

Економічні науки

УДК 004.8:658.5

Рубан Володимир Дмитрович

аспірант

Національного університету

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Ruban Volodymyr

Postgraduate Student of the

National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

**РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ
АВТОМАТИЧНОГО СОРТУВАННЯ ПОШТИ**

**THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING
AUTOMATIC MAIL SORTING PROCESSES**

Анотація. Поштова галузь є невід'ємним інструментом комунікації та торгівлі на сьогоднішній день і вона постійно розвивається для задоволення потреб світу, що швидко змінюється. Оскільки обсяг пошти та посилок продовжує зростати, потреба в ефективних процесах сортування стає першорядною. Дана стаття заглиблюється у ключову роль, яку штучний інтелект (ШІ) відіграє в оптимізації операцій із автоматичного сортування поштових відправлень. Завдяки передовим алгоритмам, методам машинного навчання та робототехніці, ШІ не лише підвищує швидкість та точність сортування, а й покращує використання ресурсів та задоволеність клієнтів. Дана стаття також розглядає різні підходи та технології використання штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування поштових відправлень, переваги, які він приносить галузі, та проблеми, з якими він стикається під час впровадження.

Поява штучного інтелекту справила революцію у багатьох галузях, і поштовий сектор не є винятком. Поштові служби у всьому світі стикаються з проблемою ефективної обробки та доставки величезного обсягу пошти та посилок щодня. Традиційні методи автоматичного сортування, хоч і ефективні, часто не встигають за зростаючими вимогами цифрової епохи. Технології з використанням штучного інтелекту здатні повністю змінити підхід та оптимізувати процеси автоматичного сортування поштових відправлень, що в свою чергу, надасть можливість скоротити витрати та підвищити загальну ефективність. У цій статті розглядається, як ШІ змінює поштовий ландшафт та наслідки його інтеграції в автоматичні сортувальні операції.

У статті проаналізовано еволюцію автоматичного сортування пошти, системи автоматичного сортування на основі штучного інтелекту та використання роботів. Також розглянуті переваги технологій з використанням штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування пошти, оптимізації ресурсів, потенційні проблеми, які виникають через використання ШІ та етичні наслідки застосування ШІ в автоматичному сортуванні пошти. Стаття також включає в себе аналіз тенденції в автоматичному сортуванні пошти з використанням штучного інтелекту, наведено приклади компаній які вже почали інтегрувати ШІ в процеси сортування, розглянуто питання безпеки та конфіденційності та нормативні база і стандарти. У статті також було розглянуто вплив технологій з використанням штучного інтелекту в оптимізації процесів автоматичного сортування поштових відправлень на довкілля та стійкий розвиток поштової галузі, соціальні наслідки, вплив на робочу силу та її адаптація через навчання та розвиток нових навичок. Дана стаття завершується економічними міркуваннями стосовно заданої теми, аналізом глобальних перспектив використання

штучного інтелекту в процесах автоматичного сортування поштових відправлень та рекомендаціями щодо подальших досліджень цієї теми.

Штучний інтелект виводить поштові сортувальні системи на новий рівень швидкості та адаптивності. Алгоритми машинного навчання дозволяють сортувальним машинам точно розпізнавати і класифікувати різні типи пошти. Технологія оптичного розпізнавання символів (OCR) дозволяє машинам розшифровувати рукописні чи погано надруковані адреси, знижуючи залежність від втручання людини. Крім того, алгоритми ШІ можуть аналізувати величезні обсяги даних для оптимізації маршрутів сортування, мінімізації часу доставки та зниження ризику помилок. Окрім інтелектуальних алгоритмів, також робототехніка відіграє важливу роль в оптимізації операцій із сортування пошти. Автоматизуючи рутинні та трудомісткі процеси, робототехніка звільняє людей для зосередження на складніших завданнях, підвищуючи загальну продуктивність.

Інтеграція штучного інтелекту в операції з сортування пошти дає безліч переваг. Насамперед, це підвищення ефективності, скорочення часу обробки та більш швидка доставка. Більше того, алгоритми ШІ постійно навчаються та адаптуються, що призводить до більшої точності сортування та зниження кількості помилок. Це, у свою чергу, підвищує задоволеність клієнтів та зміцнює репутацію поштових служб, що має позитивний вплив на прибутковість галузі.

ШІ дозволяє поштовим службам оптимізувати використання ресурсів, що призводить до економії коштів та екологічних переваг. Аналізуючи дані про обсяг пошти, схеми призначення та маршрути транспортування, алгоритми ШІ можуть оптимізувати процеси сортування, щоб мінімізувати споживання енергії та скоротити викиди вуглецю. Крім того, предикативна аналітика може допомогти поштовим службам передбачати коливання попиту та відповідним чином

розподіляти ресурси, запобігаючи виникнення вузьких місць та неефективності сортувальних операцій.

Хоча переваги ШІ у сортуванні пошти незаперечні, використання не обходиться без проблем. Однією з основних проблем є початкові інвестиції, необхідні для модернізації автоматичних сортувальних об'єктів з використанням обладнання та систем на базі ШІ. Крім того, витіснення робочих місць є однією з проблем, оскільки автоматизація та робототехніка замінюють ручну працю в операціях сортування. Однак при правильному плануванні та інвестиціях у програми перепідготовки ці проблеми можна пом'якшити, і перехід до автоматичного сортування з використанням ШІ може бути плавним та вигідним для всіх зацікавлених сторін.

На закінчення слід зазначити, що штучний інтелект оптимізує операції з автоматичного сортування поштових відправлень, дозволяючи поштовим службам відповідати зростаючим вимогам цифрового часу. Використовуючи потужність алгоритмів та робототехніки на основі ШІ, поштові служби можуть підвищити ефективність, точність та ефективність використання ресурсів. Незважаючи на існуючі проблеми, переваги використання ШІ у автоматичному сортуванні поштових відправлень набагато переважають недоліки. У міру розвитку технологій роль штучного інтелекту в оптимізації процесів сортування поштових відправлень ставатиме все більш вираженою, що призведе до більш ефективного та сталого розвитку поштового сервісу та галузі в цілому.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), оптимізація, автоматичне сортування пошти.

Summary. The postal industry is an integral tool for communication and trade today, and it is constantly evolving to meet the needs of a rapidly changing world. As the volume of mail and parcels continues to grow, the need for

efficient sorting processes becomes paramount. This article delves into the key role that artificial intelligence (AI) plays in optimizing automated mail sorting operations. Through advanced algorithms, machine learning techniques, and robotics, AI not only increases sorting speed and accuracy but also improves resource utilization and customer satisfaction. This article also discusses the different approaches and technologies for using AI to optimize the automated mail sorting process, the benefits it brings to the industry, and the challenges it faces during implementation.

The introduction of artificial intelligence has revolutionized many industries, and the postal sector is no exception. Postal services around the world are faced with the challenge of efficiently processing and delivering a huge volume of mail and parcels every day. Traditional methods of automated sorting, while effective, often fail to keep up with the growing demands of the digital age. Artificial intelligence technologies can completely change the approach and optimize the processes of automatic mail sorting, which in turn will reduce costs and increase overall efficiency. This article discusses how AI is changing the postal landscape and the implications of its integration into automated sorting operations.

The article analyzes the evolution of automatic mail sorting, artificial intelligence-based automatic sorting systems, and the use of robots. The article also discusses the advantages of AI technologies in optimizing automatic mail sorting processes, optimizing resources, potential problems arising from the use of AI, and the ethical implications of using AI in automatic mail sorting. The article also includes an analysis of trends in automated mail sorting using artificial intelligence, examples of companies that have already started integrating AI into sorting processes, security and privacy issues, and regulatory frameworks and standards. The article also considers the impact of AI technologies in optimizing the automatic mail sorting processes on the environment and sustainable development of the postal industry, social impact,

impact on the workforce, and adaptation through training and development of new skills. This article concludes with economic considerations regarding the topic, an analysis of global prospects for the use of artificial intelligence in the processes of automatic mail sorting, and recommendations for further research on this topic.

Artificial intelligence brings new levels of speed and adaptability to mail sorting systems. Machine learning algorithms enable sorters to accurately recognize and classify different types of mail. Optical character recognition (OCR) technology allows machines to decipher handwritten or poorly printed addresses, reducing the need for human intervention. In addition, AI algorithms can analyze vast amounts of data to optimize sorting routes, minimize delivery times, and reduce the risk of errors. In addition to intelligent algorithms, robotics also plays an important role in optimizing mail sorting operations. By automating routine and time-consuming processes, robotics frees up human resources to focus on more complex tasks, increasing overall productivity.

Integrating artificial intelligence into mail sorting operations has many benefits. First and foremost, it increases efficiency, reduces processing time, and speeds up delivery. Additionally, AI algorithms are constantly learning and adapting, resulting in greater sorting accuracy and fewer errors. This, in turn, increases customer satisfaction and enhances the postal service's reputation, which has a positive impact on the industry's profitability.

AI enables postal services to optimize resource utilization, resulting in cost savings and environmental benefits. By analyzing data on mail volume, destination patterns, and transportation routes, AI algorithms can optimize sorting processes to minimize energy consumption and reduce carbon emissions. In addition, predictive analytics can help postal services anticipate fluctuations in demand and allocate resources accordingly, preventing bottlenecks and inefficiencies in sorting operations.

While the benefits of AI in mail sorting are undeniable, its deployment is not without its challenges. One of the main challenges is the initial investment required to upgrade automated sorting facilities with AI-based equipment and systems. In addition, job displacement is a concern as automation and robotics replace manual labor in sorting operations. However, with proper planning and investment in retraining programs, these issues can be mitigated, and the transition to AI-assisted sorting can be smooth and beneficial for all stakeholders.

In conclusion, artificial intelligence optimizes automated mail sorting operations and enables postal services to meet the growing demands of the digital age. By harnessing the power of AI-based algorithms and robotics, postal services can improve efficiency, accuracy, and resource utilization. Despite the challenges, the benefits of using AI in automated mail sorting far outweigh the drawbacks. As technology advances, the role of AI in optimizing mail sorting processes will become more pronounced, leading to more efficient and sustainable development of the postal service and the industry as a whole.

Key words: *artificial intelligence (AI), optimization, automatic mail sorting.*

Стрімкий розвиток технологій спонукає підприємства всіх галузей впроваджувати підходи сталого постійного розвитку. Останні роки характеризуються проривом у програмуванні та вирішенні задач, особливо це стосується можливостей програмного забезпечення приймати рішення шляхом удосконалення роботи алгоритмів. Штучний інтелект - це технологія, що дозволяє машинам та комп'ютерам моделювати інтелект людини та її здатність вирішувати проблеми задля ефективного вирішення поставлених задач. Можливості штучного інтелекту важко переоцінити, адже широта та глибина його застосування передбачає якісні зміни у життєдіяльності людини в усіх її сферах [1, с. 3]. Незважаючи на стрімке

зростання та розвиток технологій, сфера поштових послуг відноситься до критичної інфраструктури держави, що забезпечує діяльність господарських механізмів в економіці країни. Саме тому підтримка та розвиток якісного та ефективного поштового зв'язку є ключовими факторами у формуванні міцного підґрунтя для сталого розвитку підприємництва в межах країни та поза її межами.

На сьогодні штучний інтелект здійснив прорив у підході до управління процесами та їх автоматизації. Для будь-якої компанії це стало не можливістю покращити свою продуктивність, а необхідністю вижити та залишатися конкурентоспроможною на ринку. Сфера поштових послуг кардинально зміниться з впровадженням технологій ШІ та стане більш ефективною та безпечною. Автоматичні процеси сортування пошти були впроваджені для підтримки швидкості обробки пошти, збільшення кількості пошти, що сортується, підвищення якості оцінки та сортування пошти, а також зниження кількості помилок та анулювання. Поштові сортувальні машини та спеціалізоване програмне забезпечення використовуються для підвищення продуктивності поштових послуг [2, с. 29 – 30]. Обидва ці підходи істотно змінились із впровадженням технологій штучного інтелекту, у тому числі протоколи продуктивності. Отже, застосування технологій з використанням штучного інтелекту є невід'ємною умовою оптимізації процесів автоматичного сортування пошти.

Останні роки характеризуються зменшенням об'ємів використання поштових сервісів. Так наприклад, компанія La Poste у своєму дослідженні опублікувала дані про значне зменшення кількості листів, відправлених поштою, з 18 мільярдів у 2008 році до 9 мільярдів у 2018 та прогнозованим падінням їхньої кількості до 5 мільярдів у 2025 році [3]. Ці дані показують не стільки зниження попиту послуг цієї сфери як таких, а й зростання конкуренції на ринку між державним і приватним секторами, що створює

потребу цілеспрямованих покращень роботи усього сектору загалом. Водночас, попит на використання поштових послуг має зростати, спираючись на обсяг переміщення посилок, посилення конкуренції, а також загальне покращення міжнародних відносин та митної політики. З іншого боку, як приклад, у 2018 році послуги компанії Універсального Поштового Зв'язку (Universal Postal Union) вперше показали дефіцит у розмірі 365 мільйонів євро [4]. Більш того, зазначені вище проблеми компаній, що надають поштові послуги, посилюють необхідність підтримувати високий рівень цифровізації, щоб не лише бути конкурентоспроможними, а й підтримувати зростаючий ринок електронної комерції. Саме тому поштова галузь опиняється під тиском необхідності впровадження оптимізаційних заходів задля забезпечення продуктивності, оскільки вона має вирішальне значення у діяльності та розвитку будь-якої країни.

Поштова галузь, наріжний камінь сучасної комунікації та торгівлі, постійно розвивається, щоб відповідати вимогам світу, що швидко змінюється. Оскільки обсяг пошти та посилок продовжує зростати, потреба в ефективних процесах сортування стає першорядною. Саме тому, мета цієї статті заглибитись у ключову роль, яку штучний інтелект (ШІ) відіграє в оптимізації операцій із сортування поштових відправлень. Завдяки передовим алгоритмам, методам машинного навчання та робототехніці ШІ не лише підвищує швидкість та точність сортування, а й покращує використання ресурсів та задоволеність клієнтів. Основний наголос зроблений на варіативність технологій ШІ у сортуванні поштових відправлень, переваги, які він приносить галузі, та проблеми, які виникають під час їх впровадження.

Історично поштове сортування значною мірою спиралося на ручну працю, коли робітники сортували пошту вручну на основі адрес призначення. Хоча цей метод і виконував своє завдання, він був

трудомістким, забирав багато часу і був схильний до помилок. Впровадження автоматизації ознаменувало значний стрибок вперед, коли машини стали здатні сортувати пошту набагато швидше. Однак традиційним автоматизованим системам сортування, як і раніше, не вистачало адаптивності та інтелекту, необхідних для обробки складнощів сучасних поштових мереж. Технологія покращеного оптичного розпізнавання символів (optical character recognition) дозволяє розпізнавати та класифікувати листи, базуючись на адресах, що написані від руки або надруковані. Цей підхід до сортування, представлений компанією Siemens, нині використовується поштовими відділеннями Deutsche Post і дозволяє зчитувати 90% написаних адрес [5]. Основне обмеження цього сортувальника стосується проблем, пов'язаних із правильною ідентифікацією адреси одержувача на основі поштового індексу. При ефективному вирішенні цієї проблеми час, зусилля та витрати на сортування можуть бути значно покращені [6]. Зі зменшенням кількості листів та збільшенням обсягів посилок прогнозується зростання частки помилок через технологічні обмеження. Саме тому, таке автоматичне сортування не відповідає стандартам, що робить необхідним впровадження процедур ручного сортування, які знижують якість та збільшують час, помилки та витрати.

Застосування технологій штучного інтелекту виводить поштові сортувальні системи на новий рівень інтелекту та адаптивності. Алгоритми машинного навчання дозволяють сортувальним машинам точно розпізнавати і класифікувати різні типи пошти. Технологія оптичного розпізнавання символів (OCR) при застосуванні штучного інтелекту дозволяє машинам розшифровувати рукописні чи погано надруковані адреси, знижуючи залежність від втручання людини [7, с. 142642]. Крім того, алгоритми ШІ можуть аналізувати величезні обсяги даних для оптимізації маршрутів сортування, мінімізації часу доставки та зниження

ризикую помилок. Як результат, інтеграція штучного інтелекту у вже існуючі автоматичні системи сортування дозволить оптимізувати якість та швидкість сортування, зменшивши витрати.

Окрім алгоритмів, робототехніка відіграє важливу роль в оптимізації операцій із сортування поштових відправлень. Автоматизовані керовані транспортні засоби (AGV) та роботизовані руки можуть транспортувати поштові лотки та посилки в межах сортувальних об'єктів, скорочуючи необхідність у ручній обробці [8, с. 156]. Колаборативні роботи, або коботи, працюють разом з людьми-операторами для виконання завдань, що ще більше підвищує ефективність і безпеку. Автоматизуючи рутинні та трудомісткі процеси, робототехніка звільняє людей-працівників, щоб вони могли зосередитися на складніших завданнях, підвищуючи загальну продуктивність. В результаті робототехніка, покращена за допомогою можливостей ШІ, буде спроможна розширити спектр своїх завдань та адаптуватися до динамічних потреб сортування, підвищивши швидкість та точність процесів.

Як і у випадку з будь-якою технологією, інтеграція штучного інтелекту в сферу автоматичного сортування поштових відправлень порушує етичні питання. Однією з важливих проблем є скорочення робочих місць, оскільки автоматизація та робототехніка замінюють ручну працю у сортувальних операціях. Хоча використання штучного інтелекту має на меті підвищити ефективність та точність виконуваних робіт, ця технологія також може ліквідувати робочі місця, які традиційно займають поштові працівники. Це порушує питання щодо відповідальності поштових служб за забезпечення благополуччя своїх співробітників на тлі технологічних досягнень [9, с. 4]. Ще одним етичним питанням є можливість упередженості в алгоритмах, що використовуються штучним інтелектом. Якщо системи ШІ не будуть ретельно спроектовані та навчені, вони можуть увічнити існуючі упередженості або ненавмисно

дискримінувати певні групи людей. Наприклад, система сортування на основі ШІ може віддавати пріоритет певним районам чи регіонам у порівнянні з іншими, що призведе до нерівномірного надання послуг доставки пошти. Поштовим службам необхідно усувати ці упередженості за допомогою ретельного тестування, перевірки та постійного моніторингу алгоритмів штучного інтелекту.

Конфіденційність та безпека даних є першорядними проблемами в контексті автоматичного сортування пошти на основі ШІ. Оскільки для ефективної роботи сортувальних систем потрібні великі обсяги даних, існує ризик несанкціонованого доступу або неправомірного використання особистої інформації. Поштові служби повинні впроваджувати надійні заходи кібербезпеки для захисту конфіденційних даних та забезпечення дотримання відповідних правил конфіденційності, таких як Загальний регламент захисту даних (GDPR) у Європейському Союзі [10, с. 18-19]. Заглядаючи вперед, можна сказати, що роль штучного інтелекту в оптимізації автоматичного сортування поштових відправлень ще більше розширюватиметься в міру розвитку технологій. Однією з новітніх тенденцій є інтеграція ШІ із пристроями Інтернету речей (IoT) для створення взаємопов'язаних систем сортування. Використовуючи датчики та пристрої IoT, поштові служби можуть збирати дані в режимі реального часу про обсяг пошти, умови навколишнього середовища та продуктивність обладнання, що дозволяє приймати більш проактивні та засновані на даних рішення.

Наступна тенденція відноситься до впровадження периферійних обчислень у поштових установках для автоматичного сортування. Периферійні обчислення включають обробку даних ближче до їхнього джерела, скорочуючи затримку та покращуючи час відгуку. У контексті сортування поштових відправлень периферійні обчислення можуть підвищити швидкість та ефективність алгоритмів ШІ, дозволяючи їм

обробляти дані локально у сортувальних машинах або пристроях. Це не лише знижує залежність від централізованих обчислювальних ресурсів, а й підвищує конфіденційність та безпеку за рахунок мінімізації передачі даних по мережах. 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 [11, 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.

Декілька поштових служб по всьому світу вже почали активно впроваджувати технології штучного інтелекту для оптимізації автоматичних сортувальних операцій. Одним із яскравих прикладів є Поштова служба США (USPS), яка впровадила сортувальні машини на базі ШІ, здатні обробляти мільйони поштових відправлень на годину [12, с. 3]. Ці машини використовують передову технологію OCR для автоматичного зчитування та сортування адрес, що значно знижує необхідність ручного втручання. Аналогічно Japan Post розмістила сортувальних роботів, які розроблені з використанням технологій ШІ, на своїх об'єктах, щоб оптимізувати процес сортування та підвищити ефективність. Ці роботи використовують алгоритми машинного навчання для класифікації поштових відправлень за розміром, формою та місцем призначення, що забезпечує більш швидке та точне сортування. Використовуючи робототехніку та ШІ, Japan Post змогла ефективніше обробляти зростаючий обсяг пошти та посилок, одночасно скорочуючи експлуатаційні витрати [1, с. 4]. Отже, впровадження ШІ у сферу поштових

послуг спонукає до розширення інтеграції робототехніки, що у свою чергу, призводить до покращення процесів сортування та якості обробки листів та посилок, скорочення часу сортування та оптимізацію трудовитрат.

Безпека та конфіденційність є найвищим пріоритетом у поштовій галузі. Автоматичне сортування пошти відіграє важливу роль в аналізі, обробці, вимірі, маркуванні та розподілі листів та посилок, що робить алгоритми вирішальними у дотриманні встановлених стандартів безпеки. Інтеграція штучного інтелекту в автоматичне сортування пошти вносить нові міркування безпеки та конфіденційності, які необхідно враховувати для захисту конфіденційної інформації та забезпечення дотримання відповідних правил [13]. Однією з основних проблем є захист персональних даних, що містяться у поштових відправленнях, таких як адреси, імена та контактна інформація. Поштові служби повинні впроваджувати надійні заходи кібербезпеки для запобігання несанкціонованому доступу або розкриття цих даних. Крім того, алгоритми штучного інтелекту, що використовуються при сортуванні пошти, повинні бути розроблені та навчені для пріоритету конфіденційності та захисту даних. Це включає впровадження таких методів, як диференціальна конфіденційність для анонімізації конфіденційної інформації та обмеження ризику повторної ідентифікації [14]. Більше того, поштові служби повинні проводити регулярні аудити та оцінки своїх систем з використанням штучного інтелекту для виявлення та пом'якшення потенційних вразливостей безпеки або ризиків, пов'язаних з конфіденційністю. Ефективне використання технологій ШІ має підвищити рівень безпеки та більш точно виявляти загрози, а також забезпечити конфіденційність поштових послуг на всіх стадіях сортування.

Нормативні рамки та стандарти відіграють вирішальну роль у забезпеченні відповідального та етичного використання штучного інтелекту у сфері автоматичного сортування пошти. Поштові служби

повинні дотримуватись відповідних законів та правил, що регулюють конфіденційність даних, безпеку та захист споживачів. Наприклад, у Європейському Союзі Загальний регламент захисту даних (GDPR) накладає суворі вимоги на обробку та поводження з персональними даними, включаючи поштові адреси та контактну інформацію [15, с. 704]. Крім того, регулюючі органи та галузеві асоціації можуть розробляти спеціальні стандарти та посібники з використання ШІ у галузі автоматичного сортування пошти для забезпечення прозорості, підзвітності та справедливості. Ці стандарти можуть охоплювати різні аспекти використання штучного інтелекту, такі як алгоритмічна прозорість, пом'якшення упередженості та прийняття етичних рішень. Дотримуючись встановлених стандартів та передової практики, поштові служби можуть зміцнювати довіру та впевненість у своїх системах сортування на базі штучного інтелекту серед зацікавлених сторін та широкого загалу.

Інтеграція штучного інтелекту в автоматичне сортування пошти може знизити вплив поштових операцій на довкілля та сприяти стійкому розвитку суспільства. Оптимізуючи маршрутизацію та розподіл ресурсів, алгоритми ШІ можуть мінімізувати споживання енергії та викиди вуглецю, пов'язані з транспортуванням та сортуванням пошти [16, с. 11]. Крім того, робототехніка та автоматизація можуть скоротити потребу в ручній праці та пов'язаний з нею вуглецевий слід. Більше того, прогнозна аналітика на основі ШІ може допомогти поштовим службам оптимізувати маршрути та графіки руху транспортних засобів, щоб мінімізувати витрати пального та викиди транспортних засобів. Використовуючи дані в реальному часі про дорожні умови, погодні умови та схеми доставки, поштові служби можуть планувати більш ефективні та екологічні маршрути доставки. Крім того, впровадження електромобілів та альтернативних видів палива для перевезення пошти може ще більше скоротити вуглецевий слід поштових

операцій. Саме тому, розширення можливостей автоматизації сортування пошти за допомогою технологій з використанням штучного інтелекту підвищить стійкість галузі, а також зробить її більш екологічною. Мінімізація відходів, екологічно чисті механізми сортування, зниження викидів вуглецю та ефективність споживання енергії дозволять зосередити процеси сортування не лише на підвищенні продуктивності, а й на сталості цих заходів.

Інтеграція штучного інтелекту в автоматичне сортування пошти має значні соціальні наслідки, які виходять за рамки операційної ефективності та економії коштів. Поштові служби відіграють критичну роль в об'єднанні спільнот та сприянні спілкуванню і торгівлі, особливо в сільських та недостатньо обслуговуваних районах [17]. Таким чином, поштовим службам необхідно взаємодіяти з зацікавленими сторонами, щоб гарантувати, що розгортання автоматичних сортувальних систем на базі штучного інтелекту відповідає їхнім потребам та пріоритетам.

Більше того, поштові служби повинні надавати пріоритет прозорості та підзвітності у своїх стратегіях розгортання штучного інтелекту для зміцнення довіри та впевненості серед зацікавлених сторін. Це включає надання чіткої та доступної інформації про використання ШІ у автоматичному сортуванні пошти, а також механізмів вирішення проблем та скарг [18]. Сприяючи відкритому діалогу та співробітництву із зацікавленими сторонами, поштові служби можуть гарантувати, що їхні ініціативи в оптимізації роботи галузі поштових відправлень принесуть користь суспільству в цілому.

Успішна інтеграція штучного інтелекту в операції з сортування пошти потребує кваліфікованої та знаючої робочої сили, здатної ефективно використовувати технології штучного інтелекту. Поштові служби повинні інвестувати в програми навчання та розвитку навичок, щоб озброїти співробітників необхідними знаннями для роботи із автоматичними

сортувальними системами з використанням технологій, розроблених на базі ШІ [19, с. 33]. Це включає навчання алгоритмам ШІ, методам машинного навчання та робототехніки, а також набуття практичного досвіду роботи з сортувальним обладнанням та програмним забезпеченням. Крім того, поштові служби повинні розвивати культуру безперервного навчання та інновацій, щоб дати можливість співробітникам адаптуватися до технологічних змін та використовувати нові можливості. Це може включати створення внутрішніх інноваційних центрів або крос-функціональних груп, які займаються вивченням і впровадженням рішень ШІ в поштових операціях. Інвестуючи в навчання співробітників та розвиток навичок, поштові служби можуть гарантувати, що їхня робоча сила залишиться адаптивною та стійкою перед технологічними досягненнями.

Інтеграція штучного інтелекту в автоматичні сортувальні операції з поштою потребує значних початкових витрат, включаючи інвестиції в обладнання на базі ШІ, модернізацію інфраструктури та навчання співробітників. Однак ці початкові інвестиції можуть принести суттєві довгострокові вигоди з точки зору операційної ефективності, економії коштів та задоволеності клієнтів [20]. Поштові служби повинні ретельно оцінювати окупність інвестицій (ROI) в ініціативи ШІ та розробляти комплексні бізнес-кейси для обґрунтування витрат. Більше того, поштові служби повинні вивчати можливості державно-приватного партнерства та співробітництва для розподілу витрат та ресурсів, пов'язаних із розгортанням ШІ. Використовуючи зовнішні експертні знання та джерела фінансування, поштові служби можуть прискорити впровадження технологій ШІ та максимізувати віддачу інвестицій. Крім того, уряди та регулюючі органи можуть пропонувати стимули чи субсидії, щоб спонукати поштові служби інвестувати у розвиток автоматичних систем сортування на базі ШІ та інші інноваційні технології.

Інтеграція штучного інтелекту в автоматичні сортувальні операції з поштою як частина заходів оптимізації процесів є глобальним явищем, при цьому поштові служби по всьому світу досліджують можливості технологій, що розроблені на базі ШІ, для підвищення ефективності та надійності автоматичних сортувальних операцій. Хоча конкретні проблеми та можливості можуть відрізнятися залежно від регіонального контексту, існують загальні теми та тенденції, що виходять за межі географічних кордонів. Наприклад, багато поштових служб стикаються з необхідністю модернізації застарілої інфраструктури та адаптації до мінливих переваг і очікувань споживачів. Крім того, міжнародне співробітництво та обмін знаннями мають важливе значення для впровадження інновацій та передового досвіду у поштовому сортуванні з використанням ШІ [21]. Співпрацюючи з колегами та галузевими партнерами по всьому світу, поштові служби можуть навчатися на досвіді один одного та використовувати спільні ресурси та експертні знання. Крім того, глобальні стандарти та фреймворки для розгортання ШІ у автоматичному сортуванні пошти можуть сприяти взаємодії та сумісності між системами, сприяючи безперебійній комунікації та обміну даними.

Інтеграція ШІ в автоматичні сортувальні операції з поштою дає безліч переваг. Насамперед, це підвищення ефективності. Системи автоматичного сортування на основі штучного інтелекту можуть обробляти пошту та посилки набагато швидше, ніж традиційні методи, що призводить до скорочення часу обробки та більш швидкої доставки. Більше того, алгоритми ШІ постійно навчаються та адаптуються, що призводить до більш точного сортування та зниження кількості помилок. Це, у свою чергу, підвищує задоволеність клієнтів та зміцнює репутацію поштових служб.

Штучний інтелект дозволяє поштовим службам оптимізувати використання ресурсів, що призводить до економії коштів та більш

стійкого екологічного ведення бізнесу. Аналізуючи дані про обсяг пошти, схеми призначення та маршрути транспортування, алгоритми штучного інтелекту можуть оптимізувати процеси сортування, щоб мінімізувати споживання енергії та скоротити викиди вуглецю. Крім того, предиктивна аналітика може допомогти поштовим службам передбачати коливання попиту та розподіляти ресурси відповідним чином, запобігаючи вузьким місцям та неефективності. Хоча переваги використання технологій штучного інтелекту в оптимізації процесів сортування пошти незаперечні, його використання не обходиться без проблем. Одним з основних недоліків є початкові інвестиції, що необхідні для модернізації сортувальних об'єктів з використанням обладнання та систем на основі штучного інтелекту. Крім того, існують побоювання з приводу витіснення робочих місць, оскільки автоматизація та робототехніка замінюють ручну працю у сортувальних операціях. Однак при правильному плануванні та інвестиціях у програми перепідготовки ці недоліки можна пом'якшити, а перехід до сортування з використанням ШІ може бути плавним та вигідним для всіх зацікавлених сторін.

На закінчення слід сказати, що штучний інтелект трансформує операції з сортування поштових відправлень, дозволяючи поштовим службам задовольняти зростаючі потреби цифрової епохи. Використовуючи можливості алгоритмів штучного інтелекту та робототехніки, поштові служби можуть підвищити продуктивність, якість, точність та ефективність використання ресурсів. Незважаючи на існуючі недоліки, переваги ШІ у автоматичному сортуванні поштових відправлень набагато переважають недоліки. У міру розвитку технологій роль ШІ в оптимізації процесів сортування поштових відправлень лише посилюватиметься, що призведе до більш ефективних та надійних послуг поштової служби.

Незважаючи на значний прогрес в інтеграції штучного інтелекту в операції з сортування поштових відправлень, все ще є багато областей для подальшого вивчення. Деякі рекомендації для майбутніх досліджень включають: вивчення впливу ШІ на переміщення робочих місць та динаміку робочої сили у поштової галузі; вивчення потенціалу систем сортування на базі ШІ для підвищення ефективності доставки та скорочення викидів вуглецю; вивчення ролі ШІ у покращенні системи відстежування посилок протягом усього процесу доставки. Усунувши ці прогалини у дослідженнях, можна глибше зрозуміти можливості та проблеми, пов'язані з використанням штучного інтелекту у сфері автоматичного сортування поштових відправлень, та розробити стратегії для максимізації переваг при мінімізації ризиків.

Література

1. Chung, C., & Huang, Y. The innovation of the AI and Big Data mail processing system. *Journal of research & method in education*, vol. 12, no. 1, pp. 1-8.
2. Čačić, N., Ninović, M., & Šarac, D. (2023). Future development trends in the postal market: an overview. *International journal for traffic and transport engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 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).
3. La Poste. (2017). Annual Business Report 2016. URL: https://le-groupe-laposte.cdn.prismic.io/le-groupelaposte%2Fbbe59c1a-0e3e-4346-9043-13c3a5f43856_pr_2017_02_23.pdf (дата звернення: 07.06.2024).
4. Universal Postal Union UPU. (2019). The digital economy and digital postal activities – a global panorama. URL: https://www.upu.int/UPU/media/upu/publications/Digital-economy-and-postaldigital-activities_EN.pdf (дата звернення: 07.06.2024).

5. Siemens. (2015). Siemens: 50 years mail sorting automation for Deutsche Post. URL: <https://mailingsystemstechnology.com/article-1559-Siemens-50-years-mail-sortingautomation-for-Deutsche-Post.html> (дата звернення: 07.06.2024).

6. *Siemens Logistics*. URL: <https://www.siemens-logistics.com/en/references#parcel-logistics> (дата звернення: 07.06.2024).

7. Memon, J., Sami, M., Khan, R. A., & Uddin, M. (2020). Handwritten optical character recognition (OCR): A comprehensive systematic literature review (SLR). *IEEE*, vol. 8, pp. 142642-142668. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/09151144.pdf> (дата звернення: 07.06.2024).

8. De Ryck, M., Versteyhe, M., & Debrouwere, F. (2020). Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 54, pp. 152-173.

9. Otsetova, A., & Dudin, E. (2018). Postal services in the conditions of fourth industrial revolution. *International Journal of Advanced Research in IT and Engineering*, vol. 7, no. 5, pp. 1-13.

10. Sartor, G., & Lagioia, F. (2020). The impact of the General Data Protection Regulation (GDPR) on artificial intelligence. URL: https://cris.unibo.it/bitstream/11585/763225/3/EPRS_STU%282020%29641530_EN%20%281%29.pdf (дата звернення: 08.06.2024).

11. 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*, vol. 12, no. 5, pp. 154-163.

12. Siegel, E. (2023). To deploy machine learning, you must manage operational change – here is how ups got it right. *Harvard data science review*,

issue 5.2. URL: <https://hdr.mitpress.mit.edu/pub/2z4dnhds/download/pdf> (дата звернення: 08.06.2024).

13. Brundage, M., Avin, S., Clark, J., Toner, H., Eckersley, P., Garfinkel, B., ... & Amodei, D. (2018). The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. URL: <https://arxiv.org/pdf/1802.07228.pdf> (дата звернення: 08.06.2024).

14. Saylor, K. M. (2020). Artificial intelligence and national security. *Congressional Research Service*, vol. 45178. URL: https://www.everycrsreport.com/files/20191121_R45178_ddbcce24a6fbf02ad9e81387b5623295ac60f017.pdf (дата звернення: 08.06.2024).

15. Goddard, M. (2017). The EU General Data Protection Regulation (GDPR): European regulation that has a global impact. *International Journal of Market Research*, vol. 59, no. 6, pp. 703-705.

16. Грубий, В. А. (2023). Підвищення ефективності діяльності логістичних підприємств за допомогою штучного інтелекту. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92902/1/Hrubyi_bac_rob.pdf (дата звернення: 08.06.2024).

17. Доставка на базі штучного інтелекту. Як семеро українців кидають виклик «Новій пошті» за допомогою ІТ. *dev.ua*. URL: <https://dev.ua/news/dostavka-na-bazi-shtuchoho-intelektu-yak-7-ukraintsiv-kydaiutvyklyk-novii-poshti-za-dopomohoiu-it> (дата звернення: 08.06.2024).

18. Плахута, Г. А., Попова, І. В., Степаненко, О. В. (2019). Інноваційний розвиток ринку логістичних послуг: thesis. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/28303> (дата звернення: 08.06.2024).

19. Castro, D., & New, J. (2016). The promise of artificial intelligence. *Center for data innovation*, vol. 115, no. 10, pp. 32-35.

20. 8 способів, як штучний інтелект змінить логістику. (2020). *Fialan*. URL: <https://11l.innk/E7y5n> (дата звернення: 08.06.2024).

21. Engstrom, D. F., Ho, D. E., Sharkey, C. M., & Cuéllar, M. F. (2020). Government by algorithm: Artificial intelligence in federal administrative agencies. NYU School of Law. *Public Law Research Paper*, pp. 20-54.