smart Cities.* The article [6] provides a practical example of how AI can be used to build roads in smart cities. By leveraging AI for route optimization and traffic prediction, cities can reduce congestion and improve mobility. The case study highlights the importance of integrating AI into the planning and design phases to achieve long-term benefits.

The research [6] further explore the application of AI in enhancing traffic safety at road intersections. Their research demonstrates how AI algorithms can analyze traffic patterns and optimize signal timings to reduce accidents and improve flow. This approach is particularly relevant for urban areas, where intersections are often hotspots for congestion and collisions.

*Future Directions.* As AI technology continues to evolve, its applications in highway design are expected to expand. Future research should focus on developing

more robust AI models that can account for uncertainties and adapt to changing conditions. Additionally, efforts should be made to standardize data collection and sharing protocols to facilitate the integration of AI across different regions and jurisdictions.

### **Summary and conclusions.**

The use of artificial intelligence in highway design offers immense potential to transform transportation infrastructure. By enabling predictive modeling, real-time traffic management, and environmental impact assessment, AI can help create safer, more efficient, and sustainable highways. However, realizing this potential requires addressing challenges related to data privacy, computational complexity, and interdisciplinary collaboration. As technology advances and stakeholders work together, AI-driven highway design will play a pivotal role in shaping the future of transportation.

### **References:**

- 1.E. Ranyal, A. Sadhu, K. Jain / Road Condition Monitoring Using Smart Sensing and Artificial Intelligence: A Review / (2022) 22(8):3044 / URL: <https://doi.org/10.3390/s22083044> / <https://www.mdpi.com/journal/sensors>  
<https://www.researchgate.net/publication/360046012> Road Condition Monitoring Using Smart Sensing and Artificial Intelligence A Review
- 2.Yang Cui, Dongfei Lei / Design of Highway Intelligent Transportation System Based on the Internet of Things and Artificial Intelligence / (2023): IEEE Access PP(99):1-1 / DOI:10.1109/ACCESS.2023.3275559 / URL: <https://www.researchgate.net/publication/370709030> Design of Highway Intelligent Transportation System Based on the Internet of Things and Artificial Intelligence
3. Balashov A. / Attention-integrated convolutional neural networks for enhanced image classification: a comprehensive theoretical and empirical analysis / International periodic scientific journal "Modern engineering and innovative technologies" ISSN 2567-5273, Issue №35, Part 2, October 2024, Karlsruhe, Germany, p. 18-27. / URL:

<https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-35-00-030>

[http:// www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit35-00-030](http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit35-00-030)

<https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit35-02/meit35-02>

4. Balashov A. Enhancing image classification with attention-integrated convolutional neural networks: a comprehensive theoretical and empirical study // Current trends in scientific research development. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Boston, USA. 2024. Pp. 161-166. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-14-16-11-2024-boston-ssha-arhiv/>.

5. Balashova Yu.B., Balashov A.O. / Optimal control and differential geometry approaches to highway vertical curve design using artificial intelligence techniques / International periodic scientific journal "SWorldJournal" ISSN 2663-5712, Issue №28, Part 1, November 2024, Svishtov, Bulgaria, p. 119-122.

URL: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-28-00-041>

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/issue/view/swj28-01/swj28-01>

URL: [https:// www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj28-00-041](https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj28-00-041)

6. Balashova Yu., Balashov A. / Enhancing traffic safety at road intersections with artificial intelligence // Current trends in scientific research development. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Boston, USA. 2025. Pp. 151-156. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-13-15-02-2025-boston-ssha-arhiv/>.

sent: 19.02.2025

© Balashova Yu.B.

УДК 656.2

## DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND TRANSPORT SYSTEMS

## АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Malishevskaya A.S. / Малішевська А.С.

с.т.с. ас., / к.т.н., ас.

ORCID :0000-0002-4780-7691

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feurbacha 7, 65001

Український державний університет залізничного транспорту Харків, Феєрбаха 7, 65001

**Анотація.** Проведено аналіз сучасного стану фінансування залізничної інфраструктури, забезпечення відновлення та аварійних ремонтів залізничної інфраструктури.

**Ключові слова:** залізнична інфраструктура, забезпечення, залізнична колія, аварійні ремонти.

**Abstract.** The current state of financing of railway infrastructure, provision of restoration and emergency repairs of railway infrastructure is analyzed.

**Keywords:** railway infrastructure, provision, railway track, emergency repairs

**Вступ.**

Функціональне призначення залізничної інфраструктури транспорту це забезпечення перевезень. Колійне господарство є складовою залізничного транспорту, та потребує відповідного забезпечення.

**Основний матеріал.** Основним завданням залізничної галузі на сьогодні, в умовах російської агресії, є відновлення та збільшення пропускної спроможності, що є необхідним для соціальних потреб та забезпечення ефективного функціонування галузей економіки.

В межах проєкту Стратегії розвитку виробничих спроможностей залізничного транспорту України до 2030 року розглянути ключові потреби в капітальних інвестиціях за період 2025- 2030 серед яких фінансування проєктів :

-Інфраструктура колії 1520 мм – 145,4 млрд грн;

-Інфраструктура колії 1435 мм – 43,3 млрд грн. [1]

Забезпечення третини потреб галузь планує фінансувати самостійно. Інша частина для реалізації програми можлива за умови залучення до 290 млрд грн додаткового фінансування. Такий підхід має стати прискорювачем розвитку залізничного транспорту, забезпечуючи ефективність, надійність та доступність залізничних перевезень для споживачів.

Останнім часом забезпечення та розвиток залізничної інфраструктури в Україні зазнали значних змін.

Зупинка фінансування американським агентством більшості своїх проєктів в Україні включаючи підтримку залізничної інфраструктури створила суттєві виклики для розвитку транспортної інфраструктури та її модернізації. Однак наряду зі складностями з'явилась можливість фінансування програм у сфері енергетики та інфраструктури в Україні з боку Японського агентства з міжнародного співробітництва. Також з боку Європейського Союзу продовжується підтримка модернізації української залізничної мережі в тому числі для розвитку колії європейського стандарту 1435 мм.

На початку 2025 року Світовий банк анонсував проєкт "Відновлення основної логістичної інфраструктури та приєднання до мережі", що фінансується за рахунок гранту у 280 мільйонів доларів від Цільового фонду підтримки, відновлення, відбудови та реформування в Україні. Завдяки цієї підтримки можливе відновлення важливих сполучень різними видами транспорту перш за все залізничних, автомобільних, а також робота портів на Дунаї в Україні, також виконання аварійних ремонтів та придбання обладнання для їх виконання.

Суттєву роль в реалізації проєкту відіграло Управління ООН з обслуговування проєктів здійснивши доставку обладнання. Завдяки цьому обладнанню Укрзалізниця змогла відновити сполучення потягів між регіонами та звільненими територіями, які були відрізані через бойові дії, що втричі пришвидшило відновлювання пошкоджених колій та інженерних споруд без посередників. [2,3]

### **Висновки.**

Аналіз сучасного стану фінансового забезпечення залізничної інфраструктури незважаючи на мінливість та додаткові виклики свідчить, що Україна для розвитку, модернізації своєї залізничної інфраструктури та інтегрування її з європейськими транспортними мережами має власні джерела та суттєву підтримку від міжнародних партнерів.

## **Література**

1 <https://www.railinsider.com.ua/ukrzaliznytsia-investments-2030/>

2 USAID призупинило фінансування залізничних проєктів в Україні – що далі? URL: <https://www.railinsider.com.ua/usaaid-pryzupynylo-finansuvannya-uz/>

3 Відновлення та трансформація українських залізниць для кращого майбутнього URL: [https://www.worldbank.org/uk/news/feature/2025/01/16/restoring-and-transforming-ukrainian-railways-for-a-better-future?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.worldbank.org/uk/news/feature/2025/01/16/restoring-and-transforming-ukrainian-railways-for-a-better-future?utm_source=chatgpt.com)