

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ТРАНСПОРТУ ТА ЛОГІСТИКИ**

КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ 2025 МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ОНЛАЙН-
КОНФЕРЕНЦІЇ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ, ДОКТОРАНТІВ ТА МОЛОДИХ
УЧЕНИХ**

ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

м. Київ, 20 травня 2025 р.

УДК 656.7 (02)
П 234

Редакційна колегія збірника

Головний редактор – зав. каф. ОАП, д.т.н., с.н.с. Разумова К.М.
Відповідальний редактор – ст. викл. каф. ОАП Стенякін І.А.

П 234

Інноваційні транспортні технології та транспортні системи: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції. – К.: KAI, 2025. – 76 с.

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL ONLINE CONFERENCE
FOR STUDENTS, GRADUATE STUDENTS, DOCTORAL STUDENTS AND YOUNG
SCIENTISTS «INNOVATIVE TRANSPORT TECHNOLOGIES AND TRANSPORT
SYSTEMS»**

Основною метою конференції було формування професійної спільноти для обговорення проблем інноваційних транспортних технологій та транспортних систем.

Актуальність обраної тематики для проведення науково-технічної онлайн конференції не викладає сумнівів, оскільки вирішення сучасних проблем інноваційних транспортних технологій та транспортних систем є невід'ємною складовою успішного розвитку країни.

The main purpose of the conference was to form a professional community to discuss the problems of innovative transport technologies and transport systems.

The relevance of the chosen topics for the scientific-technical conference is indisputable, since the solution of modern problems of transport technologies and transport systems. is an integral part of the successful development of the country.

Відповідальність за достовірність розміщених матеріалів несуть їх автори, висловлені у цих матеріалах думки можуть не збігатися з точкою зору редакційної колегії збірника.

УДК 656.7 (02)

ЗМІСТ

Didychenko O.S.

MATHEMATICAL MODELING OF INTERMODAL TRANSPORT NETWORKS FOR EFFICIENT FREIGHT TRANSFER.....6

Drozdovich Kseniya

ENVIRONMENTAL TRANSFORMATION OF THE AVIATION SECTOR: NEW TECHNOLOGIES AND STRATEGIES FOR REDUCING THE CARBON FOOTPRINT.....9

Dushkevych Bohdana

IMPLEMENTATION OF EUROPEAN PRINCIPLES FOR THE MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF AVIATION INFRASTRUCTURE IN UKRAINE12

Havryliuk Solomiya

INNOVATIVE DIGITAL SOLUTIONS IN AIR TRANSPORT MANAGEMENT14

Holuzynets Roksolana

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE METHODS OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT17

Anna Kres

SMART TECHNOLOGIES IN AVIATION TRANSPORT: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTOMATION.....21

Kulyk Lesia

RESTORATION OF AIR TRANSPORT IN UKRAINE AFTER THE WAR23

Landysheva Mariia

RESTORATION AND MODERNIZATION OF AIRPORTS AFTER THE PANDEMIC AND MILITARY CHALLENGES.....27

Poliukhovych N. I

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS29

Ponkratova Sofiia

ECO-FRIENDLY TECHNOLOGIES IN MODERN TRANSPORT SYSTEMS.....32

Tarakhtii A.A.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THREAT DETECTION AT THE AIRPORT.....34

Tverdokhlib A.V.

THE IMPORTANCE OF NON-AVIATION ACTIVITIES AT THE AIRPORT.....38

Висоцька І.І.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....41

Джафарова Е.І., Мальцева О.Р

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТАХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ44

Дунаєва А.В.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ.....46

Makedons 'ka Anastasiia

*CYBER THREATS IN AVIATION TRANSPORT: ANALYSIS OF NAVIGATION SYSTEM
VULNERABILITIES AND PROTECTION METHODOLOGIES 48*

Січкарь М.О

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ..... 50

Мальцева О.Р., Джафарова Е.І

*ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЕТАПІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО СУДНА..... 54*

Марченко В.С

*ІШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЯК НОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ
СФЕРИ..... 56*

Романчук М.А.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АЕРОТАКСІ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОЛІТАКІВ 60

Романчук М.А.

*ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДРОНІВ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ НА ВНУТРІШНІХ
ВОДНИХ ШЛЯХАХ..... 65*

Шаповалова А.Ю.

*ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
УКРАЇНИ..... 69*

Шинкарук А.В.

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ В ЕПОХУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ 72

ПЕРЕДМОВА

В рамках запланованих заходів у Київському авіаційному інституті кафедрою організації авіаційних перевезень було проведено IV Міжнародну науково-технічну онлайн конференцію для студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених «Інноваційні транспортні технології та транспортні системи».

Конференція пройшла у дистанційному режимі. Основною метою конференції було формування професійної спільноти для обговорення проблем організації перевезень та управління на повітряному транспорті, управління транспортними процесами у туристичній індустрії та при агентуванні вантажів.

Тематичними напрямками роботи конференції були:

- Проблеми і перспективи розвитку транспортних перевезень та технологій (за видами транспорту);
- Розвиток авіаційних пасажирських та вантажних перевезень в Україні: тренди, перспективи, технології;
- Інтелектуальні транспортні системи;
- Інноваційні технології організації перевезень.

На секційному засіданні відбулася дискусія, яка включила в себе обговорення, зокрема, проблем підвищення надійності перевезення вантажів в інтегрованих транспортних системах, ролі та місця безпілотної авіації в сучасних умовах, аналітичних даних про діяльність міжнародних авіакомпаній, проблем організації перевезень та управління повітряним транспортом країн світу, екологічного благоустрою будівель аеропорту, застосування теорії ігор у безпеці аеропорту, відновлення транспортної інфраструктури, як ключової перспективи підвищення рівня ефективності українських аеропортів тощо.

За результатами роботи конференції зроблені наступні висновки:

1. Учасниками конференції були представлені актуальні напрями досліджень щодо вирішення сучасних проблем організації перевезень та управління на повітряному транспорті, управління транспортними процесами у туристичній індустрії та при агентуванні вантажів.
2. З метою стимулювання наукової складової конференції запропоновано:
 - активізувати представлення на обговорення наукових результатів магістрантів, аспірантів та молодих науковців;
 - розширити дискусійну складову конференції;
 - поглибити залучення фахівців з інших країн, а також авіаційних підприємств України та державних органів влади до роботи конференції.
3. Після заслуховування і обговорення представлених доповідей на конференції пропонуємо:
 - використовувати матеріали проведеної міжнародної конференції для підготовки студентів, аспірантів, докторантів;
 - за результати проведення конференції здійснити видання електронного збірника, який буде розміщений на сайті Факультету транспорту, менеджменту і логістики та у репозитарії НАУ.

Голова організаційного комітету

Д.О. Шевчук

UDC: 656.073.7:519.876**MATHEMATICAL MODELING OF INTERMODAL TRANSPORT NETWORKS FOR EFFICIENT FREIGHT TRANSFER***Didychenko O.S., student**National Aviation University, Kyiv*

Keywords: cost minimization, intermodal transport, mathematical modeling, transport network optimization

The growing complexity of global trade and the need for sustainable logistics solutions have increased the importance of intermodal freight transport, which combines different transport modes - road, rail, and sea within a single logistics chain. Intermodal systems offer reduced costs, improved delivery times, and environmental benefits. However, managing these systems requires coordination of infrastructure, schedules, and transfer points, which presents significant planning challenges.

Mathematical modeling provides an effective approach for optimizing intermodal networks by allowing structured analysis of routes, costs, and constraints. It enables informed decision-making in selecting optimal transport paths and transfer nodes.

This study is based on the development of a mathematical model designed to optimize intermodal freight transport networks by minimizing total transport and handling costs while considering transit times and logistical constraints. The model represents the transport system as a directed graph, where nodes correspond to logistics facilities (e.g., seaports, rail terminals, road hubs) and arcs represent transport connections across different modes.

An intermodal transport network is modeled as a directed graph $G = (N, A)$, where:

1. N is the set of nodes (terminals, ports, rail stations, warehouses),
2. A is the set of arcs representing transportation links between nodes.

Each arc $(i, j) \in A$ is characterized by:

1. Transport mode (road, rail, sea), $m \in M$
2. Distance between nodes, d_{ij}
3. Transit time, t_{ij}
4. Transport cost, c_{ij}

Transfer nodes include handling operations, which are associated with specific costs and time delays.

A cost minimization problem is formulated using the following decision variables:

1. $x_{ij}^m \in \{0,1\}$: binary variable indicating if arc (i,j) is used via mode m ,
2. $y_k \in \{0,1\}$: binary variable indicating if node k is used as a transfer point.

The objective function minimizes the total cost:

$$\min \sum_{(i,j) \in A} \sum_{m \in M} c_{ij}^m x_{ij}^m + \sum_{k \in M} h_k y_k$$

Subject to:

- Flow conservation constraints (goods must move from origin to destination),
- Mode-specific capacity constraints,
- Time window restrictions for delivery,
- Logical constraints linking use of transfer nodes and arcs.

A regional freight corridor in Eastern Europe was selected as a case study, integrating seaports, rail terminals, and road transport hubs. Data were sourced from logistics operators and transport ministries.

The model was tested on a network with:

1. 25 nodes (including ports, terminals, warehouses),
2. 85 transport arcs across road, rail, and maritime modes.

Key findings:

1. Intermodal integration reduced overall costs by **18%** compared to unimodal solutions.
2. Optimal utilization of transfer nodes concentrated at rail-sea junctions.
3. The average delivery time decreased by **12%**, particularly for long-haul corridors with fewer handling operations.

Sensitivity analysis revealed that:

1. Increasing road fuel prices made rail-sea combinations more favorable.
2. Enhancing port handling efficiency significantly improved network performance.

The computational model solved all scenarios within 5–10 minutes, indicating good scalability for medium-sized networks.

Conclusion

This study demonstrates that mathematical modeling is a valuable approach for optimizing intermodal freight transport networks. By integrating various modes into a single model and considering realistic constraints, the proposed method effectively reduces both costs and transfer times. Future work will focus on dynamic modeling to incorporate real-time data, uncertainty, and sustainability metrics, providing further support for logistics planning in smart transportation networks.

References:

1. European Commission. *EU Transport in Figures: Statistical Pocketbook 2020*. Publications Office of the European Union, 2020.
2. Gattuso, D., and A. Restuccia. "A Multimodal Freight Transport Model for Cost and Emission Optimization." *Sustainability*, vol. 12, 2020.
3. Islam, D. M. Z., T. H. Zunder, and R. Jackson. "A Decision Support Framework to Improve Intermodal Freight Transport Efficiency." *Transportation Research Procedia*, 2019, pp. 59–66.
4. Moura, A., and J. Neto. "Optimization Models for Freight Transportation: A Systematic Review." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021.
5. Qiao, Y., Y. Huang, and Y. Qian. "Optimization of Multimodal Transport Network Design under Carbon Tax Policy." *Journal of Cleaner Production*, 2021.

UDC 629.735:502.3

ENVIRONMENTAL TRANSFORMATION OF THE AVIATION SECTOR: NEW TECHNOLOGIES AND STRATEGIES FOR REDUCING THE CARBON FOOTPRINT

*Drozdovich Kseniya,
3d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Supervisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: sustainable aviation, decarbonization, emissions reduction, green technologies, eco-friendly fuels

The aviation industry is a significant contributor to global carbon emissions, necessitating a comprehensive review of sustainable practices and strategies to mitigate its environmental impact.

Against the backdrop of the global climate crisis and growing international pressure on industries with high greenhouse gas emissions, aviation has come under the spotlight. Although aviation's share of global carbon dioxide emissions is relatively small - approximately 2.5% - its impact on climate change is significant due to the high emissions, flight intensity, and projected traffic growth. According to the International Air Transport Association (IATA), the number of air passengers could double by 2050, which requires a radical transformation of existing approaches to the sustainable development of the aviation industry [1].

Realizing the goals of the Paris Agreement to limit global warming to 1.5°C requires a rapid reduction of the carbon footprint in all sectors of the economy, including aviation. This is possible through the introduction of the latest technologies, replacement of fossil fuels with alternative energy sources, optimization of aviation processes, digitalization, changes in the regulatory environment, and active investment attraction.

The purpose of this study is to systematize and analyze the main technologies, strategies and initiatives aimed at decarbonizing the aviation sector, including the use of sustainable aviation fuel (SAF), development of hydrogen and electric aviation, infrastructure modernization and implementation of international climate programs.

1. Sustainable aviation fuel (SAF)

SAF is a bio- or synthetic fuel produced from renewable raw materials: vegetable oils, animal fats, waste, hydrogen (combined with CO₂), algae. Advantages of SAF:

- reduction of lifetime CO₂ emissions by up to 80%;
- compatibility with existing jet engines (drop-in fuel);
- reduction of soot, NO_x and sulfate particles.

According to IATA forecasts, SAF should cover up to 65% of emission reductions by 2050. Today, the share of SAF in global aviation fuel consumption does not exceed 0.2%, but production facilities in the United States, the Netherlands, Singapore, and Norway are actively developing [2].

2. Hydrogen aviation

Hydrogen as an energy carrier can be used in two ways:

combustion in modified gas turbine engines;
electrochemical conversion into electricity through fuel cells.

Both approaches are zero-emission in terms of CO₂ emissions in flight. At the same time, challenges include:

- the need for hydrogen liquefaction (-253°C) and large storage volumes;
- rebuilding of fuel infrastructure at airports;
- technical adaptation of aircraft structures.

Airbus has announced the launch of a series of ZEROe hydrogen aircraft (for 100-200 passengers) by 2035. The company is also currently implementing the Hy4, H2Fly, and ZeroAvia projects for regional aviation [3].

3. Electric aviation

The main areas of development are:

- all-electric regional aircraft (e.g., Eviation Alice);
- hybrid systems with an electric motor for takeoff and landing;
- drones and battery-powered drones.

Although the low density of modern batteries limits the flight range (up to 400 km), electric aircraft demonstrate low noise, zero CO₂ emissions, and reduced maintenance. Their introduction is relevant for urban transportation, regional routes, and business flights [4].

4. Operational measures

In addition to technology, a significant share of emissions can be reduced through process optimization:

- eco-friendly taxiing with ground tugs (taxibot);
- optimization of flight routes through satellite navigation systems;

- reduction of airborne waiting time through the Single European Sky (SESAR);
- remote maintenance and digitalization of MRO procedures [5].

5. Economic and regulatory mechanisms

The ICAO's international system CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) has been in place since 2021 and provides for a gradual reduction of emissions through offsets and sustainable fuels. At the same time, the EU has implemented the EU ETS system, where airlines must purchase emission allowances or offset them with investments in green technologies.

Public funding for innovation, preferential taxation of SAF, and the formation of green tariffs (for example, Lufthansa and Air France introduce voluntary SAF fees for passengers) play a significant role [6].

The future of aviation is impossible without an active transition to low-carbon technologies. The development of SAF, hydrogen and electric propulsion, infrastructure modernization, implementation of digital solutions, and environmental regulation create the preconditions for achieving climate neutrality in the aviation sector by 2050.

As an important transit country with a strong aviation tradition, it is extremely important for Ukraine to integrate into global green initiatives, develop its own SAF production, support electric small aircraft projects, and modernize airports in line with future standards[7].

References:

1. ICAO Environmental Report 2022. International Civil Aviation Organization, 2022. URL: <https://surli.cc/ydakug>
2. IATA. Sustainable Aviation Fuel. 2025. URL: <https://www.iata.org>
3. Airbus ZEROe White Paper. Airbus, 2023. URL: <https://surli.li/dgdncy>
4. European Commission. Fit for 55: Reducing emissions from aviation. 2023. URL: <https://surli.li/myaivf>
5. CORSIA Implementation Guide. ICAO, 2022. URL: <https://surli.cc/rmspgg>
6. Sustainable Aviation. Decarbonisation Roadmap. UK, 2021. URL: <https://surli.lu/vlzaft>
7. EASA. Environmental protection in aviation. URL: <https://www.easa.europa.eu>

UDC 656.7:338.47(477)

IMPLEMENTATION OF EUROPEAN PRINCIPLES FOR THE MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF AVIATION INFRASTRUCTURE IN UKRAINE

*Dushkevych Bohdana,
3d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Advisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: aviation infrastructure, standards, sustainability, air traffic management, integration

The process of implementing European Union (EU) principles in the management and development of aviation infrastructure in Ukraine is crucial and important. It analyzes the legal, technical, and institutional mechanisms of integration with the EU aviation system. Emphasis is placed on the need to modernize Ukrainian aviation infrastructure in line with EU standards to improve safety, efficiency, competitiveness, and environmental sustainability.

Ukraine occupies a strategic position at the crossroads of European and Asian air corridors. The country's aviation infrastructure, however, remains underdeveloped and in need of modernization. Since the signing of the Common Aviation Area (CAA) Agreement with the EU in 2021, Ukraine has made efforts to adopt European standards and regulatory frameworks [1]. The implementation of these principles is critical for Ukraine's full integration into the European airspace and for boosting its aviation sector's global competitiveness.

The EU's approach to aviation infrastructure is based on several core principles:

- **Safety and Security:** Full compliance with European Union Aviation Safety Agency (EASA) standards is essential. This includes technical regulations, airport certification, and operational oversight [2].

- **Market Liberalization:** Open Skies agreements and deregulation foster competition and attract investment [3].

- **Environmental Sustainability:** In line with the European Green Deal and the "Fit for 55" package, infrastructure projects must meet climate neutrality goals [4].

- **Digitalization and Innovation:** Initiatives like the Single European Sky ATM Research (SESAR) promote efficiency through the adoption of digital air traffic management systems [5].

• **Intermodality and Network Integration:** Airports are considered multimodal hubs within the Trans-European Transport Network (TEN-T), enhancing accessibility and mobility [6].

3. Ukraine's Progress and Alignment Ukraine has begun harmonizing its aviation regulations with the EU acquis. The State Aviation Administration of Ukraine (SAAU) plays a pivotal role in this process. The country has already adopted key regulatory acts, such as:

• Regulation (EC) No 216/2008 on common rules in the field of civil aviation • Regulation (EU) No 139/2014 on aerodrome requirements

• Provisions regarding air traffic management, passenger rights, and state aid [1, 7].

Furthermore, several Ukrainian airports have initiated infrastructure development projects co-financed by international institutions such as the European Investment Bank (EIB) and the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) [8].

4. Barriers to Implementation Despite progress, Ukraine faces a number of challenges:

• **Infrastructure degradation** due to long-term underfunding and damage from military conflict.

• **Institutional inefficiencies** and bureaucratic obstacles.

• **Limited financial resources** for large-scale modernization.

• **Need for capacity-building** in technical and regulatory competencies Addressing these issues requires coordinated efforts from the government, international partners, and private stakeholders.

Thus, the successful implementation of European principles in Ukraine's aviation infrastructure development is essential for ensuring long-term integration into the EU aviation market. Although significant challenges remain, alignment with European norms brings opportunities for modernization, increased investment, and improved international connectivity.

References:

1. European Commission. EU-Ukraine Common Aviation Area Agreement. 2021. URL: <https://ec.europa.eu>
2. EASA. Basic Regulation (Regulation (EU) 2018/1139). European Union Aviation Safety Agency, 2018. URL: <https://www.easa.europa.eu>
3. European Commission. EU External Aviation Policy. Brussels, 2020. URL: <https://transport.ec.europa.eu>
4. European Commission. European Green Deal. COM(2019) 640 final. URL: <https://ec.europa.eu/green-deal>
5. SESAR Joint Undertaking. Digital European Sky: A Blueprint. Brussels, 2022. URL: <https://www.sesarju.eu>
6. European Commission. Trans-European Transport Network (TEN-T). Brussels, 2021. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/tent_en
7. European Parliament and the Council. Regulation (EU) No 139/2014. 2014. URL: <https://eur-lex.europa.eu>
8. European Investment Bank. Infrastructure Projects in Ukraine's Aviation Sector. 2023. URL: <https://www.eib.org>

UDC 330.341

INNOVATIVE DIGITAL SOLUTIONS IN AIR TRANSPORT MANAGEMENT

*Havryliuk Solomiya,
3d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Adviser - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: aviation digitalization, smart technologies, process automation, Internet of Things (IoT), route optimization

The international aviation sector is going through a digital revolution. Airlines and airports must implement cutting-edge technologies to improve operational effectiveness, safety, and customer experience as passenger volumes increase and competition heats up. Digital solutions satisfy the changing demands of tech-savvy travelers while also streamlining internal operations. Digitalization is essential to ensuring resilient and sustainable air transport management in the context of environmental challenges and post-pandemic recovery.

This study aims to investigate, evaluate, and assess the effects of recent digital advancements in air transport management on airline and airport performance. The study emphasizes the usefulness, advantages, and possible difficulties of putting such solutions into practice.

1. Digital Air Traffic Management Systems. The switch from conventional radar-based systems to satellite-based navigation and communication is among the most revolutionary developments. Programs like NextGen in the USA and SESAR in Europe are designed to minimize fuel consumption and optimize flight paths [1].

Impact: Installing contemporary ATM systems saves 300–500 kg of fuel per flight and cuts average flight times by 10-15%, according to EUROCONTROL. For instance, at an average fuel price of \$0.85/kg, a medium-haul flight that uses 400 kg of fuel per leg saves \$340 per flight. When multiplied by 5,000 flights per year, each airline would save \$1.7 million.

2. Automation and Smart Airports Digital technologies such as biometric security checks, RFID-based baggage tracking, automated check-in kiosks, and digital wayfinding have been incorporated into airports. These innovations reduce waiting time, operational costs, and improve the passenger experience [2].

Example: Dubai International Airport reduces boarding times by 30–40% by processing over 5,000 passengers per hour through smart gates using biometric facial recognition. IATA claims that automation at the boarding and check-in gates can reduce the average processing time per passenger from 10 to 4 to 5 minutes, thereby increasing airport capacity without the need for physical expansion.

3. Predictive analytics and artificial intelligence in airline operations AI is used by airlines to improve route planning, maintenance, and crew scheduling. Unplanned aircraft downtime is avoided with predictive maintenance based on AI data.

Calculation: Downtime is decreased by 20% if an airline has a fleet of 50 aircraft and AI can predict failures with 90% accuracy. Over \$3.65 million can be saved annually if each aircraft has an average downtime cost of \$10,000 per day.

4. Mobile Solutions and Digital Customer Experience Booking, boarding, real-time updates, and chatbot support are now all done through mobile apps. Up to 70% of customer inquiries are handled by AI chatbots on airlines like Lufthansa and Delta without the need for human intervention. Customer loyalty is increased through digital personalization. According to a 2023 SITA survey, 83% of travelers favor self-service options for the duration of their trip.

5. Blockchain Technology for Safe and Open Operations Blockchain is being investigated for digital identity verification, safe ticketing, and even luggage tracking. It makes inter-airline settlements easier and lowers the chance of fraud. Blockchain-based solutions for maintenance records have been tested by Air France and Lufthansa, enhancing compliance and trust.

Challenges and Considerations.

- Cybersecurity risks: The threat of cyberattacks increases with the interconnectedness of systems.
- High initial investment: Putting AI and smart infrastructure into place costs a lot of money.
- Training and change management: Employees need to get used to new procedures and systems [3].

Conclusions.

Modern air transport management requires digital innovation, not a luxury. Digital tools are changing the industry in a number of ways, from increasing passenger satisfaction to improving operational efficiency. Despite implementation difficulties, digital transformation is a strategic priority for all aviation stakeholders due to the long-term cost savings, sustainability, and customer satisfaction benefits.

References:

1. Solutions to light digital transformation in atm at airspace world. *Airspaceworld*, 2025. URL: <https://airspaceworld.com/blog/news/42-solutions-to-hhlight-digital-transformation-in-atm-at-airspace-world-2025/>
2. Technology and trends that can enhance airline and airport operations. *Uturetravelexperience*. 2025. URL: <https://www.futuretravelexperience.com/2025/01/12-technology-and-ex-trends-that-can-enhance-airline-and-airport-operations-in-2025/>
3. Airline tech-innovations. *OAG*, 2025. URL: <https://www.oag.com/blog/april-2025s-airline-tech-innovations>

UDC 005.591.6[658.7]:338.432

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE METHODS OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Holuzynets Roksolana,

3d year student,

Kyiv Aviation Institute,

Ukraine

Scientific Supervisor - Harazha Olena,

Doctor of Economics, Professor,

Kyiv Aviation Institute,

Ukraine

Keywords: innovation, logistics, automation, optimization, risk management

The global supply chain environment is experiencing rapid transformation, driven by increasing interconnectedness, recurring disruptions, evolving customer expectations, and growing sustainability demands. Traditional supply chain management approaches are becoming insufficient in addressing the complexities of today's business landscape. Organizations are compelled to adopt innovative strategies not only to stay competitive but to ensure operational resilience, efficiency, and long-term sustainability.

A key factor behind this shift is the growing complexity of global supply networks. As companies expand across borders, they face intricate logistics operations and heightened risk exposure. Disruptions in one part of the world can cascade throughout the entire network. In 2024, for instance, a large share of European shippers faced major disruptions, emphasizing the fragility of extended supply chains [1]. Geopolitical instability, ocean freight bottlenecks, and regional crises like the Red Sea conflict demonstrate how localized issues can hinder global trade. Simultaneously, the retreat of globalization in certain sectors, such as electronics, adds to the management complexity [2].

Volatility across geopolitical, environmental, and economic domains further amplifies the urgency for innovation. Trade wars, shifting regulations, and climate change-driven disasters disrupt operations, while inflation and unpredictable demand challenge accurate planning. Cybersecurity threats also pose increasing risks to data integrity and operational continuity. Organizations must proactively identify risks and build resilient supply chains that can quickly adapt to change [1].

Changing customer expectations add another dimension. Consumers now demand faster delivery, product personalization, and seamless omni-channel experiences. Meeting these expectations requires increased supply chain visibility, flexibility, and responsiveness. Technological innovation plays a central role in enabling real-time tracking, last-mile delivery improvements, and more agile production systems [3].

Sustainability is also reshaping supply chains. Consumers, investors, and regulators increasingly expect companies to uphold environmental and ethical standards. Practices such as green sourcing, emissions reduction, and circular economy models are becoming integral to supply chain design. Companies are developing closed-loop systems that emphasize recycling, waste reduction, and resource efficiency. Regulatory pressure and investor scrutiny are accelerating these efforts [1, 4].

Technological advancement is the backbone of modern supply chain innovation. Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) enhance forecasting accuracy, automate operations, and detect risks. These tools optimize inventory levels, reduce waste, and support autonomous decision-making. For example, AI algorithms can adjust delivery routes in real-time based on traffic or weather data, improving efficiency and responsiveness [1].

The Internet of Things (IoT) extends real-time visibility by embedding sensors in goods, vehicles, and equipment. These devices provide continuous data on location, condition, and performance, enabling predictive maintenance and automated inventory tracking. When combined with AI, IoT supports proactive decision-making and resource optimization [5].

Blockchain technology enhances transparency, security, and traceability by recording immutable data across the supply chain. It helps verify authenticity, prevent counterfeits, and streamline compliance. Smart contracts automate payments and reduce errors, though accurate data input and stakeholder adoption remain challenges [1].

Cloud computing supports scalability, real-time collaboration, and seamless data integration. Cloud-based platforms connect suppliers, manufacturers, and retailers, enabling faster responses to disruptions and improving visibility. Big Data analytics helps interpret complex data sets, offering insights for better decision-making in areas like logistics and inventory management [1, 3].

Digital Twin technology creates virtual models of assets and processes, allowing companies to simulate scenarios and anticipate disruptions. This predictive capability improves strategic planning and operational efficiency. Robotics and autonomous systems are also reshaping logistics. In warehouses, robots handle picking, packing, and sorting. Autonomous vehicles and drones are being explored for last-mile delivery, offering speed and cost benefits [1, 6].

Beyond technology, strategic agility is becoming a priority. Companies are diversifying suppliers, decentralizing production, and increasing stock buffers to manage risks. The "China plus one" strategy, for instance, reduces reliance on a single country. Nearshoring and reshoring bring production closer to end markets, improving responsiveness and reducing transit times, though often at higher upfront costs [1].

Risk management is evolving from mitigation to building "anti-fragile" supply chains that learn and adapt from disruptions. Collaboration is key in this transformation. Strong partnerships across

the supply chain enhance coordination, innovation, and resilience. Digital platforms facilitate communication and data sharing, breaking down silos and enabling synchronized operations [3].

Advanced demand forecasting and planning techniques are crucial in today's volatile environment. AI and ML analyze historical and real-time data to predict demand with greater accuracy. Demand sensing captures short-term fluctuations, while probabilistic forecasting prepares for a range of scenarios. Integrating data from IoT, social media, and economic indicators further refines accuracy. Collaborative forecasting with partners reduces the bullwhip effect and improves responsiveness [1, 7].

Sustainability is increasingly embedded in every aspect of supply chain strategy. ESG (Environmental, Social, and Governance) considerations guide supplier selection and performance measurement. Ethical sourcing, fair labor practices, and carbon footprint reduction are central to long-term viability. Circular economy practices such as repair, reuse, and remanufacturing are being integrated into product design and logistics. Technologies like AI, IoT, and blockchain help monitor and report environmental impacts, supporting transparency and compliance [1, 4].

Digital platforms support the creation of interconnected ecosystems where suppliers, manufacturers, and distributors operate cohesively. Cloud-based supply chain management tools enhance coordination and visibility, enabling real-time responses to shifts in demand or disruptions. Supplier portals streamline communication, compliance tracking, and order management [3].

Looking ahead to 2024–2025 and beyond, the pace of innovation will accelerate. AI and automation will expand into more supply chain functions, while sustainability initiatives will deepen. Digital supply networks, built on interconnected systems and real-time insights, will become essential. Resilience, agility, and transparency will define successful supply chains, and innovation will remain a core strategic priority [1].

Thus, the global supply chain is undergoing a profound transformation. Companies must rethink traditional practices to address growing complexity, volatility, and stakeholder expectations. Innovation across technology, strategy, and sustainability is not optional—it is essential. Those who adopt an integrated approach to innovation and collaboration will be best positioned to navigate uncertainty and lead in the evolving global marketplace.

References:

1. McKinsey & Company. Supply chain 2030: Innovating the next generation of growth. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-2030-innovating-the-next-generation-of-growth>.
2. Havrylenko O.B. Transport interaction in Ukraine: problems and ways of their solution // Transport of Ukraine. 2022. № 2. P. 13–20.
3. Ivanov D., Dolgui A. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0 // Transportation Research Part E. 2020. Vol. 136.

4. Geissbauer R., Schrauf S. The sustainability imperative in supply chains. PwC, 2022.
5. Wang G., Gunasekaran A., Ngai E.W.T., Papadopoulos T. Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications // International Journal of Production Economics. 2016. Vol. 176. P. 98–110.
6. Christopher M. Logistics & supply chain management. 5th ed. Pearson UK, 2016.
7. Chopra S., Sodhi M.S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown // MIT Sloan Management Review. 2004. Vol. 46(1). P. 53–61.

UDC 629.735:502.3

SMART TECHNOLOGIES IN AVIATION TRANSPORT: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTOMATION

*Anna Kres,
4d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Advisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: smart aviation, artificial intelligence, automation, digital transformation, flight optimization, predictive maintenance, sustainable transport

The need to reduce carbon emissions and increase the efficiency of air transport has led to a large-scale digital transformation in aviation. Artificial intelligence (AI) and automation have become key factors in this transformation, covering maintenance, navigation, air traffic control and passenger interaction. The papers argue that intelligent technologies can significantly reduce fuel consumption and CO₂ emissions, as well as improve flight accuracy and safety.

The purpose of the study is to analyze the leading artificial intelligence technologies in aviation and their potential to ensure sustainable development of the industry.

The object of the study is modern digital technologies in aviation, in particular artificial intelligence systems in flight management, maintenance, logistics and passenger service. The study used the method of system analysis, as well as the comparative method when comparing the use of AI in leading aviation companies. The source database was formed on the basis of reports from IATA, ICAO, Airbus, as well as modern scientific publications [1–2].

Intelligent technologies allow solving several tasks at once: increasing fuel efficiency, reducing flight delays, improving logistics and providing personalized passenger service.

For example, Airbus' Skywise Predictive Maintenance system analyzes hundreds of flight parameters in real time and allows reducing unplanned delays by 30% [3].

Automated dispatch systems with AI are already being tested in the EU with the aim of reducing the workload on operators and optimizing air traffic [4].

In addition, artificial intelligence tools are actively used to model scenarios for the introduction of sustainable aviation fuel (SAF) and assess carbon footprints. As noted in , automated forecasting models help airlines choose routes with minimal emissions, which, according to a Deloitte study (2023), allows reducing costs by up to 8% while meeting climate standards [5].

For Ukraine, which has significant IT potential and traditions of aircraft construction, a window of opportunity opens for creating its own digital solutions in the industry. Automation of processes at Ukrainian airports, implementation of biometric systems and AI in logistics can become drivers of integration into global green initiatives.

Artificial intelligence and automation are becoming integral elements of the modernization of air transport. They allow solving both environmental and operational challenges of the industry. Ukraine has all the prerequisites for active participation in this process, especially in the context of post-war reconstruction and digital transformation of infrastructure.

References:

1. ICAO Environmental Report 2022. International Civil Aviation Organization, 2022. [ICAO Environmental Report 2022](#)
2. IATA. Sustainable Aviation Fuel. 2025. URL: <https://www.iata.org>
3. Airbus. Skywise Predictive Maintenance Whitepaper. Airbus, 2023. [Vueling chooses Skywise Predictive Maintenance powered by the Digital Alliance | Airbus](#)
4. Sgarbossa, L., et al. (2023). *AI-based Decision Support for Air Traffic Controllers*. Journal of Air Transport Management, 109, 102415.
5. Deloitte. *AI in Aviation: Accelerating Decarbonization and Efficiency*. Deloitte Insights, 2023.

UDC 629.735(477):338.47

RESTORATION OF AIR TRANSPORT IN UKRAINE AFTER THE WAR

*Kulyk Lesia,
3d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Supervisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: revitalization, aviation industry, strategic planning, economic recovery, modernization

The Russian invasion of Ukraine has had a devastating impact on the country's aviation industry. At the onset of the conflict, Ukraine closed its airspace to civilian flights due to the "high risk" posed by military activities, leading to the immediate suspension of all domestic and international flights [1]. Major airlines, including Turkish Airlines and Pegasus Airlines, canceled all services to Ukrainian cities, effectively isolating the country from global air travel networks.

The physical destruction has been severe: nearly one-third of Ukraine's infrastructure has suffered damage, with 19 out of 35 airfields-comprising both civilian and dual-purpose airports-damaged by shelling in the early weeks of the war. The estimated losses to aviation infrastructure alone reach \$2.14 billion [2]. Iconic aircraft and major facilities were destroyed, such as the home airport and fleet of Antonov Airlines, which lost several unique cargo planes including the world-famous An-225 Mriya. The closure of airspace and destruction of infrastructure have halted passenger and cargo operations within Ukraine, forcing airlines to relocate operations abroad or suspend them entirely.

The Russian invasion has caused catastrophic damage to Ukraine's aviation infrastructure, fleet, and airspace operations. Below is a detailed assessment of the current situation:

Infrastructure Damage

Ukraine's aviation infrastructure has suffered extensive destruction:

Airports and airfields: 19 out of 35 airfields (12 civilian, 7 dual-purpose) were damaged or destroyed in the initial phase of the war, with repairs hindered by ongoing hostilities. Total damages to aviation infrastructure are estimated at \$2.04 billion.

Critical facilities: Key airports like Boryspil International remain closed, and specialized facilities, such as Antonov Airlines' home base, were obliterated, including the destruction of the An-225 Mriya cargo plane.

Air traffic systems: Attacks on navigation equipment and control towers have disrupted airspace management, necessitating a complete overhaul of safety protocols [2].

Aircraft and Fleet Losses

Ukraine's aviation fleet has been decimated by direct strikes and operational constraints:

Combat losses: During the 2014–2022 Donbas conflict, Ukraine lost 5 Su-25 attack aircraft, 2 MiG-29 fighters, 1 Il-76 transport plane, and multiple helicopters. Post-2022 losses include rare cargo aircraft like the An-225.

Maintenance challenges: Recent Ukrainian drone strikes on Russian airfields, such as Borisoglebsk (August 2024), destroyed maintenance hangars critical for servicing Su-34, Su-25, and training aircraft, indirectly affecting Ukraine's ability to counter Russian airpower.

Fleet modernization: Ukraine plans to receive Western-made combat aircraft (e.g., F-16s, Mirage-2000s) in 2025, signaling efforts to replenish depleted forces.

Airspace Control

Ukraine's airspace remains closed to civilian traffic since February 2022 due to active conflict risks. Key challenges include:

Security architecture: A joint military-civilian control system is under development, with 60–70% of the framework completed as of February 2025. This includes risk assessment protocols and international collaboration to ensure safe flight paths [3].

Air defense dependency: Reopening airspace hinges on enhanced air defense systems to mitigate missile and drone threats. Boryspil Airport's CEO emphasized that resuming flights requires "acceptable risk levels" for passengers and crew.

Global warnings: The U.S., EU, and other nations maintain strict no-fly advisories, citing risks from military activity and unresolved airspace disputes, particularly near Crimea.

Certainly, here is an expanded conclusion incorporating additional relevant information from recent developments and plans for Ukraine's aviation sector recovery and modernization:

Ukraine's air transport sector remains a critical pillar for the country's economic and social reconstruction following the extensive devastation caused by the war. The aviation industry not only facilitates the movement of people and goods but also underpins vital humanitarian aid delivery, foreign investment, and trade connectivity. According to the World Bank and aviation experts, restoring Ukraine's airports, air traffic control systems, and fleet capabilities is essential to jump-start economic growth and reintegrate Ukraine into global markets [4].

Several key airports, including Kyiv Sikorsky, Lviv-Danylo Halytskyi, and Boryspil International, are undergoing or planned for large-scale reconstruction and modernization. For instance, Kyiv Sikorsky Airport is extending its runway by 500 meters and upgrading its airfield category to improve safety and operational capacity, with phased work scheduled through 2025. Lviv

Airport aims to resume commercial flights as early as spring 2025, with government and international support focusing on ensuring airspace security and operational readiness. These efforts are supported by coordinated recovery programs like the Ukraine Aviation Recovery and Reconstruction Program (UARRP), which emphasizes infrastructure repair, equipment modernization, and staff training.

Looking forward, Ukraine envisions a resilient and innovative aviation future shaped by modernization, sustainability, and international partnerships. The government has committed to a comprehensive Air Force modernization plan through 2035, which includes acquiring Western multirole fighters and replacing aging Soviet-era fleets to enhance national security and airspace control. Civil aviation recovery is aligned with these defense upgrades, aiming to integrate Ukraine's airspace safely into the European and global aviation systems.

Moreover, Ukraine is advancing environmental sustainability in aviation, having approved an action plan to reduce CO₂ emissions in line with ICAO standards, signaling a commitment to green aviation practices as part of its reconstruction [3].

Conclusion

International collaboration remains a cornerstone of Ukraine's aviation recovery. Partnerships with European and North American aviation leaders provide technical expertise, funding, and training support, accelerating the rebuilding of airport networks and air navigation services. Insurance frameworks and risk assessment mechanisms are being developed to facilitate the safe resumption of flights, with initial reopening likely focused on safer western airports such as Lviv before expanding to major hubs like Boryspil.

In summary, air transport is more than a mode of travel for Ukraine-it is a strategic asset vital to the country's economic revival, humanitarian resilience, and sovereignty. With sustained investment, innovation, and global cooperation, Ukraine's aviation sector is poised to emerge stronger, safer, and more integrated into the world, driving long-term prosperity and recovery.

This expanded conclusion integrates infrastructure projects, operational timelines, defense modernization, environmental commitments, and international cooperation to provide a comprehensive and forward-looking perspective on Ukraine's aviation recovery.

References:

1. Flights suspended in Ukraine, southern Russia amid invasion. *Dailysabah*. 2022. URL: <https://www.dailysabah.com/business/transportation/flights-suspended-in-ukraine-southern-russia-amid-invasion>
2. New and old challenges. How is Ukrainian infrastructure holding up during the war. 2025. URL: <https://eba.com.ua/en/novi-ta-stari-vyklyky-yak-trymayetsya-ukrayinska-infrastruktura-pid-chas-vijny/>

3. Ukraine prepares security framework to resume air travel - Boryspil airport CEO. 2024.

URL: <https://english.nv.ua/business/ukraine-70-done-with-airspace-security-plan-says-boryspil-chief-50487815.html>

4. Ukraine Aviation Sector's Recovery Plan. 2023. URL: <https://aviationweek.com/air-transport/airports-networks/ukraine-aviation-sectors-recovery-plan>

UDC 656.7:656.13

RESTORATION AND MODERNIZATION OF AIRPORTS AFTER THE PANDEMIC AND MILITARY CHALLENGES

*Landysheva Mariia,
3d year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Advisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: reconstruction, innovation, stabilization, security, network solutions

The aviation industry has experienced severe disruptions due to two major crises of the 21st century: the COVID-19 pandemic and the full-scale Russian invasion of Ukraine. The global health emergency paralyzed air travel, led to the closure of airports, and exposed structural weaknesses in the aviation sector. Meanwhile, in Ukraine, military aggression caused unprecedented physical damage to critical infrastructure, including complete destruction or disabling of airports in Kyiv, Mariupol, Kharkiv, and Mykolaiv [1].

Airports are not just transport hubs; they are economic and strategic assets. Their shutdowns or destruction directly affect tourism, logistics, medical evacuation, and national defense logistics. In Ukraine's case, the destruction of airports disrupted humanitarian corridors and commercial operations, causing long-term economic and social consequences [2].

Restoring airport operations after crises requires considerable financial investment and strategic planning. Funding sources include national reconstruction budgets, foreign aid (notably from the EU and international financial institutions), and public-private partnerships. Priority is given to rebuilding runways, terminals, and navigation systems [3].

The financial sustainability of the aviation sector is closely tied to modernization efforts. After the pandemic, airports globally began implementing digital technologies, such as contactless check-in, biometric verification, and smart baggage systems. In post-conflict zones like Ukraine, restoration efforts are complicated by safety concerns, unexploded ordnance risks, and airspace restrictions.

Modernization of Ukrainian airports goes beyond physical reconstruction. A key goal is to rebuild with resilience: to create facilities that can withstand future shocks — whether epidemiological or military. The introduction of AI-based surveillance systems, resilient infrastructure, and dual-use designs (civil and defense) has become a priority [4].

Moreover, digitization and automation are central to post-pandemic and post-conflict modernization. The integration of cloud-based air traffic management, advanced cybersecurity protocols, and real-time passenger tracking systems not only enhances operational efficiency but also ensures safety in uncertain geopolitical environments.

In post-war Ukraine, airports will play a critical role in economic revitalization. Their restoration supports reintegration into global supply chains, boosts tourism, and facilitates reconstruction logistics. Furthermore, airports are expected to stimulate job creation, regional development, and innovation ecosystems around transport hubs.

International cooperation is essential in this process. Ukraine collaborates with ICAO, IATA, and the European Union to align its rebuilding standards with global aviation norms and green infrastructure goals [5].

Conclusions.

The restoration and modernization of airports in the aftermath of the pandemic and military conflict is not only a technical or financial challenge — it is a national imperative. For Ukraine, rebuilding its aviation infrastructure is a step toward sovereignty, economic recovery, and future resilience. Integrating innovative technologies and ensuring dual-use capacity will make airports more adaptive and future-proof, while strategic investments and global partnerships will pave the way for sustainable development.

References:

1. International Civil Aviation Organization. (2023). Economic impact of COVID-19 on civil aviation. ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int>
2. United Nations Development Programme. (2023). Ukraine: Damage and needs assessment. UNDP Ukraine. Retrieved from <https://www.undp.org/ukraine>
3. Ministry of Infrastructure of Ukraine. (2023). Report on transport infrastructure recovery. [In Ukrainian]
4. State Aviation Administration of Ukraine. (2022). The current state of the aviation industry under martial law. Retrieved from <https://avia.gov.ua>
5. Airports Council International. (2022). Post-COVID airport business recovery. ACI World. Retrieved from <https://aci.aero>

UDC 656.2

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*Poliukhovych N. I., student**Scientific director – Dokiienko Larysa, PhD (Tech.)**State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv*

Keywords: Intelligent Transport Systems (ITS), traffic flow regulation, urban transport infrastructure, information and communication technologies (ICT), traffic congestion.

Intelligent Transport Systems (ITS) are smart systems that utilize innovative developments in transport system modeling and traffic flow regulation. They provide end-users with greater access to information and increased safety, while significantly improving the level of interaction among road users compared to conventional transport systems [4].

ITS represents a convergence of the automotive industry and the information technology sector, based on two fundamental pillars: the modeling of transport systems and the regulation of traffic flows. Although ITS can technically encompass all modes of transport, the European definition of ITS according to Directive 2010/40/EU of July 7, 2010, defines it as a system in which information and communication technologies are applied in the field of road transport (including infrastructure, vehicles, system participants, and traffic regulation), with the ability to interact with other modes of transportation.

The main purpose of ITS is to provide effective control and management of the urban transport infrastructure in order to improve the quality of management decisions through hardware and software tools [1].

The key prerequisites for the development of ITS were traffic congestion and road safety issues. An increase in traffic congestion has led to a rise in environmental emissions — a highly relevant concern — while road safety remains a crucial component in reducing accident rates, which continues to be a pressing issue. The main goals of implementing ITS include:

- Improving road safety;
- Increasing the capacity of the street and road network;
- Enhancing the quality of service for road users;
- Reducing the negative environmental impact of traffic flows;
- Improving the efficiency of transportation operations;
- Increasing the prestige of urban public passenger transport;

- Enhancing the investment and tourist appeal of cities.

In Ukraine, the development of ITS, as in many other countries, is undoubtedly a current and significant issue. In recent years, the number of vehicles has been increasing, while the density of the road network has remained unchanged, leading to higher congestion and accident rates. One of the major problems in any large city is traffic congestion, and the core task of ITS is to combat this issue. One effective solution is intelligent traffic light control [2].

A similar system is currently in place in Kyiv, where a technical complex regulates traffic flows along four major roads, integrating with traffic light units. This system comprises external video surveillance cameras that transmit information about the road situation to a control center. Based on the received data, traffic light modes are adjusted to prevent the formation of traffic jams. In addition, data is collected on the number of vehicles, and forecasts of traffic parameters are made depending on the time of day and day of the week.

A drawback of the current system is its inability to account for seasonal variations, which can significantly affect traffic intensity. To solve this issue, the scope of data collection and processing must be expanded to include seasonal factors. Nevertheless, this ITS remains one of the most important systems, as it effectively addresses key problems such as congestion and road safety through efficient traffic flow management.

Further development should also focus on implementing GPS-based ITS, which allows for public transport monitoring. Currently, such systems are not yet widely available across all regions. Their deployment would make public transportation more accessible and improve road safety. After implementation, public transport stops should be equipped with electronic displays showing real-time arrival and departure times for various routes.

The widespread adoption of geographic information technologies (GIT), such as GPS, in the road sector nationwide would allow for the accumulation of data on road conditions, the location of gas stations and other roadside services, and other useful information for drivers. The main task is to develop a robust infocommunication infrastructure that ensures interaction among different transport means in Ukraine and to maintain its relevance throughout its operational life [2].

Another type of ITS, which is almost non-existent in Ukraine, is an automated fare collection system. Implementing such a system would enable accurate tracking of passenger flows, leading to better functioning of current services and encouraging the development and deployment of more efficient ones.

Thus, on a regional scale, the development of ITS programs becomes one of the most effective measures for addressing social issues, improving urban public transport systems, and driving the formation of an advanced information and telecommunication society.

In conclusion, the main advantages of ITS are informativeness, safety, efficiency, cost-effectiveness, and environmental friendliness.

With the optimization of the above-mentioned ITS, forecasts indicate:

The throughput capacity of urban road networks could increase by 20–30%;

Accident rates could decrease by 30–40%;

Environmental emissions in monitored areas could be reduced by 20–30%.

Conclusions

The core function of ITS is to effectively manage and redistribute traffic flows through intelligent control of traffic lights and electronic information signs [4]. This system will maximize the efficiency of the existing transport infrastructure, reduce the negative impact of transport overloads on public health and the environment, and optimize public transport schedules by integrating with existing control systems and ensuring priority for public transport.

References

1. Komarov St. St., Harahan S. A. Intelligent Tasks of Telematic Transport Systems and Intelligent Transport System // T-Comm: Telecommunications and Transport. 2022 Vol. 6.
2. Godunov A. V., Boldyrev D. O. Intelligent Traffic Control System // In the collection: Problems of Automation and Control in Technical Systems. Collection of articles of the International Scientific and Technical Conference. Edited by M. A. Shcherbakov. 2023.
3. Zhankaziev, S. V. Intelligent Transport Systems: Textbook / S. V. Zhankaziev. – MADI, 2022. – 120 p.
4. Official Journal of the European Union. – Directive 2021/40/EU of the European Parliament and of the Council – of 7 July 2021, 10(4): 367–389. – Monahan, Turin, 2021.

UDC 656.02:504.05

ECO-FRIENDLY TECHNOLOGIES IN MODERN TRANSPORT SYSTEMS

*Ponkratova Sofiia,
1st year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

*Scientific Advisor – Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: green transport, decarbonization, electric vehicles, sustainable mobility, renewable energy

Environmental problems, particularly those related to climate change, have placed the transport sector under growing scrutiny. Transport accounts for nearly a quarter of global energy-related CO₂ emissions, prompting the need for eco-friendly innovations. The objective of this study is to identify and evaluate modern sustainable technologies that can significantly reduce the negative environmental impact of transportation [1].

The focus of this study is the analysis of current green technologies implemented in road, air, and rail transport. Methodologically, the research is based on a comparative review of academic publications, international reports by organizations such as IEA and IATA, and selected case studies. The analysis also includes technical characteristics of electric and hydrogen-based vehicles and infrastructure [2].

One of the major directions in sustainable transport development is the shift toward electric vehicles (EVs), which reduce direct emissions and are becoming more affordable with improved battery technologies. In aviation, sustainable aviation fuels (SAFs) and hybrid-electric aircraft show high potential for reducing emissions by up to 80% compared to traditional kerosene-based fuels. Hydrogen trains and battery-powered railcars are transforming regional rail networks in Europe and Asia [3].

The integration of renewable energy into transport systems is also advancing rapidly. Solar-powered charging stations, smart energy grids, and airport modernization initiatives are crucial elements of this green shift. Digitalization and AI-based logistics further enhance efficiency and reduce the carbon footprint of freight and passenger operations [4].

Ukraine has a growing opportunity to become an active participant in these developments by supporting local innovation, modernizing infrastructure, and integrating with EU green initiatives [5].

Eco-friendly transport technologies represent both an environmental necessity and an economic opportunity. Their implementation not only mitigates climate change but also drives

innovation, improves air quality, and contributes to national sustainability goals. Further investment and international cooperation are essential for successful transition.

References

1. IEA. Global EV Outlook 2023. International Energy Agency, 2023.
2. IATA. Net Zero by 2050: Sustainable Aviation Fuels. 2022.
3. European Commission. Fit for 55 and Transport. 2023.
4. Hydrogen Europe. Hydrogen in Rail Transport. 2022.
5. Airbus. ZEROe: Towards Zero Emission Aircraft. 2023.

UDC 004.8:656.7

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR
THREAT DETECTION AT THE AIRPORT***A.A.Tarakhtii, student of FTL**Scientific supervisor PhD in Economics, Yarotska T.R.**(State University "Kyiv Aviation Institute", Ukraine)*

Key words: Artificial Intelligence (AI), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), drones, aviation security, airport operations, autonomous navigation, cybersecurity, autonomous vehicles, airport safety.

The growing use of drones, or Unmanned Aerial Vehicles, and Artificial Intelligence in the aviation sector has opened up new opportunities to improve airport operations and safety. Their integration into airport systems allows for faster response times, reduced human error, and improved operational efficiency. However, the potential for drones to be misused by criminals or terrorists, such as using them to transport explosives or bypass airport defenses, has prompted the development of specialized anti-drone systems to protect critical aviation infrastructure. Speaking directly about AI, it has become a transformative force in aviation, especially in airport security. Its integration with UAVs enables autonomous navigation, real-time decision-making, and significantly reduces human error. Today's airports increasingly rely on AI to improve safety and service delivery.

The objects of the research are AI systems used in airports and UAVs integrated into airport security systems. The main attention is paid to their functional characteristics, in particular the ability to autonomously navigate, recognize threats, detect violations, as well as improve aviation security. The methods used for the analysis were the analysis of scientific articles and the analysis of the risks of using UAVs by third parties (including for terrorist purposes).

Drones, or UAVs, are increasingly being used in aviation for tasks such as aircraft and airport inspections, although their use in airport security is still limited by strict regulations. Despite their potential, safety issues remain central to aviation, with a strong legal framework governing operations. UAVs, often part of a larger unmanned aircraft system (UAS), can be controlled remotely or autonomously and are excellent tools for future improvements in aviation safety. Researchers concluded that drones can significantly improve safety by reducing response times, freeing up human resources, reducing ground traffic, offering multi-functional capabilities (e.g. thermal imaging) and minimising human error due to fatigue or distraction. [1]

However, their use also poses potential risks to aircraft, people and infrastructure by adding additional airspace congestion. For example, by complicating air traffic, especially on the airside; the risk of collisions with aircraft; the reliance on vulnerable wireless connections; the probability of cyberattacks on stored or transmitted data; and the continued reliance on well-trained operators, as the technology alone cannot guarantee safety. These factors must be carefully controlled before drones can be safely integrated into airport operations. [2]



Figure 1. Using drones at the airport's as an additional eye for aviation security. [3]

Despite the fact that drones are useful for monitoring the airport perimeter and serve as an additional eye in the sky to ensure aviation security, not all airports take advantage of this opportunity, since in addition to the positive factors, the use of drones in aviation can also pose a threat if the UAVs are not owned by the airport and are used by outsiders, and more often even by terrorists and pose a threat to aviation security, passengers and personnel. With the help of drones, terrorists can transport explosives, bombs, drugs, etc. In order to combat drones that pose a threat to aviation security, special anti-drone systems have been developed that have the ability to detect, monitor, identify and distinguish between drones that work at the airport and drones that are not working, but are approaching the airport. [4]

AI interacts closely with UAVs as it provides autonomous navigation, system control and reduces human error because of fatigue or distraction. [5] Artificial Intelligence has also improved significantly in the development in recent years. It is widely used in our everyday lives, to facilitate human labor, to perform things that are dangerous, complex or inaccessible to humans: from something simple to extremely complex. Humanity is progressing, and therefore looking for opportunities for fast, efficient and high-quality work. Aviation is not an exception. The more technologies improve, the more something new is invented, including AI, the more the aviation

sector has the opportunity to improve safety and ensure a fast, safe and reliable flow of passengers, cargo and mail.

AI has significantly transformed airport security, particularly in screening processes such as X-ray scanning and biometric identification. AI improves accuracy by analyzing X-ray images in real time using deep learning, enabling faster and more reliable detection of weapons, explosives, and prohibited items. Airports are now using AI-powered facial recognition and fingerprint scanning to quickly and reliably verify identities. These systems reduce reliance on documents, minimize wait times, and improve security, especially during health crises like COVID-19. AI algorithms are learning to detect suspicious objects in images of baggage and improving detection of hidden threats even with limited data. [6]

AI in aviation increases efficiency, safety and sustainability in many areas. In flight operations, it assists pilots with decision-making and predicts turbulence. In maintenance, AI provides predictive maintenance to prevent breakdowns. For the environment, it optimizes flight paths to reduce emissions and helps assess impacts. In air traffic management, it analyzes data to reduce delays, fuel consumption and improve route planning. In airports, it detects junk, drones and helps with scanning and surveillance. With drones AI ensures safe airspace integration. It also strengthens cybersecurity and security risk management by identifying threats, fixing vulnerabilities, identifying risks and improving security. [7]

AI functions in aviation, specifically at airports:

- Automated security screening;
- Biometric identification;
- Baggage handling systems;
- AI-threat detection systems;
- Self-service checkout;
- Chatbots, assistant, customer service;
- Prediction of passenger flow;
- Drone detection;
- Ground operations;
- Autonomous vehicles, etc.

Thanks to the development and application of AI in the modern world, airport security has been modernized, improved and continues to develop, ensuring fast, high-quality and safe movement of passengers, baggage and mail. AI ensures fast and safe passage of control and all necessary procedures and is able to detect certain violations or dangers in advance that may threaten staff and passengers.

Conclusion

Artificial Intelligence in the cooperation with drones (UAVs) are providing airport and aviation in general with safe, quick and reliable operations ensuring safety for all processes conducting at the airport. UAVs is an additional eye for protecting the perimeter of the airport as well as it can be dangerous if used by terrorists not for safe purposes. AI is helping to reduce human errors avoiding such situations like human fatigue or distraction.

References:

1. Mohsan, Syed Agha Hassnain & Othman, Nawaf Q. H. & Yanlong, Li & Alsharif, Mohammed & Khan, Muhammad. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*. 16. 109-137. 10.1007/s11370-022-00452-4. URL: https://www.researchgate.net/publication/366548023_Unmanned_aerial_vehicles_UAVs_practical_aspects_applications_open_challenges_security_issues_and_future_trends
2. Ammattikorkeakoulut - Theseus. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/808302/Balci_Hudaverdi.pdf?sequence=2&isAllowed=y
3. Drones: The rising security threat for today's smart airport – Airport World. *Airport World – Airport News and Features*. URL: <https://airport-world.com/drones-the-rising-security-threat-for-todays-smart-airport/>
4. Widok THREATS FROM CYBERSPACE FOR CIVIL AVIATION. *Wiedza Obronna*. URL: <https://wiedzaobronna.edu.pl/index.php/wo/article/view/124/123>
5. Caballero-Martin, Daniel & Lopez-Guede, Jose & Estévez, Julián & Graña, Manuel. (2024). Artificial Intelligence Applied to Drone Control: A State of the Art. *Drones*. 8. 296. 10.3390/drones8070296. URL: https://www.researchgate.net/publication/381984122_Artificial_Intelligence_Applied_to_Drone_Control_A_State_of_the_Art
6. Airport security: the impact of AI on safety, efficiency, and the passenger experience. *Home | SpringerLink*. URL: https://link.springer.com/epdf/10.1007/s12198-024-00276-6?sharing_token=UJPqmhvZnDKGH5IiZ5fdve4RwlQNchNByi7wbcMAY4qHCHWQLJJ1wJlbS8M91x9SXW7Hk8rj31pL3DOQ5D5E8zS6YvDUlaCzirE2oHOTIyiQwcitBCv5GTSujYVlSdC29MRq7CvZ6zwcKE9k8PhjYuXPKWhSlS_Xy6ZctWlCPI
7. Artificial Intelligence and Aviation | EASA. *EASA*. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0>

УДК 656.7:005.591.6

THE IMPORTANCE OF NON-AVIATION ACTIVITIES AT THE AIRPORT

Tverdokhlib A.V., student

Scientific advisor Vysotskaya I.I. Associate Professor.

Kyiv Aviation Institute, Kyiv

Keywords: airport, non-aviation activities, revenues, services, passengers, infrastructure

Introduction

In the 21st century, airports are transforming into multifunctional transport and logistics complexes that perform not only the tasks of transporting passengers and cargo, but also play an important socio-economic role in regional development. The increase in passenger traffic, growing competition between airports, as well as the need to ensure financial sustainability encourage airport management to look for new sources of income and improve passenger service.

One of the key areas of modernization and development is non-aviation activities - a set of services and operations not directly related to flights, but which bring significant income. These include retail, catering, advertising, parking, rental of premises, banking services, as well as the organization of various services for passengers and airport visitors. According to the Airports Council International (ACI), the share of non-aviation income at some airports in the world can exceed 50% of total income.

The relevance of the topic is also enhanced by the fact that non-aviation activities allow airports to reduce their dependence on fluctuations in the aviation market, such as seasonal changes in demand or global crises. It is thanks to the development of commercial infrastructure that many airports have been able to maintain their functionality even in the most difficult periods.

The purpose of this thesis is to analyze the role and significance of non-aviation activities in the structure of airport functioning, in particular through the prism of their economic efficiency, impact on the quality of passenger service and prospects for Ukrainian regional airports.

Materials and methods

The paper uses the method of analysis of scientific and industry sources, as well as official statistics of international airport organizations (IATA, ACI Europe). A review of financial models of airport operation is conducted, in particular with examples of European regional hubs, such as Poznań-Ławica, Warsaw-Chopin and others. The main research method is descriptive analysis and generalization of practical experience.

Results

Non-aviation activities cover a wide range of services that are not directly related to air transport, but are important for the functioning of the airport as a modern transport and commercial complex. The main areas include: retail, including duty-free shops, catering (cafes, restaurants), parking services, advertising, rental of premises, banking and tourism services, business lounges, hotels, as well as leisure and event organization.

In many European airports, non-aviation activities generate a significant part of revenues. For example, according to ACI Europe, on average up to 40-50% of airport revenues can come from non-aviation sources. In large international hubs such as Frankfurt, Helsinki or Amsterdam-Schiphol, these figures are even higher. Even in regional airports such as Poznań-Ławica, income from parking, advertising and rental is steadily growing every year, ensuring the financial sustainability of the enterprise.

In addition, non-aviation activities reduce the airport's dependence on fluctuations in passenger traffic. During periods of decline in air traffic (for example, during the COVID-19 pandemic), commercial sources of income have helped many airports maintain their operations and avoid significant losses.

It is also important to note the role of non-aviation infrastructure in shaping a positive passenger experience. The presence of comfortable waiting conditions, a wide selection of goods and services, clear navigation, quick access to parking spaces - all this affects the level of customer satisfaction. Studies show that passengers who spend more time at the airport and have access to quality services tend to spend more, which, in turn, contributes to revenue growth.

It is worth mentioning separately the growing role of digital technologies in non-aviation activities. Airports are implementing mobile applications, advance booking systems for services (for example, parking or business lounges), personalized advertising, interactive information stands. This increases service efficiency and opens up new opportunities for monetization.

In general, non-aviation activities are now considered a full-fledged business area in the airport development strategy. They not only contribute to financial stability, but also increase the airport's competitiveness, making it more attractive to airlines, passengers and business partners.

Conclusion

Non-aviation activities are an integral part of a modern airport, ensuring economic stability, expanding the range of services and improving interaction with passengers. Given the changing dynamics of the aviation market, the development of this area is becoming strategically important.

Particular attention needs to be paid to the activation of non-aviation activities at regional airports in Ukraine, where such potential is often underutilized. Using successful international experience can be the key to improving their competitiveness and financial self-sufficiency.

References

1. Airports Council International (ACI Europe). Airport Industry Connectivity Report 2023. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.aci-europe.org>
2. IATA. Non-Aeronautical Revenues: Driving Airport Business Models. IATA Economics Briefing No. 12, 2022.
3. Grynchuk, M. I. Development of non-aviation activities at airports: economic aspects // Bulletin of the Economy of Transport and Industry. – 2021. – No. 75. – P. 65–70.
4. Dmytrieva, I. S. Non-aviation activities as a factor of sustainable development of airports // Transport Systems and Technologies. – 2022. – No. 1(40). – P. 58–64.
5. DLR – German Aerospace Center. Airport Non-Aviation Revenues: Trends and Strategies. – Köln, 2021.
6. Official website of the Poznań-Ławica International Airport. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.airport-poznan.com.pl>

7. Nęmtseva, T. A. Diversification of airport revenue sources based on the development of non-aviation activities // Economics and management organization. – 2020. – No. 4(40). – P. 44–49.
8. European Court of Auditors. Special Report: The Commission's support for air transport – a promising start, but more focus needed. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2022.

УДК 629.7.014-519:63(043.2)

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Висоцька І.І., к.е.н., доцент.

Національний авіаційний університет, Київ

Ключові слова: точне землеробство, безпілотні літальні апарати, сільськогосподарські дрони, авіаційно-хімічні роботи.

Вступ. Точне землеробство в сільському господарстві привертає все більше уваги фермерів, оскільки допомагає знизити витрати та покращити стан навколишнього середовища. При цьому виникає необхідність більш широкого застосування авіаційного транспорту в процесі вирощування сільськогосподарських культур. Універсальним інструментом для точного землеробства є безпілотні літальні апарати, які допомагають фермерам обприскувати поля, здійснювати контроль та картографію даних про врожайність, вносити добрива та навіть діагностувати посіви на наявність шкідників та хвороб. Тому перспективним напрямком в аграрному секторі є використання БПЛА, враховуючи їх переваги у порівнянні з пілотованими літальними апаратами.

Точне землеробство – це інноваційний метод ведення сільського господарства, який передбачає використання новітніх технологій для покращення якості врожаю. Технологія точного землеробства передбачає використання точних даних дистанційного зондування, таких як фотографії або відеозображення з літаків або супутників. Такі зображення дозволяють ефективно контролювати стан ґрунтів та сільськогосподарських культур. Цей підхід визначає вимоги до сільськогосподарських культур і ґрунту для оптимальної продуктивності з одного боку, та збереження ресурсів, екологічної стійкості та захисту з іншого. Точне землеробство як метод регулярного ведення сільського господарства допомагає вирішити найважливіші проблеми: надмірне використання ресурсів, високі витрати та руйнівний вплив на навколишнє середовище [1].

Транспортне забезпечення технології вирощування сільськогосподарських культур включає такі складові: агротехнічні прийоми, посів, допоміжні роботи, вегетаційний період та збір врожаю. Наземні транспортні засоби та авіаційні транспортні засоби виступають як технічні засоби для досягнення мети, в даному випадку, вирощування сільськогосподарських культур та отримання високих врожаїв [2].

Для відродження роботи авіації в сільському господарстві України в умовах зменшення посівних площ через військові дії, наявності застарілих типів літаків, більшість з яких майже

вичерпала свій ресурс, дефіциту та високої вартості паливно-мастильних матеріалів необхідне менш дороге та менш енергоємне обладнання, а саме: легкі літаки, надлегкі літаки, вертольоти та авіаційні безпілотні літальні апарати [3]. На жаль, сільськогосподарські пілотовані літальні апарати не забезпечують необхідної безпеки польотів, а також не можуть масово вироблятися промисловістю, оскільки вимагають великих капіталовкладень в організацію їх виробництва. Тому безпілотні літальні апарати (БПЛА) почали використовуватися в сільськогосподарських роботах у 90-х роках і в сучасних умовах вони стали ще більш актуальними, враховуючи їх переваги порівняно з пілотованими літальними апаратами.

Застосування БПЛА у сільському господарстві стає частиною сучасного технологічного процесу виробництва сільськогосподарської продукції, без якого практично неможливо виконати низку важливих робіт завдяки його мобільності, продуктивності, ефективності та високій якості авіаційно-хімічних робіт (АХР).

Використання авіації в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур сприяє впровадженню ресурсозберігаючих технологій No-Till та підвищенню продуктивності праці. Завдяки впровадженню інноваційних технологій вирощування сільськогосподарських культур сільське господарство України стрімко змінюється. Спостерігається така тенденція і в рослинництві, внаслідок чого суттєво змінюється співвідношення обсягів різних робіт, зокрема й робіт сільськогосподарської авіації [2].

Динаміку оброблених авіацією територій за 2013–2023 роки було розроблено на основі даних джерел [4,5] та представлено на рис. 1.

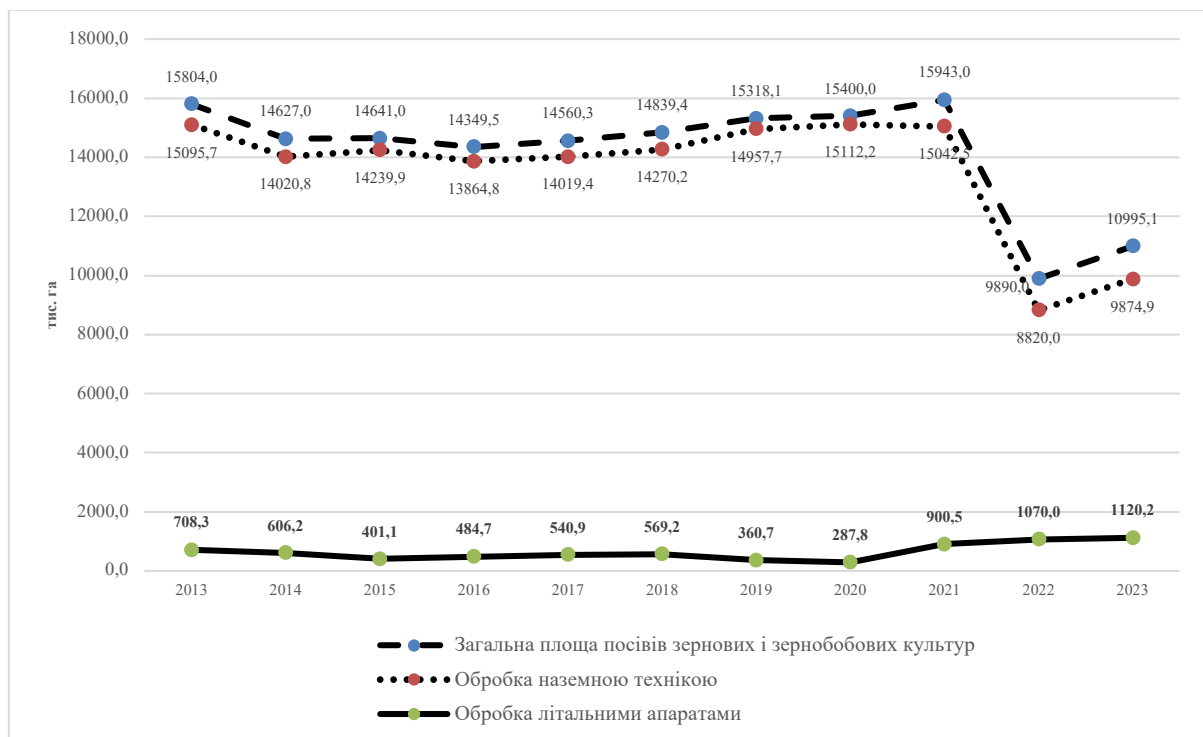


Рис. 1. Динаміка площ посівів, оброблених авіацією, за 2013–2023 роки, тис.га.

Протягом останніх 2014–2020 років, внаслідок анексії Криму та військових дій на території частини Донецької, Луганської, Запорізької та Херсонської областей України, спостерігалось продовження скорочення обсягів авіаційної обробки сільськогосподарських угідь. З рис. 1 видно, що в період з 2021 по 2023 рік спостерігається швидке зростання сільськогосподарських площ, оброблених авіацією. Оскільки за цей період на сільськогосподарський ринок України вийшло більше ніж 1500 БПЛА, а також обробка пілотованими повітряними суднами внаслідок закриття повітряного простору з 24.02.2022р. стала неможливою, можна стверджувати, що це зростання було зумовлене виключно використанням БПЛА.

Актуальність використання БПЛА у виконанні АХР наразі обґрунтовується такими факторами: по-перше, парк традиційних літаків типу Ан-2, Мі-2, Ка-26, як зазначалося раніше, фізично, морально та економічно застарів; по-друге, БПЛА не потребують аеродромів; по-третє, БПЛА в рамках АХР здійснюють польоти на висотах, на яких, згідно з вимогами Повітряного кодексу, польоти можуть виконуватися без правового регулювання [6]; по-четверте, і це найважливіший фактор, БПЛА є по суті повітряним роботом, аварія або катастрофа якого не створює загрози для життя людей.

Висновок. Сучасне сільськогосподарське виробництво – це високотехнологічна галузь, де мають застосовуватися найсучасніші досягнення науки і техніки. Сьогодні тут впроваджуються технології точного землеробства, використовуються геоінформаційні системи, прогнозування врожаю здійснюється на основі дистанційних даних моніторингу посівів — такі реалії сучасного сільського господарства. Український ринок безпілотних технологій ще перебуває на початковій стадії розвитку, але в останні роки можна з упевненістю сказати, що попит є і він зростає.

Список використаних джерел:

1. Точне землеробство: що це таке та чому його переваги. URL : <https://eos.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo/>.
2. Пронь С.В., Соловійова О.О., Висоцька І.І. Транспортне забезпечення технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур: монографія. Київ: НАУ, 2016. 171 с.
3. Михайлов Г.М., Марінцева К.В. Ефективність формування парку авіаційної техніки для агрохімічних робіт: монографія. Київ: ДП Видавництво «Зовнішня торгівля», 2010. 220 с.
4. Результати діяльності авіаційної галузі України. Розділ «Новини». URL : <http://avia.gov.ua/>.
5. Площа посівів сільськогосподарських культур під збиранням урожаю URL : <https://stat.gov.ua/en/datasets/areas-gross-harvests-and-productivity-agricultural-crops>
6. Повітряний кодекс. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Текст>

УДК 656.71.072-048.34(043.2)

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТАХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Джафарова Е.І. студентка, Мальцева О.Р студентка

Науковий керівник – Якушенко О.С., к.т.н., доц.

Київський авіаційний інститут, Київ

Ключові слова: моделювання, черги, аеропорт, оптимізація, масове обслуговування

Вступ

Зростання пасажиропотоку вимагає від аеропортів впровадження ефективних математичних моделей для оптимізації обслуговування. Особливу актуальність набуває застосування теорії масового обслуговування для моделювання процесів реєстрації, контролю безпеки та посадки пасажирів. Такі моделі дозволяють виявити вузькі місця, оптимізувати використання ресурсів та зменшити час очікування. У працях [1, 2] розглянуто сучасні підходи до моделювання таких систем із використанням стохастичних методів.

Матеріали та методи

Досліджено процес обслуговування пасажирів на етапі контролю безпеки як систему масового обслуговування з множиною паралельних каналів та змінною інтенсивністю прибуття. Використано класичні моделі типу М/М/с [3] та їх варіації. Для моделювання черг застосовано імітаційне моделювання з використанням стохастичних даних. Параметри моделі визначались на основі ідентифікації за реальними статистичними спостереженнями в аеропортах. Також застосовано методи безумовної нелінійної оптимізації для пошуку оптимальної кількості обслуговуючих каналів.

Результати

Отримані моделі дозволили зменшити середній час очікування пасажирів до 32% без залучення додаткових ресурсів, лише за рахунок оптимального перерозподілу потоків. Моделювання виявило критичні значення пасажиропотоку, при яких система переходить у стан перевантаження. Це дозволяє формувати гнучкий графік роботи персоналу залежно від прогнозованого навантаження.

Висновки

Використання математичних методів оптимізації та моделювання систем обслуговування в аеропортах є дієвим інструментом для підвищення ефективності функціонування авіаційної транспортної системи. Подальші дослідження мають бути спрямовані на комбінування теорії масового обслуговування з методами теорії ігор для прийняття рішень в умовах взаємодії між кількома авіаперевізниками.

Список використаних джерел

1. Bordley, R. F. (2020). A Bayesian approach to modeling airport passenger processing systems. *Journal of the Operational Research Society*, 71(8), 1246–1255.
2. Gupta, R., & Sridhar, B. (2022). Stochastic modeling of airport passenger flow and capacity management. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 136, 103536.
3. Kozanidis, G., & Pappis, C. P. (2021). Queueing models in airport terminals: Applications and recent developments. *European Journal of Operational Research*, 291(2), 452–467.

УДК 656.025.2:004.8

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

Дунаєва Анастасія В'ячеславівна

Науковий керівник – Лариса Миколаївна Докієнко,

кандидат економічних наук, доцент кафедри авіаційних робіт та послуг

Національний авіаційний університет, Київ

Ключові слова: транспорт, ІТС, цифровізація, безпека, логістика

Вступ

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) є ключовим напрямом у розвитку сучасної транспортної інфраструктури. Їх актуальність зумовлена необхідністю підвищення безпеки, ефективності перевезень і екологічної сталості [1, 2]. У провідних країнах світу ІТС активно впроваджуються для оптимізації дорожнього руху, управління транспортними потоками та зменшення затворів.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження виступає система міського транспорту в умовах цифровізації. Методологічну основу становлять системний підхід, аналіз кейсів впровадження ІТС у Європі, а також порівняльний аналіз технічних рішень. Для моделювання сценаріїв використано імітаційне моделювання з елементами штучного інтелекту.

Результати

ІТС охоплюють набір технологій: датчики, камери, GPS, штучний інтелект, мобільні додатки, що забезпечують моніторинг, обробку та передавання інформації у реальному часі. Одним із прикладів є системи адаптивного керування світлофорами, які реагують на трафік та зменшують час простою транспорту.

У ЄС та США ІТС забезпечили зниження кількості ДТП на 20–40%, покращення логістичних процесів та екологічної ситуації [3]. В Україні впровадження ІТС лише починає набирати обертів. Зокрема, у Києві реалізується система автоматичного контролю швидкості та інтелектуального обліку транспорту.

Використання ІТС дозволяє не лише оптимізувати транспортні потоки, а й створює основу для розвитку «розумних міст» та інтеграції з мультиформатною логістикою, що особливо актуально в умовах воєнного часу та післявоєнного відновлення інфраструктури.

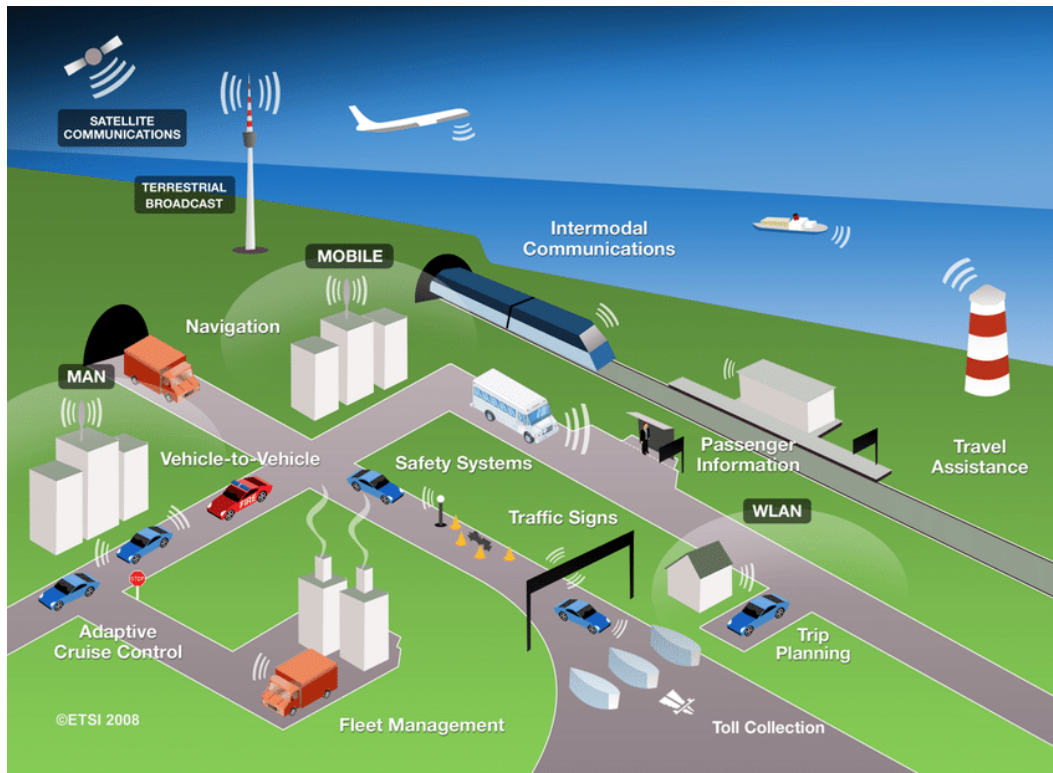


Рис. 1. Загальна структура ІТС згідно з європейським підходом

Висновки

Інтелектуальні транспортні системи є невід’ємним елементом сучасної транспортної політики. Їх впровадження в Україні має високий потенціал для покращення безпеки, ефективності перевезень та екологічної ситуації. Подальший розвиток ІТС потребує міжгалузевої інтеграції та державної підтримки.

Список використаних джерел:

1. Kulkarni, A., & Weisenberger, J. (2020). Intelligent Transportation Systems: Smart and Green Infrastructure Design. Springer.
2. Litman, T. (2021). Smart Transportation: Sustainable Strategies for Urban Mobility. Victoria Transport Policy Institute.
3. European Commission. (2022). Intelligent Transport Systems Action Plan and Directive. Retrieved from: <https://transport.ec.europa.eu>

UDC 629.735:502.3

CYBER THREATS IN AVIATION TRANSPORT: ANALYSIS OF NAVIGATION SYSTEM VULNERABILITIES AND PROTECTION METHODOLOGIES

*Makedons'ka Anastasiia,
3rd year student,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine
Scientific Advisor - Harazha Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Kyiv Aviation Institute,
Ukraine*

Keywords: cybersecurity, aviation navigation, GNSS spoofing, cyber threats, protection methods

The rapid digital transformation of aviation has brought not only remarkable operational efficiencies but also significant cybersecurity challenges. Modern aircraft increasingly rely on interconnected navigation, communication, and control systems, many of which are vulnerable to cyber threats. In particular, the integrity of satellite-based navigation systems like the Global Navigation Satellite System (GNSS), Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS–B), and Controller–Pilot Data Link Communications (CPDLC) are now prime targets for cyberattacks [1].

This study focuses on identifying vulnerabilities within these critical aviation navigation systems, with special attention to GNSS spoofing (fake signal injection), jamming (signal denial), and man-in-the-middle attacks on communication channels [6]. Real-world incidents, such as GNSS spoofing near conflict zones or signal interference in Eastern Europe, reveal the growing frequency and sophistication of such threats [2, 5].

Given the potential consequences – including misrouted flights, midair collisions, and systemic airspace disruption – there is an urgent need for stronger aviation cybersecurity frameworks. Recommended methodologies include multi-factor navigation systems, encrypted satellite communication protocols, AI-powered anomaly detection, and international regulatory alignment for aviation cybersecurity [4, 7].

In addition to technical solutions, there is a critical need for cross-border collaboration and regulatory consistency. Agencies such as the International Civil Aviation Organization (ICAO), the European Union Aviation Safety Agency (EASA), and the Federal Aviation Administration (FAA) are already developing cybersecurity strategies, though implementation remains uneven globally [3].

In conclusion, cybersecurity in aviation navigation is no longer optional – it is a critical safety and national security imperative. Continuous investment in technology, personnel training, and global policy-making is required to safeguard the aviation sector from future cyber incidents.

References:

1. ICAO. *Aviation Cybersecurity Strategy*. International Civil Aviation Organization, 2022. URL: <https://www.icao.int/cybersecurity>
2. Eurocontrol. *Cybersecurity in Air Traffic Management*. Eurocontrol Think Paper, 2021. URL: <https://www.eurocontrol.int/publication/cybersecurity-air-traffic-management>
3. FAA. *Cybersecurity in NextGen: Protecting the Future of Air Travel*. Federal Aviation Administration, 2020. URL: <https://www.faa.gov/nextgen/programs/cybersecurity>
4. Kostopoulos, G. *Cybersecurity for Airports and Air Traffic Control*. CRC Press, 2018. URL: <https://www.routledge.com/Cybersecurity-forAirports/Kostopoulos/p/book/9781138052870>
5. EASA. *Aviation Cybersecurity Roadmap 2.0*. European Union Aviation Safety Agency, 2023. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/cybersecurity>
6. Sun, X., Li, H., Zhang, T., & Wang, S. *GNSS Spoofing Detection Using Multi-Sensor Data Fusion*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2022. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9695983>
7. IATA. *Guidance Material and Best Practices for Aviation Cybersecurity*. International Air Transport Association, 2021. URL: <https://www.iata.org/en/programs/security/cyber-security/>

УДК 656:001.895(043.2)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Січкач М. О.

*Здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
"Державний університет "Київський авіаційний інститут" (КАІ)*

Пронь С. В.

*к.т.н, доцент кафедри організації авіаційних перевезень
"Державний університет "Київський авіаційний інститут" (КАІ)*

Ключові слова: цифровізація, інноваційні технології, штучний інтелект, автономний транспорт

Сучасна транспортна галузь знаходиться в стані суттєвої трансформації під впливом інноваційних технологій, які радикально змінюють підходи до організації перевезень, оптимізації логістики та управління транспортними потоками. В умовах глобалізації, збільшення обсягів перевезень та зростання вимог щодо швидкості, безпеки і екологічності транспорту, впровадження новітніх технологій перестає бути лише конкурентною перевагою, а стає необхідною умовою для ефективного функціонування транспортних систем.

Однією з провідних тенденцій розвитку в транспортній індустрії є цифровізація процесів. Перехід від традиційного ручного управління до використання цифрових платформ забезпечує можливість інтеграції різних видів транспорту, оптимізації маршрутів, скорочення часу доставки та покращення якості обслуговування клієнтів. Системи управління ланцюгами постачання в режимі реального часу (Supply Chain Visibility, SCV) вже стали стандартною практикою для провідних логістичних компаній. Ці технології дозволяють відстежувати місцезнаходження транспортних засобів, статус вантажу, погодні умови та інші важливі параметри, що сприяє оперативному реагуванню на зміни та мінімізації ризиків затримок. [1, с.17].

Досліджуючи тематику доцільно сказати, що важливе значення в процесі цифровізації має Інтернет речей (IoT, Internet of Things), це технологія яка сприяє збору та обробці даних з тисяч сенсорів, інтегрованих у транспортні засоби, інфраструктуру та вантажі. Завдяки вбудованим датчикам та сенсорам це дозволяє автоматизувати моніторинг стану транспортної інфраструктури, забезпечувати оптимальну ефективність роботи систем та прогнозувати можливі несправності або затори на маршруті. Крім того, використання RFID-міток полегшує ідентифікацію вантажів та пришвидшує складські операції, що є особливо важливим для великих логістичних центрів. [2]. Аналізуючи джерело [3] можна виділити основні переваги застосування IoT в логістиці, а саме:

- підвищення безпеки;
- ефективність управління транспортними засобами;
- ефективність контролю умов перевезень;
- інтеграція в складські процеси;
- покращення якості обслуговування клієнтів.

Штучний інтелект і машинне навчання відкривають нові можливості для покращення транспортних процесів. Сучасні логістичні платформи застосовують алгоритми ШІ для автоматизації розподілу замовлень, управління складськими запасами, прогнозування попиту та оптимізації маршрутів. Це дає змогу знизити витрати, пришвидшити прийняття рішень і покращити координацію між учасниками ланцюга постачань. Аналіз великих обсягів даних допомагає виявляти закономірності та тренди, що підвищує ефективність перевезень. [4, с.4].

Автономні транспортні засоби, такі як безпілотні вантажівки, дрони для доставки та автономні автомобілі для пасажирських перевезень, становлять не менш революційний крок у сфері транспорту. Завдяки вдосконаленню сенсорних технологій, комп'ютерного зору та високопродуктивних обчислювальних платформ, ці транспортні засоби можуть самостійно орієнтуватися на дорогах, обирати оптимальні маршрути, ухилятися від небезпечних ситуацій та мінімізувати ризики, пов'язані з людським фактором. Впровадження автономних вантажівок обіцяє суттєве зниження витрат, підвищення рівня безпеки на дорогах та оптимізацію логістичних процесів. Це можливо завдяки їх здатності рухатися в режимі конвою, що сприяє зменшенню аеродинамічного опору і економії пального, а також завдяки отриманню в режимі реального часу інформації про дорожню обстановку для вибору найкращого маршруту [5].

Особлива увага приділяється екологічним аспектам транспортування. Електричні та гібридні транспортні засоби стають дедалі популярнішими завдяки своїй екологічній чистоті та економічності. Збільшення кількості електромобілів на дорогах сприяє зменшенню залежності від нафти, скороченню викидів CO₂ і зниженню негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Паралельно розробляються і впроваджуються водневі технології, які можуть стати альтернативою традиційному паливу в майбутньому [4, с.13].

Іншим важливим напрямком інновацій є застосування блокчейн-технологій у сфері логістики. Блокчейн забезпечує високий рівень прозорості, захищає конфіденційність та гарантує безпеку даних, що є критично важливим у контексті міжнародних вантажоперевезень і складних постачальних ланцюгів. Завдяки цій технології всі учасники логістичного процесу отримують доступ до єдиної, незмінної версії даних, що суттєво знижує ризики шахрайства та втрати інформації, а також спрощує процедуру аудиту операцій [1, с.18].

Інноваційні технології змінюють не лише технічний аспект організації перевезень, але й саму філософію мобільності. Концепція Mobility as a Service (MaaS) об'єднує різні види транспорту в єдину цифрову платформу, що дає користувачам змогу обирати найзручніші та найефективніші маршрути, поєднуючи громадський транспорт, таксі, прокатні велосипеди чи електросамокати. Це сприяє зменшенню кількості приватних автомобілів на дорогах, зниженню заторів і покращенню екологічної ситуації в міських середовищах.

Не можна оминати перспективи розвитку гіперзвукового транспорту, таких як Hyperloop, які обіцяють забезпечити надзвичайно швидке переміщення між містами та країнами. Хоча ці технології все ще перебувають на стадії розробки, їх впровадження може значно змінити структуру транспортних потоків і скоротити час подорожей у найближчому майбутньому [5, 6].

ВИСНОВКИ

Отже безсумнівно, що інноваційні технології є важливим чинником у розвитку транспортної галузі, сприяючи підвищенню ефективності, безпеки, екологічності та доступності перевезень. Впровадження цифрових платформ, автономних транспортних засобів, екологічних рішень, блокчейну та інших сучасних технологій дає можливість створювати гнучкі, стійкі й адаптивні транспортні системи, що можуть реагувати на виклики сучасності. Ефективна організація перевезень неможлива без постійного впровадження інновацій, інвестицій у дослідження та розвиток, а також тісної співпраці між державними структурами, бізнесом і науковими колами.

Список використаних джерел

- 1.Наконечна Т.В., Гринів Н.Т. Застосування новітніх технологій у логістичній діяльності підприємств [Електронний ресурс] –Львів: НУ «ЛП», 2021. – 17-18 с. URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/32_71_5/6.pdf
- 2.Future Transport News. Five Trends Driving the Future of Transport, 2023. URL: <https://futuretransport-news.com/five-trends-driving-the-future-of-transport/>
- 3.Роль IoT в сучасних перевезеннях і бізнес-логістиці. [Електронний ресурс] URL: <https://synexlogistics.com/ua-uk/statti/rol-iot-v-suchasnyh-perevezennyah-i-biznes-logistyczi/>
- 4.Марінов Є.А. Інноваційні технології у транспортній логістиці: економічний потенціал і виклики впровадження. [Електронний ресурс] - Журнал «Академічні візії» 2024. – 4с., 13 с. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1367>
- 5.Parisi Grand Smooth Logistics Ltd. Autonomous Vehicles in Freight Forwarding: Paving the Way for Self-Driving Deliveries, 2024. URL: <https://pgs-log.com/autonomous-vehicles-in-freight-forwarding-paving-the-way-for-self-driving-deliveries/>

6. Як виглядає "автостанція" для швидкісних капсул "Гіперлуп". [Електронний ресурс].

URL:

https://auto.24tv.ua/yak_vyhliadaie_avtostantsiia_dlia_shvydkisnykh_kapsul_hiperlup_video_n272

23

УДК 656.7(043.2)

ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЕТАПІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

Мальцева О.Р. студентка, Джафарова Е.І. студентка

Науковий керівник – Валько А.М., ст. викл.

Київський авіаційний інститут, Київ

Ключові слова: інженерне забезпечення, авіаційні перевезення, наземне обслуговування, технологічний процес, ефективність.

Вступ

Авіаційні перевезення залишаються ключовою складовою глобальної логістики та мобільності. При цьому інженерне забезпечення — від технічного обслуговування до енергопостачання та спеціалізованого обладнання — відіграє вирішальну роль у стабільності та безпеці польотів. Враховуючи високі вимоги до регулярності, точності та швидкості обслуговування, важливо дослідити, як інженерні рішення впливають на якість перевезень і які сучасні підходи дозволяють підвищити ефективність [2]. У працях [3] та [4] проаналізовано процеси наземного обслуговування повітряних суден та виявлено, що ефективна організація й оптимізація використання ресурсів суттєво впливають на зменшення часу стоянки та запобігання затримкам рейсів.

Матеріали та методи

У дослідженні аналізується робота наземних служб аеропорту на прикладі середньоміагістрального повітряного судна (типу Airbus A320). Для оцінки ефективності інженерного забезпечення розглянуто типову структуру технологічного процесу обслуговування ПС у транзитному рейсі. Застосовано метод спостереження, експертного аналізу та порівняння нормативних показників з фактичними даними. Також використовувався метод часової діаграми для візуалізації операцій.

Результати

Було виявлено, що найбільше навантаження на наземні служби припадає на період між прибуттям і злетом літака — приблизно 40–60 хвилин. У цей період повинні бути синхронізовані роботи паливозаправки, прибирання салону, вантажно-багажні операції, перевірка технічного стану ПС, водообслуговування та інші операції.

Дослідження показало, що при відсутності чіткої координації між службами зростає ризик затримки рейсу, а час обслуговування перевищує норматив.

Особливу увагу приділено питанням оснащення: недостатня кількість спеціалізованої техніки (буксирів, GPU, підймальних платформ) може призводити до простоїв. Водночас надмірне оснащення без потреби — до перевитрат і логістичного хаосу на пероні.

Оптимальний варіант — інженерне забезпечення, яке враховує реальну інтенсивність перевезень, типи ПС і погодні умови. Запровадження цифрових систем контролю (напр. Check-in Hub або GroundOps Suite) дозволяє автоматизувати управління ресурсами та скоротити час обслуговування на 10–15% [4].

Висновки

Ефективне інженерне забезпечення — це не лише про техніку, а про злагоджену роботу людей, процесів і цифрових рішень. Оптимізація ресурсів наземного обслуговування дозволяє знизити витрати, мінімізувати затримки й підвищити загальну якість авіаційних перевезень. Результати дослідження можуть бути корисними для адміністрацій аеропортів, авіакомпаній та фахівців з експлуатації ПС [1].

Список використаних джерел

1. Повітряний Кодекс України: чинне законодавство зі змінами та доповненнями станом на 20 січня 2018 р.— К.: Павливода А.В., 2018. – 108 с.
2. ICAO Manual on Ground Handling Services. Doc 10121, 2020.
3. Базильчук О.І. Технології обслуговування повітряних суден. – К.: НАУ, 2020.
4. Yan S., Shieh C. Scheduling ground handling operations at airport gates. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2019.

УДК 004.8:656:[33+304+502/504(043.2)]

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЯК НОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СФЕРИ

Марченко В.С., аспірант

Науковий керівник – Бугайко Д.О., д.е.н., професор.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Ключові слова: логістика, транспорт, штучний інтелект, сталість

Питання використання штучного інтелекту (ШІ) в логістичній сфері є як ніколи актуальним. Сучасні глобальні виклики, такі як забруднення навколишнього середовища, зміна клімату та вичерпання природних ресурсів, плекають людство до застосування інноваційних рішень, сталих технологій та практик. Роль логістики в даних процесах має безпрецедентне значення і саме тому її розвиток за рахунок застосування ШІ є настільки важливим в наш час.

Метою цієї роботи є вивчення можливих варіантів застосування штучного інтелекту в логістичній сфері. Об'єктом даного дослідження є складські системи, які працюють з використанням штучного інтелекту. В даній праці було застосовано метод системного аналізу та порівняльний метод з ціллю оцінки ефективності імплементованих рішень.

Перш за все необхідно відмітити, що таке сталий розвиток і чому він є настільки важливим сьогодні. Сталий розвиток – це розвиток суспільства, який задовольняє потреби сучасності, не ставлячи під загрозу здатність наступних поколінь задовольняти власні потреби [1]. Дана концепція стала особливо популярною в наш час, так як вона націлена на балансування економічного, екологічного та соціального аспекту, як і представлено на Рис. 1.



Рис.1. Гармонізація трьох аспектів концепції сталого розвитку

Досягнення затверджених сімнадцяти цілей сталого розвитку є пріоритетним завданням для сучасного суспільства. В ньому людству дуже стали в нагоді сучасні цифрові технології та штучний інтелект. В сфері логістики, ШІ представляє собою по-справжньому потужний засіб, що вже сьогодні здатний забезпечити підвищення рівня ефективності логістичних процесів, оптимізацію застосування наявних ресурсів, модернізацію ланцюгів постачань, мінімізацію впливу людини на навколишнє середовище, тощо.

Дослідження штучного інтелекту, як інструменту сталого розвитку логістики є надзвичайно важливим та актуальним, так як в наш час, логістичні системи всеціло адаптуються до нової політики цифровізації. Цей прийнятий шлях є незворотнім та дійсно всеосяжним. Штучний інтелект у кооперації з автоматизованими мережами, роботизованими комплексами, Інтернетом речей, хмарними технологіями, технологіями аналітики великих даних та блокчейну відкрив для людства нові вражаючі можливості, про які 10 років тому можна було тільки мріяти. Нині, ШІ дозволяє компаніям приймати найбільш ефективні рішення, мінімізувати негативний вплив на довкілля та зменшувати фінансові витрати.

Серед всеможливих варіантів застосування штучного інтелекту в логістиці особливе значення відіграє сфера перевезень. Сучасний ШІ здатен забезпечити функціонування інноваційної системи маршрутизації. Аналізуючи колосальні об'єми інформації в реальному часі він може розробити найбільш ефективний та безпечний маршрут, опираючись на фактор погоди, дорожніх умов, трафіку та наявної інфраструктури. Це дозволяє пришвидшити відповідні перевезення, зробити їх більш надійними, зекономити значні фінансові ресурси та зменшити обсяги використання палива, що безсумнівно важливо в контексті необхідності зниження викидів парникових газів. Потрібно згадати і про активний розвиток галузі автономних транспортних засобів. Впровадження штучною інтелекту в неї здатне не тільки забезпечити більш ефективні, інноваційні та безпечні ланцюги постачання, але і зменшити потребу у такій значній кількості людських трудових ресурсів.

Аналогічно важливими прикладами застосування ШІ в логістиці є його використання з метою ефективного складування продукції, управління роботизованими системами та оптимізації енергоспоживання. Він здатен аналізувати гігантські об'єми, як історичних, так і актуальних даних для прийняття найбільш оптимальних рішень. Потужні аналітичні можливості ШІ дозволяють якісно оцінити складські простори, рівні запасів продукції та наявний на ринку попит. Він дозволяє компаніям уникати проблем пов'язаних з втратою товарів, перевантаженням складів та надмірним споживання енергії. А тому не дивно, що вже сьогодні, всеможливі компанії зі всього світу використовують його продумані алгоритми для забезпечення максимально ефективної доставки та розміщення товарів.

Таким сучасним прикладом може слугувати компанія «Amazon», яка успішно використовує ШІ у процесі складування продукції, що добре продемонстровано на Рис. 2.



Рис.2. Використання ШІ в сортувальному центрі Amazon

Особливо перспективним наразі, дослідники вважають можливості ШІ по знаходженню рішень по мінімізації кількості відходів та створенню найбільш ефективної упаковки, так як це має колосальне значення для збереження екології. Також значний потенціал дослідники вбачають в кооперації ШІ та технології блокчейн, так як за рахунок цього компанії здатні відстежувати вуглецевий слід продукції, що є безсумнівно важливим для них у контексті дотримання стандартів сталого розвитку та ведення відповідної звітності.

Не можна не відмітити і те, що штучний інтелект широко застосовується для оптимізації робочого графіку працівників. Він дозволяє створити безпечні, по-справжньому достойні умови праці та не допустити перевантаження трудового колективу.

Не дивлячись на глобальну важливість ШІ, як нового інструменту сталого розвитку логістичної сфери, потрібно зазначити основні виклики, які стали на шляху його масового впровадження. Перш за все сюди відносять потребу в розвитку відповідної інфраструктури, недостатньо розвинену нормативно-правову базу держав, високу вартість технологій та недостатню кількість професійних кадрів. Аналогічним чином не можна відкидати і проблему нерівного доступу до технологій між країнами та компаніями, яка до цих пір існує.

Висновок

Штучний інтелект є по-справжньому потужним інструментом, який має всі можливості стати тим довгоочікуваним ключем до сталого розвитку логістичної сфери. Його впровадження сприяє підвищенню ефективності, покращенню екологічності та поліпшенню соціальної відповідальності логістичних систем. Подальший розвиток ШІ та його поступове впровадження в логістичну сферу дозволить розвинути більш «зелену», інноваційну та стійку логістику, яка успішно балансуватиме екологічний, економічний та соціальний аспект.

Список використаних джерел:

1. Sustainable development landmarks. Концепція сталого розвитку. [Електронний ресурс].
– Режим доступу: <https://sdl.org.ua/about-sustainable-development/>

УДК 656.7.025.4

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АЕРОТАКСІ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОЛІТАКІВ*Романчук М.А., магістрант**Науковий керівник – Олександр Якушенко, к.т.н., доц.**Київський авіаційний інститут, Київ*

Ключові слова: аеротаксі, електролітак, міська мобільність, повітряні перевезення, безпека.

Вступ. Процеси глобальної урбанізації та зростання чисельності населення в містах призводять до істотного навантаження на існуючу транспортну інфраструктуру, що супроводжується збільшенням тривалості переміщень, транспортними заторами, погіршенням екологічного стану та зростанням витрат на обслуговування дорожньої мережі. За даними Світового економічного форуму, вже понад 55% населення планети проживає в містах, а до 2050 року цей показник сягне 68%. Водночас традиційні транспортні рішення вичерпують свій ресурс ефективності.

Однією з перспективних альтернатив є розвиток міських повітряних перевезень за допомогою електричних літальних апаратів вертикального зльоту та посадки (eVTOL), здатних значно скоротити час переміщень, зменшити навантаження на наземний транспорт та покращити екологічні показники. Прогнози аналітичних центрів (Morgan Stanley, Deloitte) передбачають, що до 2040 року глобальний ринок міської авіації перевищить \$1,5 трлн, де аеротаксі становитимуть значну частину комерційних перевезень.

З огляду на ці тенденції, актуальним є дослідження технологічного стану, потенційних переваг, обмежень та перспектив впровадження аеротаксі на базі eVTOL в Україні з урахуванням світового досвіду. [1].

Матеріали та методи. Для визначення актуального стану розробок та потенціалу впровадження аеротаксі вивчено досвід трьох провідних світових компаній: Volocopter (Німеччина), Joby Aviation (США) та EHang (Китай). Їх моделі — Volocopter VoloCity, Joby S4 та EHang 216 — є найбільш відомими та технічно готовими до впровадження в міське середовище. Volocopter VoloCity — електричний повітряний апарат вертикального зльоту та посадки для двох пасажирів, який тестується у Дубаї, Сінгапурі та Парижі. Joby S4 — чотиримісний електролітак із дальністю до 240 км, що має угоду з Uber Elevate та співпрацює з NASA. EHang 216 — автономний електричний дрон для одного-двох пасажирів, який вже отримав сертифікат типу в Китаї та проходить випробування в ОАЕ та Індонезії. Ці моделі

охоплюють три ключові регіони світу — Європу, США та Азію, що дозволяє всебічно оцінити тенденції в розвитку міських повітряних перевезень.

Результати. На основі аналізу технічних характеристик і результатів випробувань трьох сучасних моделей аеротаксі — Volocopter VoloCity, Joby S4 та EHang 216 — визначено ключові переваги та обмеження їх впровадження в міські транспортні системи. Volocopter VoloCity призначений для перевезення двох пасажирів на відстань до 35 км зі швидкістю 110 км/год. Він успішно пройшов випробування в умовах мегаполісів Парижа, Сінгапура та Дубая. Joby S4, з максимальною дальністю польоту до 240 км і крейсерською швидкістю 320 км/год, продемонстрував на тестах у Каліфорнії можливість зниження часу пересування містом у середньому на 60% порівняно з автомобільним транспортом. EHang 216, як автономний двомісний дрон, уже отримав сертифікат типу в Китаї та виконав понад 1000 демонстраційних пасажирських польотів у міських умовах. [2].

Усі розглянуті моделі відзначаються екологічною чистотою, оскільки працюють на електротязі без викидів CO₂. Завдяки використанню електродвигунів із низьким рівнем шуму (у середньому 65–75 дБ) вони значно менше впливають на акустичне навантаження мегаполісів порівняно з традиційними вертольотами. Іншою важливою перевагою є здатність здійснювати вертикальний зліт і посадку на компактних майданчиках, що дозволяє інтегрувати їх у щільну міську забудову без необхідності будівництва повноцінних аеропортів. Потенційне впровадження аеротаксі дозволить суттєво зменшити навантаження на дорожню інфраструктуру, скоротити час пересування та покращити екологічну ситуацію в містах.

Разом із тим інтеграція аеротаксі в транспортні системи міст наразі стримується низкою чинників. По-перше, відсутня єдина нормативно-правова база для польотів eVTOL у межах міст. Не розроблені стандарти сертифікації літальних апаратів цього класу, правила їх допуску до повітряного руху та процедури забезпечення безпеки пасажирських перевезень. По-друге, немає погоджених маршрутів і визначених повітряних коридорів, що унеможливорює масову експлуатацію аеротаксі без загрози для інших учасників повітряного руху. Додатковим бар'єром є повна відсутність vertiport-інфраструктури — спеціальних майданчиків для зльоту, посадки, зарядки та технічного обслуговування електричних літаків.[3].

Окрему небезпеку становлять ризики кібербезпеки, оскільки управління аеротаксі здійснюється через цифрові мережі та безпілотні системи. За відсутності надійних стандартів шифрування та захисту каналів зв'язку існує загроза несанкціонованого втручання в системи управління польотами, що створює безпосередню загрозу життю пасажирів і безпеці міського повітряного простору.

Не менш важливим стримувальним фактором є економічна складова. Вартість одного електричного аеротаксі становить від 600 тисяч до 3 мільйонів доларів США, а середня вартість одного кілометра перевезення наразі коливається в межах 5–7 доларів. За прогнозами Morgan Stanley, лише після масової експлуатації та запуску комерційної конкуренції тарифи можуть знизитися до 2–3 доларів за кілометр. Проте навіть у такому разі перевезення залишатимуться дорожчими за звичайні наземні таксі, орієнтуючись переважно на бізнес-клієнтів.

Станом на сьогодні лише країни ЄС і Китай активно впроваджують цю технологію. Зокрема, у Франції до Олімпійських ігор 2025 року планується організація пілотних маршрутів eVTOL у Парижі. Європейське агентство авіаційної безпеки (EASA) вже розробляє стандарти сертифікації. В Україні ж повністю відсутні нормативні акти та законодавчі ініціативи у цій сфері, що суттєво гальмує можливість запуску випробувальних польотів та формування транспортної концепції.

Для забезпечення повноцінної інтеграції аеротаксі на базі eVTOL у транспортні системи України запропоновано поетапну програму впровадження, що передбачає:

1. Розроблення національної концепції.

Формування державної стратегії використання eVTOL для пасажирських і вантажних перевезень у межах міст із визначенням зон впровадження, критеріїв безпеки, екологічних вимог і параметрів міського повітряного простору.

2. Створення нормативно-правової бази.

Підготовка законодавчих та нормативних актів для сертифікації eVTOL, ліцензування операторів, диспетчеризації руху, організації vertiport-майданчиків і регулювання польотів eVTOL у міському повітряному просторі.

3. Запуск пілотних проєктів у містах.

Організація демонстраційних польотів і тестових перевезень у Києві, Львові та Дніпрі, будівництво перших vertiport-майданчиків на дахах ТРЦ, бізнес-центрів і паркінгів.

4. Створення єдиної диспетчерської системи.

Запровадження централізованої системи управління міськими польотами eVTOL з визначенням маршрутів, пріоритетів руху та інтеграцією з системами авіаційної безпеки.

5. Розробка протоколів кібербезпеки.

Створення стандартів шифрування даних, захисту каналів зв'язку та протоколів реагування на несанкціоноване втручання в системи управління польотами.

6. Інформаційно-роз'яснювальні кампанії.

Проведення масових демонстраційних польотів, інформаційних заходів, навчальних програм для громадськості й авіаційних фахівців для формування довіри до технології.

7. Забезпечення державної підтримки.

Запровадження пільгових програм для інвесторів, податкових преференцій, механізмів співфінансування для будівництва vertiport-інфраструктури та закупівлі перших серійних eVTOL [4].

Реалізація цієї програми дозволить створити умови для інтеграції аеротаксі у транспортну систему українських міст, поступово адаптувати міжнародні стандарти до вітчизняного ринку та забезпечити участь України в європейській системі міських повітряних перевезень.

Додатковим стримувальним чинником залишається низький рівень суспільної довіри до автономних літальних апаратів для пасажирських перевезень. Більшість потенційних користувачів побоюється літати безпілотними повітряними таксі через відсутність особистого контролю над польотом і страх перед аваріями. Тому впровадження аеротаксі потребує масштабної інформаційної кампанії, організації демонстраційних польотів та активного залучення громадськості до участі в тестуванні таких послуг.

Таким чином, результати проведеного аналізу підтверджують, що електричні аеротаксі володіють значним потенціалом для інтеграції в міські транспортні системи та здатні забезпечити суттєве зниження заторів і поліпшення екологічного стану мегаполісів. Однак для повноцінного впровадження цієї технології необхідно подолати низку нормативно-правових, інфраструктурних, економічних і суспільних бар'єрів. Україна має всі передумови для організації пілотних проєктів, які дозволять закласти основу для майбутнього приєднання до європейської системи міських повітряних перевезень.[5].

Висновки. Електричні аеротаксі мають високий потенціал для інтеграції в транспортні системи мегаполісів. Вони здатні скоротити час переміщення, зменшити затори та поліпшити екологічний стан міст. Для впровадження в Україні необхідно розробити державну концепцію застосування eVTOL, прийняти відповідну нормативно-правову базу, створити vertiport-інфраструктуру та забезпечити інформаційно-роз'яснювальну роботу серед населення.

Список використаних джерел

1. Козак І. В. Організація та управління повітряним рухом : навч. посіб. / І. В. Козак. — Київ : НАУ, 2020. — 240 с.
2. Петренко С. О. Інноваційні технології в авіації : монографія / С. О. Петренко. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. — 312 с.
3. Руденко О. П. Електротранспорт в авіації : навч. посіб. / О. П. Руденко. — Київ : КПІ, 2021. — 180 с.

4. Вербицький А. М. Міська мобільність та транспортні системи : навч. посіб. / А. М. Вербицький. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. — 276 с.
5. Савчук В. І. Аерокосмічні технології в Україні : монографія / В. І. Савчук. — Київ : НАУ, 2022. — 350 с.

УДК 656.61.073

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДРОНІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ

Романчук М.А., магістрант

Науковий керівник – Олександр Якушенко, к.т.н., доц.

Київський авіаційний інститут, Київ

Ключові слова: гідродрон, моніторинг води, екологічна безпека, автономні системи, смарт-водні технології.

Вступ. Стан внутрішніх водних шляхів безпосередньо впливає на екологічну безпеку міст, ефективність річкового судноплавства та якість водних ресурсів. Забруднення водою призводить до погіршення здоров'я населення, порушення біорізноманіття, ускладнює вантажні перевезення та підвищує вартість водопідготовки. Водночас традиційні методи моніторингу акваторій є трудомісткими, дорогими та не дозволяють здійснювати оперативний контроль.

У цих умовах перспективним напрямом є впровадження автономних гідродронів — безпілотних плавзасобів, здатних виконувати завдання моніторингу, екологічного контролю та дрібнотоннажних вантажоперевезень. Світовий досвід довів ефективність застосування таких апаратів у міських акваторіях і портах.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є чотири сучасні моделі гідродронів:

ASV C-Cat3 (Велика Британія) — автономний катамаран для гідрографічного моніторингу;

Sea Hunter (США) — автономне судно для тривалих місій патрулювання;

Roboat (Нідерланди) — безпілотний електричний човен для вантажних, пасажирських перевезень та збору сміття в каналах;

Damen Waterbus Drone (Нідерланди) — автономний водний автобус-дрон для міських акваторій.

Результати. У світовій практиці гідродрони вже застосовуються для різних завдань. ASV C-Cat3 (Велика Британія) використовується для картографування глибини, моніторингу стану донних відкладень і дослідження замулених ділянок річок та портів. Roboat (Нідерланди) активно експлуатується на каналах Амстердама як автономне водне таксі, вантажний човен та платформа для збору сміття з водної поверхні. Damen Waterbus Drone використовується для пасажирських та логістичних перевезень у містах із розвинутою системою внутрішніх водних шляхів. Sea Hunter (США) виконує тривалі патрульні місії на

великих акваторіях без участі екіпажу, демонструючи потенціал таких апаратів для безпекових завдань.[1].

Використання автономних гідродронів дозволяє виконувати моніторинг якості води, виявлення забруднень, контроль замулення, зняття гідрографічних показників без необхідності залучення водолазів та великогабаритних суден. Експлуатація таких апаратів суттєво знижує витрати на обслуговування водної інфраструктури та екологічний моніторинг. При цьому гідродрони працюють автономно цілодобово, можуть діяти у важкодоступних та небезпечних зонах.

Перевагами таких систем є електрична тяга, що усуває викиди CO₂ та знижує акустичне навантаження на середовище. Завдяки компактності та маневровості гідродрони можуть ефективно працювати в умовах щільної міської забудови, вузьких каналів та акваторій, де використання традиційних суден є проблематичним або економічно не вигідним. Більшість серійних моделей здатні перевозити вантажі до 300 кг або виконувати одночасний збір сміття й даних про стан води. [2].

Основними бар'єрами для впровадження технології в Україні є відсутність правового регулювання руху автономних плавзасобів на внутрішніх водах, нестача зарядної та обслуговуючої інфраструктури, ризики кібербезпеки під час дистанційного управління.

У європейських містах пілотні проекти Roboat, Damen Waterbus Drone, ASV C-Cat3 уже довели практичну доцільність та комерційну окупність подібних рішень для муніципалітетів і приватних операторів. Це створює передумови для їх інтеграції у транспортні й екологічні системи України. Наявна водна мережа дозволяє розробити внутрішньоміські та міжпортові маршрути для автономних гідродронів із будівництвом зарядних станцій і технічних причалів на базі існуючих портів.[3].

В Україні щорічно фіксуються серйозні екологічні проблеми: засмічення, замулення, розливи нафтопродуктів, а також старіння водної інфраструктури. З огляду на наявність понад 4,5 тис. км судноплавних річок, 25 міських акваторій і портових зон, потенційна потреба у таких системах становить не менше 250–300 одиниць для екологічного моніторингу та 150–200 одиниць для дрібнотоннажних вантажоперевезень і утилізаційних операцій. Більшість комунальних та портових підприємств використовують застаріле обладнання для моніторингу та обслуговування водойм, що не дозволяє оперативно виявляти забруднення, контролювати параметри води або швидко реагувати на аварійні ситуації. За відсутності ефективних рішень ці проблеми призводять до погіршення санітарного стану річок, збільшення витрат на очищення води та створюють додаткові ризики для судноплавства.[4].

Найбільш нагальна потреба в автономних гідродронах існує на Дніпрі, Дністрі, Південному Бузі, в припортових акваторіях Києва, Запоріжжя, Херсона, Черкас, а також на

водосховищах. У цих зонах щороку фіксуються випадки локальних забруднень, скидів нафтопродуктів, накопичення сміття та зменшення пропускної здатності каналів. Використання гідродронів дозволить суттєво знизити витрати комунальних служб на очищення водної поверхні та забезпечить постійний онлайн-контроль параметрів водного середовища.

Перший етап впровадження передбачає закупівлю 15–20 гідродронів для муніципальних підприємств великих міст, де є найбільші водні акваторії. Паралельно необхідно розробити державні вимоги до сертифікації автономних плавзасобів, порядок їх обліку та умови допуску до експлуатації на внутрішніх водоймах. Наступним кроком має стати будівництво зарядних та обслуговуючих майданчиків на основі існуючих причальних споруд. [5], [6].

У перспективі створення муніципальних екологічних мобільних служб на базі гідродронів дозволить автоматизувати системний контроль стану води, фіксувати незаконні скиди та оперативно локалізувати наслідки аварій. Крім того, за допомогою дріботоннажних моделей можливо організувати перевезення будівельних матеріалів, харчових товарів, дрібної тари між припортовими складами та пунктами доставки, що скоротить навантаження на наземні шляхи.

Очікуване економічне скорочення витрат на обслуговування акваторій після впровадження гідродронів становитиме 25–30%, а окупність проєктів за умов залучення державного співфінансування може скласти 2,5–3 роки. Потенційний обсяг українського ринку автономних гідродронів до 2030 року оцінюється в межах 60–80 млн доларів США. Технологія дозволяє не лише автоматизувати утримання водойм, а й створити платформу для побудови міської екологічної безпеки та нових логістичних рішень без прив'язки до стану дорожньої інфраструктури.

Наявність європейських готових технологічних рішень дає змогу закупити та локалізувати серійні зразки, адаптувати програмне забезпечення для українських акваторій та організувати систему моніторингу водойм у реальному часі. Це відкриє можливість інтегрувати внутрішні водні шляхи в єдину цифрову екосистему муніципального управління.[7], [8].

Висновки

Впровадження автономних гідродронів в Україні є стратегічно доцільним рішенням для автоматизації моніторингу стану внутрішніх вод, оперативного виявлення забруднень та виконання дріботоннажних перевезень у межах міських акваторій і портових зон. Технологія дозволяє суттєво скоротити експлуатаційні витрати на утримання водної інфраструктури, підвищити екологічну безпеку водних об'єктів та забезпечити оперативне реагування на аварійні ситуації. Враховуючи наявний міжнародний досвід і потенційний попит українських

міст, доцільно ініціювати розробку національних нормативів, запуск пілотних проєктів і створення інфраструктури для обслуговування гідродронів.

Список використаних джерел

1. Allied Market Research. Global Waterborne Drones Market Outlook 2023–2030. – Chicago : AMR, 2022. – 120 p.
2. European Bank for Reconstruction and Development. Autonomous Shipping Technologies and Inland Waterways. – London : EBRD Reports, 2021. – 88 p.
3. Port of Rotterdam Authority. Smart Port Solutions: Roboat and Waterbus Drone Projects. – Rotterdam : Port Authority Publications, 2020. – 64 p.
4. Коваленко І. П. Водний транспорт України: сучасний стан та перспективи розвитку : монографія / І. П. Коваленко. — Київ : Наукова думка, 2018. — 312 с.
5. Петренко О. М. Автоматизація екологічного контролю водних ресурсів / О. М. Петренко, С. В. Дмитрук. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. — 196 с.
6. Сидоренко В. І. Інноваційні технології у водному транспорті / В. І. Сидоренко. — Харків : ХНАДУ, 2019. — 248 с.
7. Ткаченко Л. М. Екологічний моніторинг водойм: методи та техніка / Л. М. Ткаченко. — Одеса : ОНУ, 2021. — 180 с.
8. Бондаренко П. В. Автоматизовані системи управління у транспортних технологіях / П. В. Бондаренко. — Київ : КПІ, 2017. — 224 с.

БОРТОВИЙ СУПРОВІД АВІАЦІЙНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ,
15.05.2025

УДК 656

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
УКРАЇНИ**

Шаповалова А.Ю., студентка

Науковий керівник –Український Є.О., к.т.н., доцент

Київський авіаційний інститут, Київ

Ключові слова: проблеми, перспективи, розвиток, транспортна інфраструктура

Транспортна інфраструктура є одним з найважливіших чинників прогресу країни. Вона є одним з фундаментальних секторів національної економіки, а її ефективне функціонування є необхідною умовою забезпечення захисту економічних інтересів держави і покращення життя її громадян.

В сучасних умовах однією з головних проблем вітчизняної транспортної інфраструктури є її зношеність, а саме незадовільний стан доріг, залізничних колій, аеропортової та портової інфраструктури. Це може призводити до збільшення часу в дорозі, підвищення ризику аварій та зростання витрат на обслуговування рухомого складу. Залізничні колії, які не відповідають стандартам, можуть викликати затримки в перевезеннях та зниження безпеки. Аеропорти з застарілою інфраструктурою можуть мати проблеми з обслуговуванням пасажирів та вантажів, а порти, які не можуть впоратися з сучасними вимогами, можуть стримувати розвиток торгівлі. Це все негативно впливає на економіку та якість життя людей.

Наступна проблема полягає в низькому рівні інновацій – відставання у впровадженні сучасних логістичних рішень та "розумних" транспортних систем. Низький рівень інновацій у сфері логістики та недостатнє впровадження смарт-технологій, таких як системи управління трафіком, які використовують дані в реальному часі для покращення маршрутизації вантажів. Це не дозволяє досягти найвищих значень показників ефективності.

Ключовою проблемою є екологічні виклики, а саме високе забруднення повітря та викиди CO² від традиційного транспорту. Наприклад, використання автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Ці автомобілі, працюючи на бензині або дизельному паливі, викидають значну кількість вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин, що негативно впливають на якість повітря та сприяють зміні клімату. Це призводить до проблем зі здоров'ям у людей, а також до погіршення екологічної ситуації в містах.

Велику кількість проблем транспортній інфраструктурі додали військові дії в Україні. Внаслідок бойових дій зруйновано тисячі кілометрів автомобільних та залізничних шляхів, мости, логістичні центри, аеропорти. Особливо постраждали східні та південні регіони країни. Наприклад відомо, що у 2022 році внаслідок бойових дій було знищено або пошкоджено понад 20% автомобільних доріг у деяких регіонах, таких як Київська та Харківська області.

Через військові дії виникли загроза безпеці перевезень - транспортні шляхи знаходяться під загрозою обстрілів, мінування, що значно ускладнює переміщення товарів і людей. Часто виникає необхідність в об'їздах і спеціальних дозволах.

Однією з проблем в умовах війни є порушення логістичних ланцюгів, а саме закриття портів, проблеми з перетином кордонів та обмеження на міжнародні перевезення призвели до зростання логістичних витрат та часу доставки. Після повномасштабного вторгнення Росії в Україну у 2022 році стратегічні порти Чорного та Азовського морів — зокрема Маріуполь, Бердянськ та частково Одеса — були заблоковані або зруйновані. Це призвело до колапсу морського експорту, особливо зернових культур, на які Україна традиційно є великим експортером. В результаті країна була змушена шукати альтернативні логістичні маршрути.

Аналіз теорії і практики впровадження рішень в розвитку транспортної інфраструктури, дозволив виділити найбільш ефективні з них:

- Розвиток "зелених" технологій на транспорті – впровадження електромобілів, водневих та гібридних видів транспорту та розвиток інфраструктури для їх функціонування.
- Цифровізація транспорту – автоматизація, використання штучного інтелекту та Big Data для оптимізації маршрутів.
- Інтеграція мультимодальних перевезень – поєднання різних видів транспорту в єдині транспортно-логістичні ланцюги в умовах інфраструктури міжнародних транспортних коридорів.
- Розвиток смарт-інфраструктури – будівництво інтелектуальних доріг, систем управління рухом, "розумних" терміналів. Підтримка стартапів та інновацій – розвиток безпілотного транспорту, дронів для доставки, нових форматів міської мобільності.
- Міжнародна інтеграція – участь у глобальних транспортних коридорах та ініціативах
- Модернізація інфраструктури - після війни очікується масштабне відновлення зруйнованих об'єктів з урахуванням сучасних технологічних стандартів та європейської інтеграції.
- Залучення міжнародної підтримки - Європейський Союз, Світовий банк та інші партнери вже заявили про готовність фінансувати інфраструктурні проєкти та підтримувати логістичну інтеграцію України.

Висновок:

Транспортна система є основою економіки будь-якої держави, адже забезпечує переміщення людей, вантажів, ресурсів та інформації. Війна в Україні значно ускладнила функціонування транспортної системи, однак водночас створила умови для її якісного оновлення. Використання сучасних технологій, цифровізація процесів, міжнародна підтримка та стратегічне планування можуть зробити український транспорт ефективнішим, безпечнішим та більш інтегрованим у світову логістичну систему.

Список використаних джерел:

1. Постанова КМУ №821 від 04.08.1997 р.
2. Національна транспортна стратегія України до 2030 року
3. Дані Державного агентства автомобільних доріг України
4. Офіційні звіти АТ «Укрзалізниця» за 2022–2024 рр.
5. Публікації Міністерства інфраструктури України

УДК 656.078:004

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ В ЕПОХУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ*Шинкарук А.В., студентка**Науковий керівник - Докієнко Л.М., к.е.н., доцент.**Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ*

Ключові слова: мультимодальні перевезення, цифровізація, логістика, інновації, транспорт

Вступ

У ХХІ столітті мультимодальні перевезення відіграють дедалі важливішу роль у забезпеченні глобальної мобільності товарів. В умовах зростаючої складності міжнародних логістичних ланцюгів постачання, що охоплюють кілька видів транспорту, особливого значення набуває ефективна інтеграція різномірних перевізників, інфраструктур та інформаційних потоків [1]. Проте традиційні підходи до організації таких перевезень виявляються недостатньо гнучкими й прозорими в умовах високих темпів змін попиту, зростання конкуренції та необхідності оперативного реагування на ризики [2].

Цифровізація транспортної галузі відкриває нові можливості для подолання вказаних викликів. Завдяки впровадженню сучасних цифрових технологій — таких як блокчейн, хмарні обчислення, Big Data-аналітика, інтернет речей (IoT) та штучний інтелект — з'являються інструменти для уніфікації інформації між учасниками ланцюга, автоматизації процесів планування та моніторингу, а також забезпечення прозорості та надійності даних щодо переміщення вантажів у реальному часі [3; 5].

Актуальність теми підтверджується численними сучасними дослідженнями [1–3], які висвітлюють цифрову трансформацію мультимодальної логістики як один із ключових напрямів розвитку міжнародних транспортних систем. Зокрема, акцент робиться на перевагах автоматизованого документообігу, прогнозного аналізу маршрутів, цифрової ідентифікації вантажів, що дозволяє суттєво знизити логістичні витрати, скоротити час доставки та підвищити якість обслуговування клієнтів [4].

Попри наявність перспективних напрацювань за кордоном, в Україні цей напрям залишається недостатньо дослідженим. Саме тому виникає потреба у глибшому аналізі поточних тенденцій, вивченні світового досвіду та пошуку шляхів практичної адаптації цифрових рішень до вітчизняних умов [2; 3].

Метою даного дослідження є аналіз можливостей та обмежень застосування цифрових технологій у сфері мультимодальних перевезень, а також виявлення ключових чинників, що впливають на ефективність їх впровадження в транспортно-логістичних системах.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження є сучасні мультимодальні транспортно-логістичні системи, які поєднують автомобільний, залізничний, морський та повітряний транспорт у межах єдиного логістичного процесу. Основна увага приділена цифровим рішенням, що застосовуються на різних етапах перевезень: під час планування маршрутів, управління транспортними засобами, моніторингу стану вантажу та організації документообігу.

Для дослідження використано аналітичний метод, який передбачає критичний аналіз наукових публікацій, звітів міжнародних логістичних операторів, нормативно-правових актів Європейського Союзу, а також відкритих даних про впровадження цифрових платформ у сфері мультимодальних перевезень [2; 4].

Порівняльну оцінку функціональних характеристик цифрових екосистем (зокрема, TradeLens, Project44, Transporeon) здійснено з використанням методу benchmarking. Він дозволив виявити ключові переваги цифрових платформ у забезпеченні прозорості, адаптивності та інтеграції мультимодальних логістичних процесів [1; 4].

Для виявлення закономірностей між рівнем цифровізації перевезень і логістичною ефективністю застосовано метод експертного оцінювання. У його межах проаналізовано відкриті статистичні дані, галузеві кейси та аналітичні звіти провідних організацій (World Bank, UNCTAD, IRU) [2–4]. Елементи SWOT-аналізу використано для узагальнення сильних і слабких сторін цифрової трансформації у транспортно-логістичній сфері.

Інформаційна база охоплює джерела за 2022–2024 роки, що забезпечує актуальність висновків дослідження в контексті динамічних змін у глобальній логістиці.

Результати

Аналіз сучасних цифрових рішень, які використовуються у сфері мультимодальних перевезень, дозволив виокремити кілька ключових напрямів їхнього впровадження. По-перше, значну роль у підвищенні прозорості логістичних операцій відіграють блокчейн-технології, які забезпечують незмінність інформації про переміщення вантажу, фіксацію критичних подій та автоматизацію договірних відносин за допомогою смарт-контрактів [5]. На практиці це реалізовано в системі *TradeLens*, де всі учасники логістичного ланцюга мають синхронізований доступ до єдиної бази даних у режимі реального часу [1].

По-друге, платформи управління транспортом нового покоління (наприклад, *Project44*, *FourKites*) забезпечують інтеграцію даних з GPS-навігаторів, сенсорів температури, тиску, рівня вологості тощо, що дозволяє прогнозувати прибуття вантажу з точністю до кількох хвилин, а також вчасно реагувати на затримки чи порушення умов транспортування. Це особливо актуально для мультимодальних перевезень з участю автомобільного та залізничного транспорту [4].

По-третє, аналітичні системи на основі штучного інтелекту дозволяють не лише оптимізувати маршрути та зменшити холості пробіги, а й адаптувати логістичні стратегії до змін у попиті, сезонних коливань або логістичних збоїв. Такі алгоритми впроваджуються, зокрема, в ЄС у рамках проєктів цифрових транспортних коридорів (*Digital Transport Corridors Initiative*) [2].

Для умов України визначено низку бар'єрів, що стримують широке впровадження цифрових рішень: фрагментованість IT-інфраструктури логістичних операторів, відсутність єдиних стандартів електронного документообігу, недостатня кваліфікація персоналу в цифрових інструментах, а також обмежений доступ до фінансування інновацій [2; 3].

Разом із тим, національні приклади — як-от запуск електронної ТТН, інтеграція державних сервісів у "єТранспорт", розробка систем на базі українських GPS-провайдерів — свідчать про наявність передумов для цифрової трансформації мультимодальних перевезень у перспективі найближчих років.

Висновки

Сучасний етап розвитку транспортно-логістичних систем засвідчує: цифрові технології не лише змінюють методи організації мультимодальних перевезень, а й формують нові стандарти їх ефективності, прозорості та адаптивності. Інтеграція блокчейн-платформ, інструментів штучного інтелекту, IoT та хмарних рішень створює потужне середовище для безперервного обміну даними між усіма учасниками логістичного ланцюга.

У результаті цифрової трансформації досягається не лише підвищення точності планування й контролю транспорту, а й реальна економія ресурсів, зменшення затримок і посилення конкурентоспроможності перевізників на міжнародному ринку. Практика використання таких платформ, як TradeLens, Project44 та Transporeon, вже довела свою ефективність у світовій логістиці.

Водночас, для країн із перехідною економікою, зокрема України, важливо не лише наслідувати світовий досвід, а й адаптувати цифрові рішення з урахуванням локальних бар'єрів. Ключовим завданням національної транспортної політики має стати формування

сприятливого цифрового середовища — шляхом стандартизації електронного документообігу, розвитку IT-інфраструктури та підготовки висококваліфікованих фахівців.

Таким чином, цифровізація мультимодальних перевезень — це не просто технологічне оновлення, а стратегічний напрям, що визначає конкурентоздатність логістичних систем у глобальному просторі.

Список використаних джерел

1. Notteboom T., Rodrigue J.-P. The Future of Multimodal Transport and Logistics // *Journal of Transport Geography*. 2022. Vol. 103. P. 103431.
2. World Bank. Digital Solutions for Transport and Logistics: Global Trends and Innovations. 2023. URL: <https://worldbank.org> (дата звернення: 14.05.2025).
3. UNCTAD. Digitalizing the Transport and Logistics Sector: Policy Recommendations. Geneva: United Nations, 2022.
4. IRU. Intelligent Transport Systems and Multimodal Logistics. 2023. URL: <https://iru.org> (дата звернення: 14.05.2025).
5. Gurtov A., Kharitonov V. Blockchain and IoT for Modern Logistics // *Lecture Notes in Computer Science*. 2021. Vol. 12625. P. 110–123.

**ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ 2025 МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІЙ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ,
ДОКТОРАНТІВ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ**

20 травня 2025 р.

Допускається в авторській редакції. Відповідальність за інформацію, викладену у публікаціях несуть автори.