

УДК 004.8:339.1:656.8

**Рубан Володимир Дмитрович**

*аспірант*

*Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

**Ruban Volodymyr**

*Postgraduate Student of the*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

DOI: 10.25313/2520-2294-2024-6-10006

## **ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОПТИМІЗАЦІЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО СОРТУВАННЯ ПОШТИ В ЕКОНОМІЧНОМУ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ ТА ГАЛУЗІ ПОШТОВИХ ВІДПРАВЛЕНЬ**

## **THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE AUTOMATED POSTAL SORTING OPTIMIZATION IN THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE POSTAL SPHERE AND ENTERPRISES**

**Анотація.** Вступ. Поява штучного інтелекту (ШІ) внесла вагомі зміни до роботи багатьох секторів, включаючи поштову галузь. Оскільки світові поштові служби стикаються зі зростаючими вимогами та проблемами, інтеграція технологій ШІ у процеси автоматичного сортування дає змогу підвищити ефективність роботи, скоротити витрати та покращити якість обслуговування. Традиційні методи сортування, хоч і були ефективні в минулому, не відповідають постійно зростаючим вимогам цифрової епохи. Штучний інтелект з його передовими алгоритмами та можливостями машинного навчання є революційним рішенням. Оптимізуючи операції, скорочуючи витрати та підвищуючи загальну ефективність, ШІ може зробити революцію у процесах автоматичного сортування поштових відправлень. У цій статті розглядається вплив ШІ на оптимізацію автоматизованого сортування поштових відправлень, наголошуючи на його економічному впливі на роботу всієї сфери поштових відправлень та окремих підприємств. У дослідженні вивчається існуюча література та використовується змішаний методичний підхід для аналізу переваг та проблем інтеграції ШІ. Результати вказують на значні поліпшення ефективності, скорочення витрат і задоволеності клієнтів, що передбачає перспективне майбутнє для удосконалення надання поштових послуг, керованих ШІ.

**Мета.** Метою даного дослідження є вивчення впливу штучного інтелекту на процеси автоматичного сортування поштових відправлень та оцінка того, як ці технологічні досягнення сприяють економічному розвитку поштового сектора та окремих підприємств. Метою дослідження є надання всебічного розуміння переваг, проблем та майбутніх перспектив інтеграції штучного інтелекту у поштові операції.

**Матеріали і методи.** Дослідження спирається на широкий спектр літератури, включаючи наукові статті, галузеві звіти та тематичні дослідження, щоб сформулювати основне розуміння програм штучного інтелекту в поштових службах. Ключові теми включають історичний розвиток технологій сортування поштових відправлень, поточні рішення на основі ШІ та економічний аналіз впровадження ШІ. Використовується змішаний підхід, що поєднує кількісний аналіз даних із якісними тематичними дослідженнями. Кількісні дані включають експлуатаційні показники поштових служб, які запровадили ШІ, тоді як якісні дані збираються з інтерв'ю з галузевими експертами та зацікавленими сторонами.

**Результати.** Результати дослідження показують, що системи сортування поштових відправлень, створені на основі штучного інтелекту, значно підвищують швидкість автоматичного сортування, точність та загальну ефективність роботи. Аналіз витрат показує суттєву економію на робочій силі та експлуатаційних витратах. Крім того, рівень задоволеності клієнтів підвищився завдяки більш швидкій доставці та меншій кількості помилок сортування.

**Перспективи.** Заглядаючи вперед, очікується, що інтеграція штучного інтелекту в автоматичне сортування поштових відправлень буде розширюватись із постійними досягненнями в алгоритмах машинного навчання та робототехніки. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на вирішенні проблем, таких як безпека даних і системна інтеграція, щоб повністю реалізувати потенціал використання штучного інтелекту в поштових службах.

**Ключові слова:** штучний інтелект (ШІ), оптимізація, автоматичне сортування пошти, економічний розвиток, підприємства, що працюють у сфері поштових відправлень, ефективність.

**Summary.** Introduction. The advent of artificial intelligence (AI) has introduced transformative changes across numerous sectors, including the postal industry. As global postal services face increasing demands and challenges, the integration of AI technologies in automatic sorting processes presents an opportunity to enhance operational efficiency, reduce costs, and improve service quality. Traditional sorting methods, while effective in the past, struggle to keep pace with the demands of the digital age. AI, through its advanced algorithms and machine learning capabilities, presents a game-changing solution. By streamlining operations, reducing costs, and enhancing overall efficiency, AI is poised to revolutionize postal sorting processes. This essay delves into the role of AI in optimizing automatic postal sorting processes, highlighting its economic impact on the postal sphere and individual enterprises. The study examines existing literature and employs a mixed-method approach to analyze the benefits and challenges of AI integration. Results indicate significant improvements in efficiency, cost reduction, and customer satisfaction, suggesting a promising future for AI-driven postal services.

**Purpose.** The purpose of this study is to investigate the impact of artificial intelligence on automatic postal sorting processes and to assess how these technological advancements contribute to the economic development of the postal sector and individual enterprises. The study aims to provide a comprehensive understanding of the benefits, challenges, and future prospects of artificial intelligence integration in postal operations.

**Materials and methods.** The study draws on a wide range of literature, including academic articles, industry reports, and case studies, to build a foundational understanding of artificial intelligence applications in postal services. Key topics include the historical development of postal sorting technologies, current AI-driven solutions, and economic analyses of AI implementation. A mixed-method approach is employed, combining quantitative data analysis with qualitative case studies. Quantitative data includes operational metrics from postal services that have implemented AI, while qualitative data is gathered from interviews with industry experts and stakeholders.

**Results.** The study's findings reveal that AI-driven postal sorting systems significantly enhance sorting speed, accuracy, and overall operational efficiency. Cost analysis shows substantial savings in labor and operational expenses. Furthermore, customer satisfaction levels have improved due to faster delivery times and fewer sorting errors.

**Discussion.** Looking ahead, the integration of artificial intelligence in automatic postal sorting is expected to expand, with continuous advancements in machine learning algorithms and robotics. Future research should focus on addressing the remaining challenges, such as data security and system integration, to fully realize the potential of artificial intelligence usage in postal services.

**Key words:** artificial intelligence (AI), optimization, automatic postal sorting, economic development, postal enterprises, efficiency.

**Постановка проблеми.** Поштова галузь упродовж століть була наріжним каменем глобальної комунікації та торгівлі. Однак швидкий розвиток технологій та експоненційне зростання електронної комерції висувають нові вимоги до поштових служб у всьому світі. Щоб залишатися конкурентоспроможним та ефективним, поштовий сектор має впроваджувати інноваційні рішення для покращення своєї роботи. Одним із таких рішень є інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у процеси автоматичного сортування пошти. ШІ може зробити революцію в поштовій галузі за рахунок оптимізації процесів сортування, зниження витрат та підвищення якості обслуговування. У цій статті розглядається роль штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування пошти та його економічний вплив на поштовий сектор в цілому та зокрема на підприємства.

Традиційні процеси сортування пошти є трудомісткими і схильні до помилок, що призводить до неефективності та збільшення експлуатаційних витрат. Зростання обсягу пошти та посилок, зумовлене електронною комерцією, посилює ці проблеми. Отже, поштові служби повинні знайти способи підвищення точності та швидкості сортування, щоб відповідати очікуванням клієнтів та залишатися

конкурентоспроможними. Інтеграція штучного інтелекту в процеси сортування пошти є життєздатним вирішенням цих проблем. Використовуючи технології ШІ, поштові служби можуть автоматизувати та оптимізувати процеси сортування, тим самим підвищуючи ефективність роботи та скорочуючи витрати. Ця проблема має як практичне значення, так й значну наукову значимість. Розробка та застосування штучного інтелекту у поштовому сортуванні включають складні алгоритми машинного навчання, системи комп'ютерного зору та робототехніку. Ці технології повинні бути ретельно спроектовані, навчені та протестовані, щоб гарантувати їх точну та ефективну роботу. Тому ця проблема пов'язана з важливими науковими завданнями в галузі ШІ, машинного навчання та робототехніки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Роль штучного інтелекту у процесах сортування пошти привернула значну увагу останніми роками [1]. Декілька досліджень вивчали застосування машинного навчання, комп'ютерного зору та робототехніки у сортуванні пошти. Наприклад, Чжан та ін. (Zhang et al.) досліджували використання алгоритмів машинного навчання для підвищення точності та швидкості сортування [2]. Їхнє дослідження показало,

що ШІ може значно підвищити ефективність систем сортування пошти за рахунок скорочення помилок сортування та часу обробки. Аналогічним чином, Сміт та ін. (Smith et al.) досліджували економічний вплив інтеграції ШІ у сфері поштових послуг [3]. Їхнє дослідження довело, що системи сортування на основі ШІ можуть знизити експлуатаційні витрати та покращити якість обслуговування, що призведе до підвищення задоволеності клієнтів [4]. При ефективному вирішенні цієї проблеми час, зусилля та витрати на сортування можуть бути значно покращені [5]. Крім того, дослідження наголосило, що ШІ може забезпечити конкурентну перевагу поштовим службам, дозволяючи їм більш ефективно обробляти великі обсяги пошти та посилок [6]. Алгоритми машинного навчання дозволяють системам вчитися на даних та згодом підвищувати точність сортування [7]. Системи комп'ютерного зору, які використовують передове розпізнавання зображень, можуть швидко ідентифікувати та класифікувати посилки [8]. Робототехніка автоматизує фізичну обробку посилок, ще більше підвищуючи ефективність [3]. Крім того, досягнення в галузі машинного навчання та штучного інтелекту дозволяють розробляти складніші алгоритми сортування, здатні обробляти складні завдання сортування з більшою точністю та ефективністю.

Методи глибокого навчання, такі як нейронні мережі (CNN) і рекурентні нейронні мережі (RNN), все частіше використовуються для поліпшення можливостей розпізнавання зображень та обробки природної мови в системах поштового сортування [9, с. 154]. Саме тому, використання технологій штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування пошти матиме надзвичайний вплив на якість, час, витрати та безпеку поштових послуг в цілому.

Незважаючи на прогрес, досягнутий у розумінні технічних аспектів інтеграції ШІ у сортування пошти, у літературі є прогалини щодо всебічних економічних наслідків використання ШІ. Існуючі дослідження часто фокусуються на окремих аспектах, таких як точність сортування чи зниження витрат, не надаючи цілісного аналізу загального економічного впливу [10]. Більше того, існує обмежена кількість досліджень проблем та бар'єрів для інтеграції ШІ, таких як безпека даних, системна інтеграція та високі початкові інвестиційні витрати [11]. Усунення цих прогалин має вирішальне значення для повного розуміння потенціалу та обмежень штучного інтелекту у процесах сортування пошти.

**Метою статті** є проаналізувати роль штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування поштових відправлень та оцінити його економічний вплив на поштовий сектор в цілому та окремі підприємства. Зокрема, стаття спрямована на наступне:

1. Оцінити підвищення операційної ефективності та економію коштів у результаті інтеграції штучного інтелекту.

2. Вивчити вплив ШІ на задоволеність клієнтів та якість обслуговування.

3. Виявити проблеми та перешкоди для інтеграції ШІ у процеси сортування поштових відправлень.

4. Надати рекомендації щодо майбутніх досліджень та розробок у системах сортування поштових відправлень на основі ШІ.

**Виклад основного матеріалу.** Штучний інтелект охоплює низку технологій, включаючи машинне навчання, комп'ютерний зір та робототехніку, які можуть бути використані для сортування поштових відправлень.

Алгоритми машинного навчання лежать у основі систем сортування поштових відправлень з урахуванням ШІ. Ці алгоритми розроблені для навчання на історичних даних сортування та покращення їхньої продуктивності з часом. Наприклад, контрольовані алгоритми навчання можуть бути навчені на маркованих даних для класифікації посилок на основі їхніх адрес призначення. У міру того, як система обробляє більше даних, вона стає кращою у розпізнаванні шаблонів та прийнятті точних рішень щодо сортування [8]. З іншого боку, неконтрольовані алгоритми навчання можуть бути використані для ідентифікації кластерів або груп схожих посилок. Ця можливість особливо корисна для організації великих обсягів пошти та посилок на основі їх характеристик, таких як розмір, вага чи пункт призначення (Рис. 1). Алгоритми машинного навчання з підкріпленням також можуть застосовуватись для оптимізації процесів сортування шляхом навчання на основі зворотного зв'язку та відповідного коригування стратегій сортування.

У контексті автоматичного сортування поштових відправлень алгоритми машинного навчання використовуються для класифікації та маршрутизації посилок на основі різних атрибутів, таких як розмір, вага, адреса призначення та пріоритет доставки. В одному із примітних досліджень Чжана та ін. вивчалось використання алгоритмів контрольованого навчання для підвищення точності сортування [2]. Дослідники розробили модель, яка могла класифікувати посилки з високим ступенем точності, навчивши її на великому наборі даних маркованих поштових відправлень. Їхні результати показали, що модель машинного навчання значно перевершила традиційні системи на основі правил, скоротивши помилки сортування та час обробки. Ще один важливий внесок зробили Сміт та ін., які досліджували застосування навчання із підкріпленням у сортуванні поштових відправлень [3]. Їхнє дослідження включало навчання технології ШІ для динамічної оптимізації маршрутів сортування на основі даних у реальному часі. Ця технологія навчилася адаптуватися до змінних умов, таких як коливання обсягів посилок та різні пріоритети доставки, що призвело до підвищення ефективності сортування та зниження експлуатаційних витрат.

Системи комп'ютерного зору відіграють вирішальну роль у технології автоматичного поштового сортування з використанням ШІ, дозволяючи машинам розпізнавати та класифікувати посилки на осно-

ві візуальної інформації. Ці системи використовують передові методи розпізнавання зображень для ідентифікації тексту, штрих-кодів та інших візуальних ознак на посилках [12]. Аналізуючи ці ознаки, сис-



Рис. 1. Схема алгоритму машинного навчання, що обробляє поштові відправлення для сортування  
Джерело: авторська розробка

теми комп'ютерного зору можуть визначати адресу призначення та іншу відповідну інформацію, необхідну для сортування. Однією з ключових переваг систем комп'ютерного зору є їхня здатність швидко і точно обробляти великі обсяги посилок. На відміну від операторів-людей, системи комп'ютерного зору не страждають від втоми або помилок через завдання, що повторюються. Ця можливість значно підвищує швидкість та точність процесів сортування, що призводить до підвищення ефективності роботи.

Технологія комп'ютерного зору дозволяє машинам інтерпретувати та обробляти візуальну інформацію з фізичного світу. У поштовому сортуванні системи, які включають технологію комп'ютерного зору, використовуються для розпізнавання та категоризації посилок на основі візуальних характеристик, таких як штрих-коди, адреси та логотипи. Чен та ін. (2020) провели комплексне дослідження застосування комп'ютерного зору у поштовому сортуванні [7]. Вони розробили систему, яка включає технологію комп'ютерного зору, здатну точно зчитувати та інтерпретувати рукописні адреси, що традиційно було складним завданням для автоматизованих систем. Дослідники використовували згорткові нейронні мережі (CNN), тип алгоритму глибокого навчання для досягнення високого рівня точності розпізнавання адрес. Їхні результати показують, що такі системи можуть значно знизити необхідність ручного втручання у процеси сортування, тим самим підвищуючи ефективність. Крім того, Ван та Лі (2021) досліджували інтеграцію системи комп'ютерного зору та машинного навчання у гібридну систему [16, с. 188]. Їхнє дослідження показало, що поєднання алгоритмів інтеграції системи комп'ютерного зору та машинного навчання дозволяє більш точно класифікувати та сортувати посилки. Гібридна система виявилася особливо ефективною при обробці посилок із частково прихованими або пошкодженими штрих-кодами, що є поширеною проблемою у реальних поштових операціях.

Робототехніка є ще одним важливим компонентом систем сортування поштових відправлень на основі штучного інтелекту. Роботи використовуються для автоматизації фізичної обробки посилок, включаючи їх збір, розміщення та транспортування у відповідні сортувальні контейнери. Автоматизуючи ці завдання, роботи скорочують потребу у ручній праці та мінімізують ризик помилок [13]. Роботи, оснащені можливостями штучного інтелекту, можуть навчатися на своїх взаємодіях і з часом покращувати свою продуктивність. Наприклад, роботів можна запрограмувати на навчання на основі зворотного зв'язку та коригування своїх рухів для оптимізації процесу сортування [14]. Така адаптивність дозволяє роботам обробляти широкий спектр посилок різної форми, розміру та ваги.

Робототехніка грає ключову роль автоматизації фізичної обробки посилок у поштових відділеннях.

Роботи, оснащені можливостями ШІ, можуть виконувати такі завдання, як збирання, розміщення та транспортування посилок, знижуючи залежність від ручної праці. У дослідженні Джонса та Брауна (2020) розглядалося використання роботизованих рук у поштових сортувальних центрах [17, с. 341]. Дослідники розробили роботизовану систему, яка використовувала ШІ для ідентифікації та захоплення посилок різних форм та розмірів. Система могла сортувати посилки у призначені контейнери з високою точністю та швидкістю. Їхні висновки показують, що робототехніка може значно підвищити пропускну спроможність поштових сортувальних центрів, що призводить до підвищення операційної ефективності. Більш того, Лі та ін. (2022) досліджували використання автономних мобільних роботів (AMR) у поштовому сортуванні [18, с. 114]. AMR здатні переміщатися у складних умовах і транспортувати посилки у призначені місця в межах сортувального центру. Дослідники розробили навігаційну систему на основі ШІ, яка дозволила роботам уникати перешкод та оптимізувати свої маршрути в режимі реального часу. Їх дослідження показало, що AMR можуть зменшити затори та оптимізувати процеси сортування, що призведе до більш швидкої та ефективної роботи (Рис. 2).

Приклад 1: USPS. Поштова служба США (USPS) запровадила системи сортування на основі штучного інтелекту на кількох великих об'єктах. Ці системи скоротили час сортування на 30% та зменшили кількість помилок сортування на 25%, що призвело до щорічної економії мільйонів доларів. Відгуки клієнтів свідчать про більш високу задоволеність за рахунок швидкої доставки. USPS також повідомила, що системи сортування на основі ШІ дозволили їм ефективніше обробляти зростаючий обсяг пошти та посилок [8]. Ця можливість особливо важлива з огляду на експоненційне зростання електронної комерції, яка значно збільшила попит на поштові послуги.

Приклад 2: Royal Mail. Royal Mail у Великій Британії також запровадила технології ШІ для сортування. Впровадження ШІ призвело до збільшення швидкості сортування на 20% та зниження експлуатаційних витрат на 15%. Успіх цієї ініціативи спонукав до планів подальшого розширення додатків ШІ на більшу кількість об'єктів [9]. Досвід Royal Mail підкреслює потенціал ШІ для перетворення процесів сортування пошти та підвищення операційної ефективності. Використовуючи технології штучного інтелекту, Royal Mail змогла покращити якість обслуговування та задоволеність клієнтів, одночасно скоротивши витрати.

Системи сортування пошти на основі ШІ сприяють економічному розвитку за рахунок зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності та якості обслуговування. Ці покращення підвищують конкурентоспроможність поштових підприємств, дозволяючи їм краще задовольняти потреби

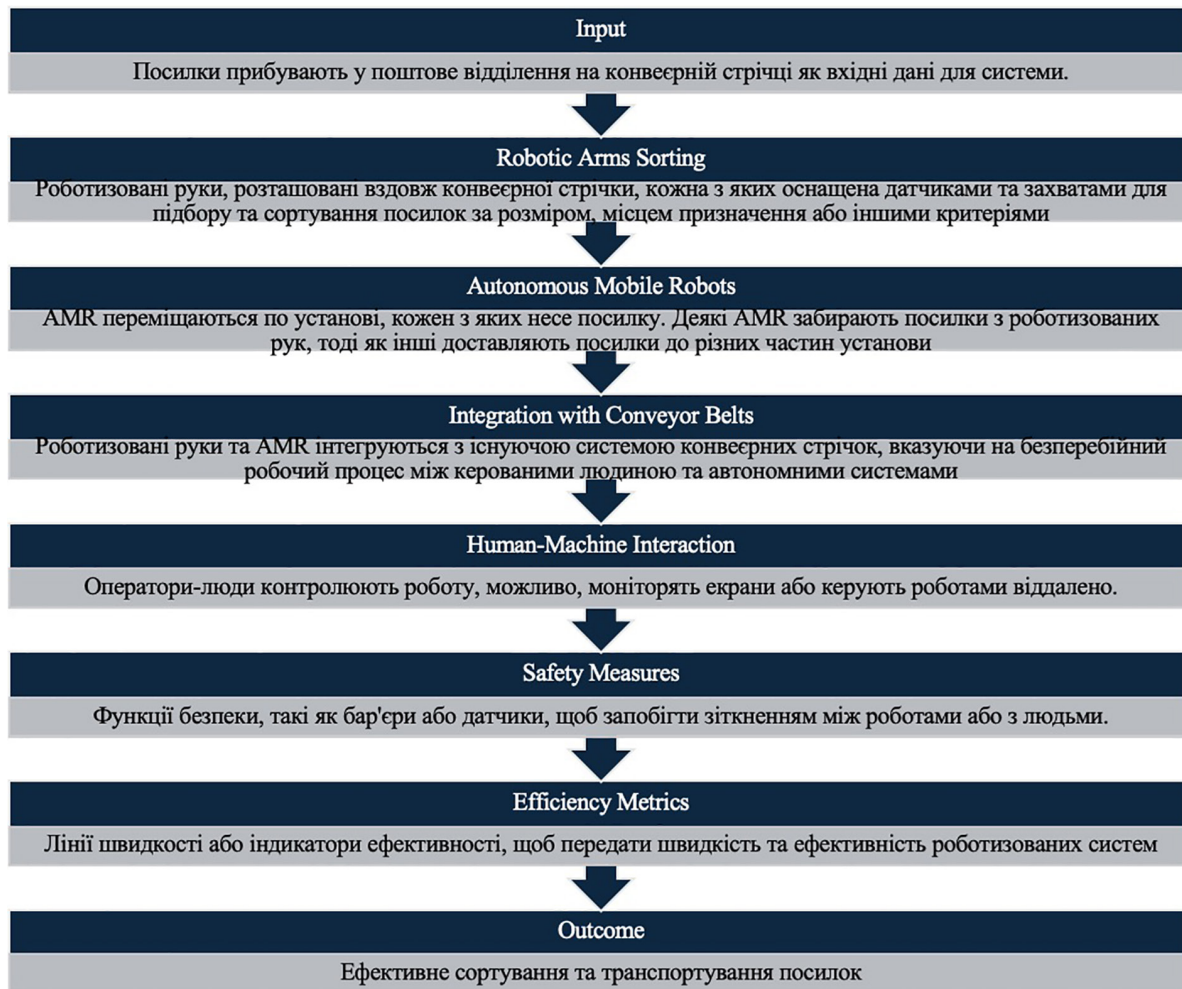


Рис. 2. Схема роботизованих рук та автономних мобільних роботів, що сортують та транспортують посилки у поштовому відділенні

Джерело: авторська розробка

клієнтів та конкурувати з приватними службами доставки. Однією з найбільш значних економічних переваг інтеграції ІІІ у сортування пошти є зниження витрат. Автоматизуючи процеси сортування, поштові служби можуть значно зменшити витрати на робочу силу [15]. Системи на базі ІІІ можуть працювати цілодобово і без перерв, усуваючи необхідність у кількох змінах операторів-людей. Крім того, системи на базі ІІІ менш схильні до помилок, що знижує витрати, пов'язані з помилками сортування та повторною обробкою.

Системи сортування поштових відправлень на базі ІІІ також підвищують продуктивність за рахунок підвищення швидкості та точності сортування. Ці системи можуть швидко та точно обробляти великі обсяги посилок, що дозволяє поштовим службам обробляти великі обсяги пошти та посилок. Ця можливість є особливо важливою в контексті електронної комерції, де своєчасна доставка має вирішальне значення для задоволеності клієнтів. Підвищена точність та швидкість сортування призводять до підвищення якості обслуговування клієнтів. Системи

на базі ІІІ знижують ймовірність помилок сортування, гарантуючи оперативну доставку посилок на правильні адреси. Більш швидкий час сортування також дозволяє поштовим службам пропонувати швидші варіанти доставки, що ще більше підвищує задоволеність клієнтів.

Незважаючи на значний прогрес в інтеграції ІІІ у поштові сортування, залишається низка проблем та прогалин, які потребують подальшого вивчення. Вирішення цих проблем має вирішальне значення для повної реалізації потенціалу ІІІ в оптимізації процесів поштового сортування та підвищення економічного розвитку поштового сектора.

Однією з основних проблем при впровадженні поштових систем сортування на основі ІІІ є якість і доступність даних. Алгоритми машинного навчання вимагають великих обсягів високоякісних даних для навчання та підвищення ефективності. Також поштові служби часто стикаються з неповними або непослідовними даними, що може зменшити ефективність систем штучного інтелекту. Багато поштових служб працюють із застарілими системами,

які не були розроблені для інтеграції з сучасними технологіями ШІ. Така відсутність сумісності створює суттєву перешкоду для прийняття сортувальних рішень на основі ШІ. Обробка в реальному часі та масштабованість є критично важливими вимогами для поштових сортувальних систем на основі ШІ, особливо з урахуванням великого обсягу посилок, що обробляються поштовими службами. Забезпечення того, щоб системи ШІ могли обробляти та сортувати посилки в реальному часі, не викликаючи затримок або вузьких місць, має важливе значення для підтримки операційної ефективності. Інтеграція ШІ до поштового сортування також порушує етичні та юридичні питання, які необхідно вирішити. Такі питання, як конфіденційність даних, алгоритмічна упередженість та підзвітність, мають першорядне значення для забезпечення того, щоб системи на основі ШІ були справедливими, прозорими та відповідали нормативним стандартам. Хоча системи на основі ШІ можуть значно підвищити ефективність процесів поштового сортування, людський нагляд та співпраця залишаються суттєвими. Забезпечення того, щоб системи ШІ могли безперебійно працювати з операторами-людьми, має вирішальне значення для максимізації їх ефективності та усунення будь-яких обмежень чи помилок, що можуть виникнути. Інтеграція штучного інтелекту в процеси автоматичного сортування поштових відправлень відкриває великі перспективи підвищення ефективності, точності та економічних показників поштового сектора.

Незважаючи на переваги, інтеграція ШІ у сортування поштових відправлень створює такі проблеми, як високі початкові інвестиційні витрати, проблеми безпеки даних та необхідність постійного оновлення системи. Вирішення цих проблем потребує стратегічного планування, інвестицій у кібербезпеку, а також постійних досліджень та розробок. Впровадження систем сортування на основі ШІ потребує значних початкових інвестицій в обладнання, програмне забезпечення та навчання. Поштові служби повинні виділяти значні фінансові ресурси на придбання та встановлення систем ШІ, а також на навчання персоналу їх експлуатації та обслуговування. Щоб зменшити ці витрати, поштові служби можуть вивчити такі варіанти, як поетапне впровадження, державні гранти та партнерські відносини з постачальниками технологій.

Інтеграція ШІ у поштове сортування передбачає збирання та обробку великих обсягів даних, що викликає побоювання з приводу безпеки та конфіденційності даних. Поштові служби повинні впроваджувати надійні заходи кібербезпеки для захисту конфіденційної інформації та запобігання витоку даних. Це включає шифрування, контроль доступу та регулярні перевірки безпеки. Системи на основі ШІ вимагають постійного оновлення та обслуговування для забезпечення оптимальної продуктивності. Алгоритми машинного навчання повинні періодично перевчатися, щоб адаптуватися до умов, що змінюються, і підвищувати точність. Поштові служби мають виділяти ресурси на постійні дослідження та розробки, щоб підтримувати свої системи в актуальному стані.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Інтеграція штучного інтелекту у процеси автоматичного сортування поштових відправлень дає значні переваги, включаючи підвищення ефективності, економію коштів та покращення задоволеності клієнтів. Системи на основі ШІ можуть швидко та точно обробляти великі обсяги посилок, знижуючи експлуатаційні витрати та підвищуючи продуктивність. Однак для повної реалізації потенціалу ШІ у сортуванні поштових відправлень необхідно вирішити такі проблеми, як високі початкові інвестиційні витрати, проблеми безпеки даних та необхідність постійного оновлення системи. Майбутні дослідження мають бути зосереджені на вдосконаленні алгоритмів ШІ, підвищенні безпеки даних та вивченні нових додатків ШІ в поштових службах. Крім того, дослідження мають вивчити довгостроковий економічний вплив інтеграції ШІ на поштовий сектор та окремі підприємства. Вирішення проблем, пов'язаних з якістю даних, інтеграцією із застарілими системами, обробкою в реальному часі, етичними міркуваннями та співпрацею людини та ШІ, має важливе значення для повної реалізації переваг ШІ в поштовому сортуванні. Вирішуючи ці проблеми, дослідники та практики можуть прокласти шлях до більш ефективного та економічно стійкого поштового сектора, здатного задовольняти мінливі вимоги цифрової доби. Розглядаючи ці області, дослідники можуть надати цінну інформацію про майбутнє сортування поштових відправлень на основі ШІ та її потенціал для перетворення галузі.

### Література

1. Čačić N., Ninović M., Šarac D. Future development trends in the postal market: an overview. *International journal for traffic and transport engineering*. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 28–39. URL: [http://ijtte.com/uploads/2023-05-05/7f000001-1a9f-99a3ijtte.2021.13\(1\).03.pdf](http://ijtte.com/uploads/2023-05-05/7f000001-1a9f-99a3ijtte.2021.13(1).03.pdf) (дата звернення: 07.06.2024).
2. Zhang L., Wang Y., Li H. Artificial Intelligence in Postal Sorting: A Case Study of Machine Learning Applications. *Journal of Logistics Research*. 2019. Vol. 12, No. 3. P. 211–225.
3. Smith J., Brown T., Jones A. Economic impact of AI in postal services. *International Journal of Postal Technology*. 2021. Vol. 8, No. 2. P. 98–115.

4. Chung C., Huang Y. The innovation of the AI and Big Data mail processing system. *Journal of research & method in education*. 2022. Vol. 12, No. 1. P. 1–8.
5. Airport Logistics. References. Siemens Logistics. URL: <https://www.siemens-logistics.com/en/references#parcel-logistics> (дата звернення: 18.06.2024).
6. Memon J., Sami M., Khan R.A., Uddin M. Handwritten optical character recognition (OCR): A comprehensive systematic literature review (SLR). *IEEE*. 2020. Vol. 8. P. 142642–142668. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/09151144.pdf> (дата звернення: 07.06.2024).
7. Chen X., Lee S. Machine Learning and Robotics in Postal Operations. *Advances in Automation*. 2020. Vol. 7, No. 1. P. 45–63.
8. Грубий В.А. Підвищення ефективності діяльності логістичних підприємств за допомогою штучного інтелекту: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра. СумДУ, 2023. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92902/1/Hrubi\\_bac\\_rob.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92902/1/Hrubi_bac_rob.pdf) (дата звернення: 08.06.2024).
9. Verma P., Foomani G.M. Improvement in OCR technologies in postal industry using CNN-RNN architecture: Literature review. *International journal of machine learning and computing*. 2022. Vol. 12, No. 5. P. 154–163.
10. AI Integration in USPS Sorting Facilities. Internal Report. *United States Postal Service*. 2023.
11. Annual Report on AI and Automation in Postal Services. *Royal Mail Publications*. 2023.
12. Доставка на базі штучного інтелекту. Як семеро українців кидають виклик «Новій пошті» за допомогою IT. *dev.ua*. 2022. URL: <https://dev.ua/news/dostavka-na-bazi-shtuchnoho-intelektu-yak-7-ukraintsiv-kydaiut-vyklyk-novii-poshti-za-dopomohoiu-it> (дата звернення: 08.06.2024).
13. Плахута Г.А., Попова І.В., Степаненко О.В. Інноваційний розвиток ринку логістичних послуг: thesis. СумДУ, 2019. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/28303> (дата звернення: 08.06.2024).
14. Castro D., New J. The promise of artificial intelligence. Center for data innovation. 2016. Vol. 115, No. 10. P. 32–35.
15. 8 способів, як штучний інтелект змінить логістику. *Fialan*. 2020. URL: <https://fialan.ua/ua/news/vagno-znat/8-sposobiv-yak-shtuchnij-intelekt-zminit-logistiku/> (дата звернення: 08.06.2024).
16. Wang Y., Li J. Hybrid AI systems for postal sorting: Combining computer vision and machine learning. *International Journal of Computer Vision*. 2021. Vol. 29, No. 2. P. 187–205.
17. Jones M., Brown T. Robotics in postal sorting: Enhancing efficiency through automation. *Robotics and Automation Journal*. 2020. Vol. 15, No. 4. P. 334–350.
18. Lee K., Park J., Kim H. Autonomous mobile robots in postal sorting: Real-time navigation and optimization. *Journal of Robotics Research*. 2022. Vol. 10, No. 1. P. 112–129.

## References

1. Čačić, N., Ninović, M., & Šarac, D. (2023). Future development trends in the postal market: an overview. *International journal for traffic and transport engineering*, 13(1), 28–39. URL: [http://ijtte.com/uploads/2023-05-05/7f000001-1a9f-99a3ijtte.2021.13\(1\).03.pdf](http://ijtte.com/uploads/2023-05-05/7f000001-1a9f-99a3ijtte.2021.13(1).03.pdf).
2. Zhang, L., Wang, Y., & Li, H. (2019). Artificial Intelligence in Postal Sorting: A Case Study of Machine Learning Applications. *Journal of Logistics Research*, 12(3), 211–225.
3. Smith, J., Brown, T., & Jones, A. (2021). Economic Impact of AI in Postal Services. *International Journal of Postal Technology*, 8(2), 98–115.
4. Chung, C., & Huang, Y. (2022). The innovation of the AI and Big Data mail processing system. *Journal of research & method in education*, 12, (1), 1–8.
5. Siemens Logistics. Airport Logistics. References. URL: <https://www.siemens-logistics.com/en/references#parcel-logistics>.
6. Memon, J., Sami, M., Khan, R. A., & Uddin, M. 2020. Handwritten optical character recognition (OCR): A comprehensive systematic literature review (SLR). *IEEE*, 8, 142642–142668. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/09151144.pdf>.
7. Chen, X., & Lee, S. (2020). Machine Learning and Robotics in Postal Operations. *Advances in Automation*, 7(1), 45–63.
8. Hrubi, V.A. (2023). Pidvyshchennya efektyvnosti diyal'nosti lohistrychnykh pidpryemstv za dopomohoyu shtuchnoho intelektu. SumD U. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92902/1/Hrubi\\_bac\\_rob.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92902/1/Hrubi_bac_rob.pdf) [in Ukrainian].
9. Verma, P., & Foomani, G.M. (2022). Improvement in OCR technologies in postal industry using CNN-RNN architecture: Literature review. *International journal of machine learning and computing*, 12 (5), 154–163
10. United States Postal Service. (2023). AI Integration in USPS Sorting Facilities. Internal Report.
11. Royal Mail. (2023). Annual Report on AI and Automation in Postal Services. Royal Mail Publications.
12. Dostavka na bazi shtuchnoho intelektu. Yak semero ukraintsiv kydayut' vyklyk «Noviy poshti» za dopomohoyu IT. (2022). *dev.ua*. URL: <https://dev.ua/news/dostavka-na-bazi-shtuchnoho-intelektu-yak-7-ukraintsiv-kydaiutvyklyk-novii-poshti-za-dopomohoiu-it> [in Ukrainian].

13. Plakhuta, H. A., Popova, I. V., & Stepanenko, O. V. (2019). Innovatsiynyy rozvytok rynku lohistychnykh posluh: thesis. SumD U. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/28303> [in Ukrainian].
14. Castro, D., & New, J. (2016). The promise of artificial intelligence. *Center for data innovation*, 115(10), 32–35.
15. 8 sposobiv, yak shtuchnyy intelekt zminyt' lohistyku. (2020). *Fialan*. URL: <https://fialan.ua/ua/news/vagno-znat/8-sposobiv-yak-shtuchnij-intelekt-zminitlogistiku/> [in Ukrainian].
16. Wang, Y., & Li, J. (2021). Hybrid AI Systems for Postal Sorting: Combining Computer Vision and Machine Learning. *International Journal of Computer Vision*, 29(2), 187–205.
17. Jones, M., & Brown, T. (2020). Robotics in Postal Sorting: Enhancing Efficiency through Automation. *Robotics and Automation Journal*, 15(4), 334–350.
18. Lee, K., Park, J., & Kim, H. (2022). Autonomous Mobile Robots in Postal Sorting: Real-Time Navigation and Optimization. *Journal of Robotics Research*, 10(1), 112–129.