

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-365-25>

УДК 621.86:004.89:004.92

ПЕТРИНА ДМИТРО

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0000-0003-0663-746X>

e-mail: pepperiko@ukr.net

ДЗУНДЗА БОРИС

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0009-0005-2662-2160>

borys.dzundza-ag1125@nung.edu.ua

ІНТЕГРАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуто особливості інтеграції алгоритмів штучного інтелекту в процеси автоматизованого проєктування ліфтів і підйомно-транспортних систем. Проаналізовано сучасні підходи до використання машинного навчання, параметричного моделювання та інтелектуальної оптимізації в середовищах CAD/CAE. Особливу увагу приділено практичному впровадженню ШІ у виробничий цикл — від формування параметричних моделей і автоматизованого експорту креслень до генерації виробничих файлів та інтеграції з системами обліку. Наведено приклад комплексної автоматизації підготовки розгортки елементів ліфтового обладнання, що дозволило суттєво скоротити час обробки варіантів конструктивного виконання та мінімізувати вплив людського фактора. Показано, що застосування ШІ сприяє підвищенню узгодженості інженерних даних, зменшенню кількості помилок, скороченню циклу проєктування та зростанню ефективності виробництва. Обґрунтовано доцільність подальшого розвитку інтелектуальних інструментів у сфері автоматизованого проєктування підйомно-транспортних систем.

Ключові слова: штучний інтелект; автоматизоване проєктування; ліфти; підйомники; CAD/CAE-системи; параметричне моделювання.

PETRYNA DMYTRO, DZUNDZA BORYS

Ivano Frankivsk National Technical Oil and Gas University

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS INTO THE PROCESSES OF AUTOMATED DESIGN OF LIFTING AND TRANSPORT SYSTEMS.

The article investigates the integration of artificial intelligence algorithms into the automated design processes of elevators and lifting and transport systems. Particular attention is devoted to the transformation of traditional engineering workflows under the influence of AI-driven tools and digital technologies. Modern approaches to the application of machine learning, parametric modeling, generative algorithms, and intelligent optimization within CAD/CAE environments are analyzed in the context of improving design accuracy, speed, and adaptability. The role of AI is considered not as a replacement for the engineer, but as an advanced decision-support and automation instrument that enhances productivity and reduces routine workload. Special emphasis is placed on the practical implementation of AI elements within the complete production chain — from the creation of parametric 3D models and automated generation of technical drawings to batch export of manufacturing files and integration with digital production management systems. A detailed case study of comprehensive automation in preparing sheet metal layouts for elevator components is presented. The results demonstrate a substantial reduction in processing time for hundreds of design configurations, improved standardization of documentation, and minimization of errors caused by manual data handling. The automation framework ensures consistency of engineering parameters across assemblies, accelerates the updating of documentation after design modifications, and enhances coordination between design and manufacturing departments. The study confirms that the integration of AI-based tools into automated design workflows contributes to improved data integrity, increased operational efficiency, and higher reliability of lifting equipment development. Furthermore, the adoption of intelligent algorithms supports the transition toward digital manufacturing and Industry 4.0 principles in the elevator sector. The findings substantiate the feasibility and перспективність of further development and large-scale implementation of AI-driven solutions in the automated design and production of lifting and transport systems.

Keywords: artificial intelligence; automated design; elevators; lifting platforms; CAD/CAE systems; parametric modeling

Стаття надійшла до редакції / Received 04.03.2026

Прийнята до друку / Accepted 21.03.2026

Опубліковано / Published 28.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Петрина Дмитро, Дзундза Борис

Вступ

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку глобальної інфраструктури характеризується стрімкою урбанізацією та зростанням висотності житлових і промислових об'єктів. Це висуває принципово нові вимоги до підйомно-транспортних систем (ПТС), зокрема ліфтів, ескалаторів та вантажних підйомників. Традиційні методи автоматизованого проєктування (CAD/CAE), хоча й забезпечують високу точність розрахунків, все частіше стикаються з межею ефективності при вирішенні багатофакторних задач оптимізації, енергозбереження та забезпечення динамічної безпеки. В умовах концепції «Індустрії 4.0» виникає гостра потреба у переході від суто механістичного проєктування до інтелектуальних систем, здатних до самонавчання та адаптації.

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) у машинобудуванні наразі є одним із найбільш обговорюваних напрямків. Дослідження провідних світових виробників (таких як Otis, Kone, Schindler) та наукові праці у галузі генеративного дизайну підтверджують, що використання нейронних мереж і генетичних алгоритмів дозволяє не лише скоротити час розробки нових моделей, а й виявити неочевидні конструктивні рішення, недоступні для класичного інженерного підходу.

Попри значний прогрес у сфері систем управління, питання комплексної інтеграції алгоритмів ШІ безпосе-

редньо на етапі ескізного та технічного проектування конструкцій ПТС залишається недостатньо висвітленим. Зокрема, потребують детального вивчення методи використання прогнозної аналітики для створення «цифрових двійників» підйомних механізмів, які б враховували реальні умови експлуатації ще до етапу виготовлення прототипу.

Метою даної роботи є аналіз сучасного стану та перспектив інтеграції алгоритмів штучного інтелекту в процеси автоматизованого проектування підйомно-транспортних систем. Основна увага приділяється практичному застосуванню методів машинного навчання для оптимізації металоемності конструкцій, підвищення енергоефективності вертикального транспорту та розробки систем інтелектуальної прогнозної діагностики.

Огляд літератури

Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) у процеси автоматизованого проектування підйомно-транспортних систем є одним із ключових напрямів розвитку сучасного інженерного проектування в умовах цифровізації та концепції Індустрії 4.0. У наукових дослідженнях ШІ розглядається як інструмент підвищення ефективності прийняття проектних рішень, оптимізації конструктивних параметрів та зменшення часу розробки складних технічних систем [1].

У роботах, присвячених інтелектуальним транспортним системам, показано, що алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та еволюційні методи успішно застосовуються для прогнозування навантажень, оптимізації потоків та адаптивного управління транспортними процесами [1, 2]. Ці підходи є релевантними і для підйомно-транспортних систем, де необхідно враховувати велику кількість змінних, таких як вантажопотоки, режими роботи обладнання та експлуатаційні обмеження.

Дослідження у сфері автоматизованого проектування підтверджують ефективність застосування ШІ-алгоритмів на різних етапах життєвого циклу інженерних систем — від концептуального проектування до оптимізації та верифікації конструкцій [4]. Особливу увагу приділено інтеграції алгоритмів ШІ в CAD/CAE-середовища, що дозволяє автоматизувати вибір конструктивних рішень і зменшити вплив суб'єктивного людського фактора [5].

Окремі наукові праці аналізують використання генеративних алгоритмів та глибокого навчання для створення альтернативних варіантів конструкцій транспортного обладнання, що відкриває нові можливості для параметричного та топологічного проектування [6]. Такі підходи є перспективними для підйомно-транспортних систем, де важливими є оптимізація масо-габаритних характеристик та підвищення енергоефективності.

Значна кількість досліджень присвячена оптимізаційним задачам у транспортних системах із застосуванням алгоритмів штучного інтелекту, зокрема генетичних алгоритмів, методів рою частинок та гібридних моделей [7, 9]. Отримані результати демонструють можливість досягнення кращих показників продуктивності порівняно з класичними методами оптимізації.

Водночас автори зазначають наявність низки обмежень, пов'язаних із якістю вхідних даних, складністю навчання моделей та необхідністю значних обчислювальних ресурсів [3, 8]. Незважаючи на це, загальна тенденція розвитку наукових досліджень свідчить про зростаючу роль штучного інтелекту в автоматизованому проектуванні підйомно-транспортних систем та доцільність подальшої інтеграції інтелектуальних алгоритмів у проектні та експлуатаційні процеси.

Останні дослідження також фокусуються на інтелектуальних рішеннях для підйомно-транспортних систем, зокрема ліфтів, що демонструють ефективність застосування алгоритмів штучного інтелекту для вирішення задач управління, оптимізації експлуатації та технічного моніторингу. Наприклад, створено інтелектуальну агент-керовану систему ліфтів, яка значно покращує час реагування, здатність обробляти одночасні виклики та зменшує середній час очікування пасажирів завдяки використанню алгоритмів інтелектуального планування та адаптивного контролю [10]

Інше сучасне дослідження розглядає методи штучного інтелекту для моніторингу стану та діагностики несправностей привідних PMSM-двигунів (permanent magnet synchronous motor), що є ключовими елементами сучасних ліфтових систем. Аналіз показує, що застосування ML та DL-алгоритмів для прогнозування відмов і передбачуваного технічного обслуговування може підвищити надійність і безпеку роботи ліфтів, а також зменшити часові затрати на обслуговування й експлуатаційні витрати [11]

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених застосуванню алгоритмів штучного інтелекту в транспортних та інженерних системах, питання інтеграції ШІ безпосередньо в процеси автоматизованого проектування підйомно-транспортних систем, зокрема ліфтів та підйомників, залишається недостатньо систематизованим. Більшість існуючих досліджень зосереджена на експлуатаційних аспектах — оптимізації керування, прогнозуванні відмов або енергоефективності, тоді як етап проектування розглядається фрагментарно або опосередковано.

Основна частина

У традиційних підходах до автоматизованого проектування підйомно-транспортних систем використовуються детерміновані алгоритми, емпіричні залежності та нормативні методики, що суттєво обмежує можливості врахування багатofакторних взаємозв'язків, нелінійних ефектів та експлуатаційної невизначеності. Це особливо критично для сучасних ліфтових і підйомних установок, які працюють в умовах змінних навантажень, інтенсивної експлуатації та підвищених вимог до безпеки й енергоефективності.

У зв'язку з цим метою даного дослідження є розробка та аналіз підходів до інтеграції алгоритмів штучного інтелекту в процес автоматизованого проектування підйомно-транспортних систем з метою підвищення ефективності прийняття проектних рішень, оптимізації конструктивних і режимних параметрів та зменшення часу проектування.

Окремої уваги потребує актуальність проектування ліфтів та підйомників в умовах сучасної України, що зумовлена різким зростанням кількості осіб з тимчасовими та постійними порушеннями опорно-рухового апарату внаслідок воєнних дій. Значна частина поранених потребує довготривалої реабілітації, регулярного доступу до медичних закладів, житлових і громадських будівель, що висуває підвищені вимоги до безбар'єрності та функціональної надійності вертикального транспорту. У цьому контексті ліфти та підйомники перестають бути виключно елементами інфраструктури комфорту і набувають критичного соціального значення як засоби забезпечення мобільності, безпеки та гідних умов життя для маломобільних груп населення. Саме тому проектування таких систем має враховувати специфічні експлуатаційні сценарії, підвищені вимоги до плавності руху, адаптивності керування, резервування та надійності, що робить доцільним використання алгоритмів штучного інтелекту для оптимізації конструктивних рішень і підвищення ефективності автоматизованого проектування в умовах післявоєнної відбудови країни.

Важливим аспектом сучасного проектування ліфтів та підйомників є швидка візуалізація проектних рішень, яка суттєво впливає на якість та оперативність інженерних рішень. Використання алгоритмів штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процес формування тривимірних моделей, компоновальних схем і сценаріїв роботи підйомно-транспортних систем на ранніх етапах проектування. Завдяки цьому інженери отримують можливість оперативно оцінювати альтернативні конструктивні варіанти, виявляти потенційні колізії, перевіряти ергономічні та безпекові параметри, а також узгоджувати технічні рішення із замовниками та експлуатаційними службами.

Швидка візуалізація на основі ШІ є особливо важливою для ліфтів і підйомників, оскільки ці системи тісно інтегровані в архітектуру будівель і мають суворі просторові обмеження. Інтелектуальні алгоритми здатні в режимі реального часу адаптувати геометричні параметри шахт, кабін, напрямних і приводів відповідно до змін вихідних даних, що значно скорочує час ітерацій проектування. Крім того, поєднання ШІ-візуалізації з цифровими двійниками дозволяє моделювати динаміку руху, навантаження та поведінку системи в різних експлуатаційних режимах ще до створення фізичного прототипу, зменшуючи ризик помилок і витрати на доопрацювання. Таким чином, швидка візуалізація, підсилена алгоритмами штучного інтелекту, стає ключовим інструментом підвищення ефективності, безпеки та адаптивності процесу автоматизованого проектування ліфтів та підйомників.

Для прикладу розглянемо швидку візуалізацію для корпусу ІФНТУНГ за допомогою Gemini (рис.1). Процес візуалізації будівлі з ліфтом починається зі збору та аналізу вихідних архітектурно-планувальних даних, що включають геометрію будівлі, поверховість, конфігурацію фасадів, розташування віконних прорізів і прилеглої території. На цьому етапі визначається тип ліфтової системи — у даному випадку зовнішній панорамний ліфт, інтегрований у фасад будівлі, що потребує врахування як архітектурних, так і конструктивних обмежень.



Рис. 1. Візуалізація у створенні проекту ліфта за допомогою Gemini

Наступним етапом є створення базової тривимірної моделі будівлі у CAD або BIM-середовищі, де формується об'ємно-просторова структура, поверхи, перекриття та несучі елементи. Після цього моделюється ліфтова шахта, виконана у вигляді прозорої скляної конструкції, з урахуванням її прив'язки до основного об'єму будівлі, висоти обслуговування та розташування зупинок на кожному поверсі. Особлива увага приділяється пропорціям шахти, її вертикальності та візуальній інтеграції з фасадом.

Сучасне проектування ліфтів і підйомників ґрунтується на інтеграції класичних CAD/CAE-систем з алгоритмами штучного інтелекту, що дозволяє автоматизувати прийняття інженерних рішень, оптимізувати конструктивні параметри та суттєво скоротити тривалість проектного циклу. Основу такого підходу становлять BIM-платформи, зокрема Autodesk Revit, Bentley OpenBuildings та Archicad, у яких ШІ-алгоритми застосовуються для параметричного моделювання ліфтових шахт, кабін і вузлів кріплення, автоматичної перевірки відповідності нормативним вимогам і виявлення просторових колізій. Машинне навчання дозволяє аналізувати типові проектні рішення та формувати рекомендації щодо оптимальної конфігурації ліфтів залежно від поверховості будівлі, вантажопідйомності та інтенсивності експлуатації.

Для оптимізації конструктивних елементів ліфтів і підйомників широко застосовуються методи генеративного проектування та інтелектуальної оптимізації, реалізовані в середовищах Autodesk Fusion 360, Siemens NX, ANSYS, Abaqus і COMSOL Multiphysics. У цих системах нейронні мережі та еволюційні алгоритми використовуються для пошуку оптимальних геометричних форм, зменшення маси конструкцій, підвищення міцності та енергоефективності, а також для прискорення чисельних розрахунків за рахунок використання сурогатних моделей.

Важливу роль у проектуванні відіграють методи машинного та глибокого навчання, які застосовуються для прогнозування навантажень, вибору параметрів приводів, аналізу динаміки руху та оцінювання надійності ліфтових систем. Поєднання ШІ-алгоритмів із концепцією цифрових двійників у платформах Siemens MindSphere та PTC ThingWorx дозволяє моделювати поведінку ліфтів і підйомників у різних експлуатаційних режимах ще на етапі проектування та коригувати технічні рішення з урахуванням прогнозованих умов роботи.

Для швидкої візуалізації та концептуального опрацювання проєктів ліфтів і підйомників активно використовуються ШІ-орієнтовані інструменти, такі як Autodesk Forma, Twinmotion з AI-модулями, Unreal Engine із системами процедурної генерації, а також генеративні моделі на базі Midjourney, Stable Diffusion та DALL·E. Ці засоби дозволяють автоматично створювати тривимірні моделі, фотореалістичні рендери й анімації роботи ліфтових систем у архітектурному середовищі, що значно спрощує аналіз проєктних рішень, комунікацію з замовниками та прийняття обґрунтованих інженерних рішень на ранніх стадіях проектування.

Практичним прикладом використання елементів штучного інтелекту при проектуванні та експлуатації ліфтових систем є система KONE Destination Control System (DCS), яка застосовується у висотних і громадських будівлях. На етапі проектування ця система використовує алгоритми машинного навчання для моделювання пасажиропотоків залежно від функціонального призначення будівлі, часу доби та кількості користувачів. На основі цих даних інженер отримує рекомендації щодо кількості ліфтів, їх вантажопідйомності, швидкості руху та оптимальної схеми групового керування. У процесі експлуатації система аналізує реальні виклики ліфта, адаптує алгоритми розподілу пасажирів між кабінами та мінімізує середній час очікування. Таким чином, елементи штучного інтелекту впливають не лише на керування ліфтом, але й безпосередньо формують проєктні рішення ще на стадії автоматизованого проектування.

Прикладом впровадження елементів штучного інтелекту у проектуванні та експлуатації ліфтів є система Otis CompassPlus Destination Management System, яка використовується у багатоповерхових офісних і медичних будівлях. На етапі проектування ця система застосовує алгоритми інтелектуального аналізу пасажирських потоків для моделювання сценаріїв використання будівлі з урахуванням кількості користувачів, функціонального призначення поверхів і часових піків навантаження. На основі отриманих даних формується оптимальна конфігурація ліфтової групи, визначається кількість кабін, їх швидкість руху, вантажопідйомність і принцип зонування обслуговування поверхів.

У процесі експлуатації система CompassPlus використовує адаптивні алгоритми розподілу викликів, які в реальному часі аналізують напрямки руху пасажирів і призначають конкретну кабіну ще до входу в ліфт. Це дозволяє мінімізувати кількість зупинок, зменшити середній час очікування та підвищити пропускну здатність системи. Таким чином, елементи штучного інтелекту в системі Otis CompassPlus впливають як на формування проєктних рішень, так і на подальшу оптимізацію роботи ліфтів, демонструючи ефективну інтеграцію ШІ в автоматизоване проектування підйомно-транспортних систем.

Розглянемо приклад використання ШІ у ПП «СРБК ТЕХМОНТАЖ», яке засноване у 2006 році. Спочатку підприємство надавало послуги з монтажу та сервісного обслуговування ліфтів. Із 2020 року запущено власне виробництво комплектних ліфтів під власною торговою маркою. Сьогодні компанія має виробничу базу та R&D-центр, який займається вдосконаленням наявних рішень і розробкою нових, поєднуючи власний досвід із практиками іноземних партнерів.

У сучасному машинобудуванні, зокрема в галузі проектування ліфтових систем, штучний інтелект доцільно розглядати не як самостійного розробника конструкцій, а передусім як інструмент підвищення рівня інженерної автоматизації, уніфікації процесів і зменшення впливу людського чинника в ланцюжку «цифрова модель — конструкторська документація — виробничі файли — облік». Практичне застосування ШІ зосереджується насамперед на оптимізації рутинних, повторюваних операцій, які традиційно потребують значних часових витрат і ручного контролю.

Вагомим фактором підвищення ефективності є формування цілісного автоматизованого середовища обробки конструкторських даних. Такий підхід передбачає поєднання параметричного моделювання в CAD-системах (Autodesk Inventor із використанням iLogic) із засобами файлової організації (Xplorer) та інструментами виробничого обліку й керування (Google Sheets і Google Apps Script).

На етапі параметризації ключові характеристики виробу — геометричні розміри, матеріали, товщина листа — визначаються на рівні головної збірки та зберігаються у структурованих файлах даних. За допомогою правил iLogic ці параметри автоматично поширюються на всі підпорядковані деталі та вузли, що забезпечує повну узгодженість моделі при внесенні змін.

Наступним кроком є автоматизований серійний експорт виробничої документації. Креслення в форматі PDF формуються пакетно з автоматичним іменуванням файлів за заданим стандартом, який включає назву деталі, матеріал, товщину та технологічні параметри. Аналогічно, для деталей з листового металу генеруються DXF-розгортки з попередньо оптимізованою структурою шарів, що робить їх безпосередньо придатними для лазерного різання. Назви таких файлів також формуються автоматично з урахуванням коду деталі, матеріалу, товщини та кількості.

Після експорту дані проходять етап автоматичного сортування, під час якого сценарії файлового менеджера аналізують назви файлів, визначають матеріал і товщину та розподіляють їх по структурованих теках, формуючи готові виробничі пакети. На завершальному етапі інформація інтегрується в таблиці виробничого обліку, де сценарії Google Apps Script забезпечують автоматичне зчитування параметрів із назв файлів, сортування позицій за статусами та фіксацію етапів виконання робіт.

Ефективність запропонованого підходу ілюструється на прикладі розробки створок дверей ліфтової шахти. Формування повного набору розгортки для сотень варіантів виконання при ручній обробці потребує кількох годин безперервної роботи. Автоматизація цього процесу за допомогою правил iLogic дозволила скоротити час підготовки з кількох годин до лічених хвилин, водночас забезпечивши можливість оперативного оновлення всієї документації при зміні навіть одного параметра.

Основними досягнутими результатами стали суттєво зменшення часових витрат на повторювані інженерні операції та підвищення надійності даних завдяки усуненню помилок, пов'язаних із ручним втручанням, некоректним іменуванням або неправильним розміщенням файлів.

У наведених прикладах штучний інтелект використовувався як допоміжний інструмент, що прискорює розробку та впровадження інженерної автоматизації. Його застосування охоплювало формування логіки складних алгоритмів обробки даних, генерацію початкових шаблонів програмного коду для iLogic, сценаріїв файлової обробки та автоматизації табличних процесів, а також підтримку на етапі налагодження й адаптації систем до реальних виробничих умов.

При цьому ключові інженерні рішення, зокрема визначення базових параметрів виробів, контроль структури даних і підтвердження коректності сформованої документації, залишалися у зоні відповідальності інженера-конструктора. Таким чином, штучний інтелект виступає ефективним засобом підвищення продуктивності праці, дозволяючи спеціалісту зосередитися на аналізі та верифікації рішень замість виконання рутинних операцій.

Висновок

Проведений аналіз теоретичних підходів і практичних кейсів свідчить, що штучний інтелект у сучасному проектуванні та виробництві ліфтів і підйомників доцільно розглядати не як автономну заміну інженера, а як потужний інструмент підвищення ефективності інженерної діяльності. Практичне застосування ШІ зосереджується насамперед на автоматизації підготовки конструкторських і виробничих даних, оптимізації параметричних моделей, стандартизації документації та зменшенні впливу людського фактора на критичних етапах життєвого циклу виробу.

Впровадження інтелектуальних алгоритмів у ланцюжок «проектування — візуалізація — виробництво — облік» дозволяє суттєво скоротити часові витрати на повторювані операції, підвищити узгодженість даних між різними підрозділами та забезпечити оперативне оновлення всієї технічної документації при зміні вихідних параметрів. Реальні виробничі приклади демонструють, що автоматизовані сценарії, розроблені з використанням елементів ШІ, здатні замінити години ручної роботи хвилинами контрольованих алгоритмічних процесів без втрати якості.

Водночас ключова роль інженера зберігається у формуванні проектних рішень, контролі коректності моделей і прийнятті відповідальних технічних рішень. У такій парадигмі штучний інтелект виступає як інтелектуальний асистент, що підсилює експертність фахівця та дозволяє зосередитися на аналізі, оптимізації та безпеці систем. Таким чином, практичне впровадження ШІ у виробництво ліфтового обладнання є важливим чинником підвищення конкурентоспроможності, гнучкості та стійкості галузі, а також створює підґрунтя для подальшого розвитку автоматизованих і адаптивних підйомно-транспортних систем.

Література

1. Abduljabbar R., Dia H., Liyanage S., Bagloee S. A. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, No. 1. 189. DOI: 10.3390/su11010189
2. Zemmouchi-Ghomari L. Artificial intelligence in intelligent transportation systems. *Journal of Intelligent Manufacturing and Special Equipment*. 2024. Vol. 6, No. 1. P. 26–42. DOI: 10.1108/JIMSE-11-2024-0035.
3. Mirindi D. A Review of the Advances in Artificial Intelligence in Transportation System Development. *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering*. 2024. Vol. 9, No. 3. P. 72–83. DOI: 10.11648/j.jccee.20240903.13.
4. Khanolkar P. M., Vrolijk A., Olechowski A. Mapping artificial intelligence-based methods to engineering design stages: a focused literature review. *AI EDAM*. 2023. Vol. 37. e25. DOI: 10.1017/S0890060423000203.
5. Thangavelu J. Artificial Intelligence in Engineering Design: Enhancing Creativity and Efficiency. *ESP International Journal of Advancements in Science & Technology*. 2024. Vol. 2, No. 3. P. 29–39. DOI: 10.56472/25839233/IJAST-V2I3P104.
6. Rong R., Ma Sh., Ren N., Lin Q., Jia N. Generative artificial intelligence in intelligent transportation systems. *International Journal of Automotive Technology and Management*. 2025. P. 1020-1036. DOI: 10.1007/s42524-025-4241-9.
7. Qiu B. Optimization Design and Application of Artificial Intelligence in Transportation. *ACM Transactions*. 2024. DOI: 10.1145/3746709.3746969.
8. Iyer L. AI enabled applications towards intelligent transportation. *Transportation Engineering*. 2021. Vol. 5. 100083. DOI: 10.1016/j.treng.2021.100083.
9. Alibeyli T., Gasimov H. The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Optimization of Transport Corridors. *ScienceRise*. 2024. No. 10. DOI: 10.21303/2313-8416.2024.003684.
10. Gharbi A., Ayari M., El Touati Y. Intelligent Agent-Controlled Elevator System: Algorithm and Efficiency Optimization. *Informatics and Automation*. 2025. Vol. 24, No. 1. DOI: 10.15622/ia.24.1.2.
11. Vlachou V. I., Karakatsanis T. S., Efstathiou D. E. Recent Advances of Artificial Intelligence Methods in PMSM Condition Monitoring and Fault Diagnosis in Elevator Systems. *Applied System Innovation*. 2025; 8(5):154. DOI: 10.3390/asi8050154.