

УДК 004.8:629.5.07.07:656.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.4>

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕКСТУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Коростін О. О. – магістр, провідний інженер-програміст,
Shipnext BV, Koningin Elisabethlei 16, м. Антверпен, Бельгія
ORCID ID: 0009-0007-7510-6757

Сучасні технології оптичного розпізнавання символів (OCR) на основі штучного інтелекту значно покращили можливості автоматизації обробки текстових документів. Вони забезпечують високу точність та універсальність, дозволяючи ефективно обробляти документи різних типів та мов. Вибір конкретної OCR-технології залежить від специфіки завдання та вимог до точності, швидкості й інтеграції з існуючими системами.

У статті розглядається ефективність технологій оптичного розпізнавання символів на основі штучного інтелекту у контексті автоматизації міжнародних морських перевезень. Щораз більша складність і обсяг документів, які супроводжують логістичні процеси, вимагають впровадження інноваційних рішень для покращення результативності обробки даних та зниження операційних витрат.

Метою дослідження є вивчення можливостей та переваг використання OCR на основі ШІ для підвищення ефективності обробки текстових даних у логістиці. Завдання дослідження включають аналіз сучасних технологій OCR, визначення принципів роботи OCR-систем, оцінку їхніх переваг та обмежень, а також надання рекомендацій щодо підвищення ефективності їх використання.

Дослідження показало, що впровадження OCR-систем у логістичні процеси забезпечує високу точність розпізнавання тексту, значне скорочення часу обробки документів та зниження кількості помилок. Реальні приклади успішного використання OCR-технологій у провідних логістичних компаніях, таких як DHL, Maersk, Amazon, FedEx та UPS, підтверджують значні переваги автоматизації обробки транспортних накладних, митного оформлення, управління складами та рахунків-фактур.

OCR-технології на основі ШІ мають великий потенціал для автоматизації та оптимізації логістичних процесів. Для досягнення максимальних результатів рекомендується покращувати якість вхідних зображень, використовувати сучасні алгоритми та моделі, адаптувати їх до конкретних завдань, забезпечувати безпеку та конфіденційність даних, інтегрувати OCR-системи з іншими інформаційними системами, регулярно моніторити та оптимізувати роботу систем, а також навчати персонал. Використання OCR у логістиці сприяє підвищенню ефективності, точності та швидкості обробки документів, що є ключовим для успішного функціонування міжнародних морських перевезень.

Ключові слова: розпізнавання тексту, OCR, штучний інтелект (AI), логістика, автоматизація, міжнародні перевезення, обробка документів, інтеграція систем.

Korostin O. O. Efficiency of Text Recognition in the Automation of International Maritime Transport with the Help of Artificial Intelligence

Modern technologies of optical character recognition (OCR) based on artificial intelligence have significantly improved the possibilities of automating the processing of text documents. They provide high accuracy and versatility, allowing efficient processing of documents of various types and languages. The choice of a specific OCR technology depends on the specifics of the task and requirements for accuracy, speed and integration with existing systems.

The article examines the effectiveness of optical character recognition technologies based on artificial intelligence in the context of automation of international maritime transport. The growing complexity and volume of documents that accompany logistics processes require the implementation of innovative solutions to increase the efficiency of data processing and reduce operational costs.

The purpose of the study is to study the possibilities and advantages of using AI-based OCR to improve the efficiency of text data processing in logistics. The tasks of the research include the analysis of modern OCR technologies, determination of the principles of operation of OCR systems, evaluation of their advantages and limitations, as well as providing recommendations for increasing the efficiency of their use.

The study showed that the implementation of OCR systems in logistics processes ensures high accuracy of text recognition, a significant reduction in document processing time, and a reduction in the number of errors. Real-life examples of successful use of OCR technologies by leading logistics companies such as DHL, Maersk, Amazon, FedEx and UPS demonstrate the significant benefits of automating the processing of waybills, customs clearance, warehouse management and invoices.

AI-based OCR technologies have great potential for automating and optimizing logistics processes. To achieve maximum results, it is recommended to improve the quality of input images, use modern algorithms and models, adapt them to specific tasks, ensure data security and confidentiality, integrate OCR systems with other information systems, regularly monitor and optimize the operation of systems, as well as train personnel. The use of OCR in logistics improves the efficiency, accuracy and speed of document processing, which is key to the successful functioning of international maritime transport.

Key words: text recognition, OCR, artificial intelligence (AI), logistics, automation, international transportation, document processing, system integration.

Вступ. Автоматизація міжнародних морських перевезень є важливим напрямом розвитку сучасної логістики, оскільки вона дозволяє підвищити ефективність та точність управління вантажними потоками. Однією з ключових задач у цьому процесі є розпізнавання тексту, що міститься в різних документах, таких як накладні, митні декларації, вантажні маніфести тощо. Традиційні методи обробки цих документів вимагають використання значних людських ресурсів і часу, що нерідко призводить до помилок та затримок у роботі.

Застосування штучного інтелекту (далі – ШІ) та технологій розпізнавання тексту (далі – OCR) відкриває нові можливості для автоматизації цього процесу. Проте ефективність застосування таких технологій у контексті міжнародних морських перевезень потребує детального дослідження та аналізу. Це зумовлено специфікою документів, які можуть містити різноманітні формати, мови, шрифти та інші фактори, що ускладнюють процес розпізнавання тексту.

Постановка проблеми. Основними аспектами визначеної проблематики є:

- високий рівень варіативності текстових документів, що ускладнює їхню обробку стандартними OCR-алгоритмами;
- необхідність забезпечення високої точності розпізнавання тексту для уникнення помилок у процесі обробки вантажів;
- інтеграція систем розпізнавання тексту з існуючими інформаційними системами управління морськими перевезеннями;
- врахування багатомовності документів, що потребує адаптації OCR-систем до різних мов і алфавітів.

Розв'язання цих проблем є важливим для забезпечення ефективної та надійної автоматизації процесів міжнародних морських перевезень. Тому, необхідно дослідити та оцінити можливості використання сучасних технологій штучного інтелекту для розпізнавання тексту в цьому контексті, а також розробити методологічні підходи для їх впровадження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження оптичного розпізнавання символів на основі штучного інтелекту у логістичні процеси стає дедалі актуальнішим завданням в сучасному світі. Останні дослідження та публікації в цій галузі засвідчують значний прогрес у розвитку технологій OCR, а також підкреслюють важливість їхньої інтеграції у бізнес-процеси.

Одним з ключових напрямів досліджень є покращення алгоритмів OCR за допомогою методів глибокого навчання. Згідно з дослідженням, проведеним Tang Q., Lee Y. Jung H. [1], глибокі нейронні мережі, зокрема конволюційні нейронні мережі (CNN), значно покращують точність розпізнавання тексту. Вони демонструють високу ефективність у розпізнаванні складних і пошкоджених документів, що є важливим для логістичних процесів, де документи часто мають низьку якість.

Штучний інтелект відіграє вирішальну роль у сучасних OCR-системах. Дослідження авторів Haseeb M., Hussain H.I., Slusarczyk B., Jermisittiparsert K. [2], підкреслює важливість використання рекурентних нейронних мереж (RNN) та їхніх варіантів, таких як LSTM (довгострокова пам'ять), для обробки послідовностей символів. Ці методи дозволяють OCR-системам більш дієво справлятися з текстами, що мають складну структуру або містять рукописні елементи.

Багато наукових робіт присвячено інтеграції OCR-систем у логістичні процеси. Наприклад, у публікації Woschank M. та співавторів [3] розглядається впровадження OCR у системи управління складами та обробки транспортних накладних. Дослідження показує, що автоматизація цих процесів за допомогою OCR значно знижує кількість помилок та підвищує ефективність обробки документів. Зокрема, Woschank M. та його колеги відзначають, що використання OCR дозволило скоротити час обробки документів на 30%, а це є суттєвим показником у сфері логістики.

Результати дослідження можуть бути цікавими не лише для науковців і розробників технологій OCR, але й для широкого кола фахівців у сфері логістики, управління ланцюгами постачання, а також для керівників підприємств, які прагнуть вдосконалення своїх бізнес-процесів. Впровадження OCR-технологій на основі штучного інтелекту дасть змогу суттєво змінити підходи до обробки документів, управління інформацією та оптимізації логістичних операцій.

Метою даного дослідження є оцінка ефективності технологій розпізнавання тексту на основі штучного інтелекту в автоматизації процесів міжнародних морських перевезень. Це включає аналіз можливостей застосування таких технологій для підвищення точності та швидкості обробки текстових документів, а також розробку рекомендацій для інтеграції OCR-систем у логістичні процеси.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні **завдання**:

- аналіз існуючих технологій розпізнавання тексту на основі штучного інтелекту;
- оцінка ефективності OCR-систем стосовно різноманітних текстових документів;
- розробка рекомендацій для впровадження OCR-технологій у логістичні процеси міжнародних морських перевезень.

Виконання цих завдань дозволить комплексно оцінити можливості та ефективність застосування технологій розпізнавання тексту на основі штучного інтелекту в міжнародних морських перевезеннях, що сприятиме підвищенню ефективності логістичних процесів.

Виклад основного матеріалу. Технології оптичного розпізнавання символів є ключовими інструментами у процесі автоматизації обробки текстової інформації. Вони дозволяють перетворювати зображення тексту, таких як скановані документи, фотографії або PDF-файли, у машиночитний формат. Можливості сучасних OCR-систем значно покращились завдяки розвитку штучного інтелекту та машинного навчання. Нижче наведено огляд основних сучасних технологій OCR, їхні принципи роботи та області застосування.

1. Традиційні алгоритми OCR базуються на методах розпізнавання шаблонів. Вони складаються з кількох основних етапів [4-7]:

- попередня обробка зображення – нормалізація яскравості, видалення шуму, бінаризація (перетворення зображення на чорно-біле);
- сегментація – поділ зображення на окремі символи або блоки тексту;
- розпізнавання символів – порівняння кожного сегмента з базою шаблонів символів;
- післяобробка – корекція помилок та реконструкція тексту.

Ці алгоритми мають обмеження у випадках, коли текстовий документ містить складні шрифти, різні мови або низьку якість зображення.

2. Сучасні методи OCR на основі ШІ. Завдяки розвитку глибокого навчання (deep learning) та нейронних мереж, сучасні OCR-системи значно перевершують традиційні методи за точністю та універсальністю. Серед найпопулярніших методів є:

- конволюційні нейронні мережі (CNN). CNN широко використовуються для обробки зображень через свою здатність автоматично витягувати ознаки зображень. У контексті OCR, CNN застосовуються для розпізнавання окремих символів або навіть цілих слів. Ці мережі добре справляються з варіативністю шрифтів, кутів нахилу та іншими складнощами;

- рекурентні нейронні мережі (RNN). RNN, особливо варіанти з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM), ефективно працюють з послідовностями даних, такими як текст. В OCR-системах RNN використовуються для розпізнавання послідовностей символів, що дозволяє поліпшити точність розпізнавання слів та речень.

- комбіновані моделі (CRNN), як-от: Convolutional Recurrent Neural Network (CRNN), об'єднують переваги CNN та RNN, що уможливує високу точність в процесі розпізнавання тексту із зображень. CNN витягують ознаки зображення, а RNN обробляють ці ознаки для отримання послідовностей символів.

3. Хмарні OCR-сервіси, котрі базуються на сучасних ШІ-технологіях. Серед них:

- Google Cloud Vision OCR – забезпечує високу точність розпізнавання та підтримує багато мов;

- Microsoft Azure OCR – інтегрується з іншими сервісами Azure, підтримує багатомовність та забезпечує високу швидкість обробки;

- Amazon Textract – дозволяє не тільки розпізнавати текст, але й витягувати структуру документа, таку як таблиці та форми.

4. Відкриті проекти та інструменти для OCR, які можуть бути використані для розробки спеціалізованих рішень:

- Tesseract OCR – один з найпопулярніших відкритих OCR – підтримує багато мов і має активну спільноту розробників;

- OCRopus – інструмент, що базується на глибокому навчанні та забезпечує високу точність розпізнавання.

Технології оптичного розпізнавання символів на основі штучного інтелекту значно покращили можливості автоматизації обробки текстових даних. Використання глибокого навчання та нейронних мереж дозволяє досягти високої точності та адаптивності до різних типів документів. Принципи роботи таких систем базуються на складних алгоритмах обробки зображень та тексту, що включає кілька основних етапів (табл. 1).

Таблиця 1

**Основні етапи алгоритму обробки зображень та тексту за допомогою
штучного інтелекту**

| Назва | Складові |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Попередня обробка зображення | <p>Нормалізація яскравості та контрастності – коригування освітлення для забезпечення рівномірної яскравості.</p> <p>Бінаризація – перетворення зображення на чорно-біле, що спрощує подальшу обробку.</p> <p>Видалення шуму – фільтрація артефактів та зменшення шуму для покращення якості розпізнавання.</p> <p>Корекція викривлень – виправлення перекосів та викривлень, викликаних нерівномірним скануванням або фотографуванням.</p> |
| Сегментація зображення | <p>Розпізнавання блоків тексту – виділення абзаців, заголовків та інших структурних елементів.</p> <p>Поділ на рядки та символи – визначення меж рядків, слів і символів для подальшої обробки.</p> |
| Витягування ознак (Feature Extraction) | <p>На цьому етапі використовуються конволюційні нейронні мережі (CNN) для автоматичного витягування ознак зображення. CNN складаються з шарів згортки (convolutional layers), які витягують локальні патерни та ознаки, що є важливими для розпізнавання символів. Такий підхід дозволяє системі навчатися важливим ознакам без необхідності ручного програмування.</p> |
| Розпізнавання символів та слів | <p>Розпізнавання символів – кожен символ обробляється окремо з урахуванням його контексту.</p> <p>Розпізнавання слів та фраз – врахування попередніх і наступних символів для точнішого визначення слів та фраз.</p> |
| Постобробка | <p>Корекція помилок – використання лексичних та граматичних правил для виправлення помилок розпізнавання.</p> <p>Реконструкція тексту – об'єднання розпізнаних символів у слова, фрази та речення з урахуванням структури документа.</p> <p>Форматування – збереження форматування та структури вихідного документа, а саме: абзаци, заголовки, таблиці тощо.</p> |
| Навчання та вдосконалення моделей | <p>Анотація даних – збирання та анотація великих наборів зображень з текстом для навчання моделей.</p> <p>Навчання моделей – використання алгоритмів глибокого навчання для оптимізації нейронних мереж.</p> <p>Покращення алгоритмів – інтеграція нових методів та технологій для підвищення точності й швидкості розпізнавання.</p> |

Джерело: складено автором на основі [5-8]

Системи OCR на основі штучного інтелекту суттєво підвищують ефективність та точність автоматизації обробки текстових даних. Використання глибоких нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання дозволяє досягти високих результатів навіть під час обробки складних та різноманітних документів. Інтеграція таких систем у логістичні та інші бізнес-процеси сприяє підвищенню

продуктивності та зниженню витрат, що робить їх важливим інструментом сучасної автоматизації.

Застосування штучного інтелекту в технологіях оптичного розпізнавання символів призвело до вагомих покращень у точності, швидкості та універсальності обробки текстових даних. Однак, як і будь-яка технологія, OCR на основі ШІ має свої переваги та обмеження. У таблиці 2 наведено основні аспекти використання ШІ в OCR, що впливають на його ефективність та застосовність у різних галузях.

Таблиця 2

Переваги та недоліки використання ШІ для розпізнавання текстів

| Переваги | Недоліки |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Висока точність розпізнавання: завдячуючи використанню глибоких нейронних мереж та методів машинного навчання, сучасні OCR-системи на основі ШІ досягають високої точності розпізнавання тексту навіть у складних умовах, таких як різноманітні шрифти та стилі тексту, викривлені або пошкоджені документи, низька якість зображень | 1. Залежність від якості даних: незважаючи на високу точність, OCR-системи на основі ШІ залишаються чутливими до якості вхідних даних. Низька якість зображень, значні викривлення або пошкодження документів можуть негативно вплинути на результати розпізнавання |
| 2. Адаптивність та навчання: OCR-системи на основі ШІ можуть навчатися на великих наборах даних, що дозволяє їм адаптуватися до нових мов, шрифтів та форматів документів. Це забезпечує широку універсальність та можливість використання в різних галузях та регіонах | 2. Високі обчислювальні витрати: навчання та використання глибоких нейронних мереж вимагає значних обчислювальних ресурсів. Це може бути проблемою для малих та середніх підприємств, які не мають доступу до потужних серверів або хмарних обчислювальних ресурсів |
| 3. Швидкість обробки: завдяки оптимізації алгоритмів та використанню потужних обчислювальних ресурсів, сучасні OCR-системи здатні швидко обробляти великі обсяги текстових даних, що є важливим для масштабних проєктів та автоматизації бізнес-процесів | 3. Необхідність великих навчальних наборів даних: задля досягнення високої точності розпізнавання необхідні великі навчальні набори даних, що включають різноманітні приклади текстів та зображень. Збір та анотація таких наборів даних може бути дорогим та трудомістким процесом |
| 4. Інтеграція з іншими системами: сучасні OCR-рішення на основі ШІ легко інтегруються з іншими програмними системами та платформами через API, що дозволяє створювати комплексні рішення для автоматизації документів, аналізу даних та інших завдань | 4. Обмеження в розпізнаванні спеціальних символів та рукописного тексту: незважаючи на значні покращення, OCR-системи на основі ШІ все ще можуть мати труднощі з розпізнаванням спеціальних символів, формул, діаграм та рукописного тексту, особливо якщо вони представлені у незвичній формі або з низькою якістю |
| 5. Підтримка багатьох мов: з огляду на можливість навчання на різних мовних наборах, OCR-системи на основі ШІ підтримують розпізнавання тексту багатьма мовами, включаючи мови з різними алфавітами та складною граматику | 5. Безпека та конфіденційність даних: обробка конфіденційних документів, як-то: юридичні або медичні, вимагає високого рівня безпеки та захисту даних. Інтеграція OCR-систем з іншими інформаційними системами може створювати ризики для конфіденційності та безпеки даних |

Джерело: складено автором на основі [2-6]

Використання штучного інтелекту в OCR відкриває широкі можливості для автоматизації обробки текстових даних, підвищуючи точність, швидкість та універсальність цих систем. Проте для ефективного використання OCR-технологій на основі ШІ необхідно враховувати їхні обмеження та специфіку застосування в різних галузях. Розвиток технологій та вдосконалення алгоритмів дозволять зменшити існуючі обмеження та розширити потенціал використання OCR у майбутньому. Розглянемо кілька прикладів успішного впровадження OCR-технологій у сферу логістики.

Компанія DHL, один з найбільших світових логістичних провайдерів, впровадила OCR-технології для автоматизації обробки транспортних накладних. Використання OCR-систем дало змогу автоматично зчитувати інформацію з паперових накладних та вводити її у внутрішню систему управління. Це забезпечує [3]:

- скорочення часу на обробку документів;
- зменшення кількості помилок, пов'язаних з ручним введенням даних;
- підвищення прозорості та контрольованості логістичних процесів.

Компанія Maersk, провідний оператор контейнерних перевезень, завдяки OCR-технологіям здійснила автоматизацію митного оформлення. OCR-системи автоматично розпізнають та обробляють документи, необхідні для проходження митних процедур, що дозволяє [4]:

- скоротити час оформлення вантажів;
- знизити ризики помилок та затримок через некоректні дані;
- підвищити ефективність роботи митних агентів та зменшити адміністративні витрати.

Amazon, глобальний лідер в галузі електронної комерції, інтегрував OCR-технології у свої системи управління складами. OCR-системи автоматично зчитують інформацію з етикеток та упаковок товарів, що дозволяє [5]:

- підвищити точність обліку товарів на складах;
- прискорити процеси приймання та відвантаження товарів;
- зменшити кількість ручної роботи та підвищити ефективність роботи складу.

Компанія FedEx використовує OCR-системи для автоматизації обробки рахунків-фактур. OCR-технології дозволяють автоматично зчитувати та вводити дані з рахунків у фінансову систему компанії, що забезпечує [3]:

- швидку обробку великої кількості документів;
- підвищення точності введення даних та зменшення помилок;
- оптимізацію фінансових процесів та скорочення часу на оплату рахунків.

Компанія UPS інтегрувала OCR-системи для автоматизації обробки міжнародних документів, таких як митні декларації та сертифікати походження. Через запровадження OCR-технологій стало можливим:

- швидке та точне розпізнавання даних з міжнародних документів;
- підвищення ефективності та швидкості обробки вантажів;
- зниження витрат на ручну обробку документів та скорочення часу доставки.

Реальні приклади впровадження OCR-технологій показують, як компанії можуть оптимізувати свої бізнес-процеси, знизити операційні витрати та підвищити конкурентоспроможність. З огляду на визначені вигоди, використання OCR-систем стає невіддільною частиною сучасної логістики, сприяючи подальшому розвитку та вдосконаленню цієї галузі.

Оптичне розпізнавання символів на основі штучного інтелекту відкриває широкі можливості для автоматизації обробки текстових даних. Однак для

досягнення максимальних результатів необхідно враховувати певні аспекти та рекомендації щодо підвищення ефективності використання OCR. Розглянемо деякі з них більш детально.

1. Покращення якості вхідних зображень має значний вплив на точність розпізнавання тексту. Для її підвищення слід [9]:

- використовувати високоякісне обладнання для сканування та фотографування документів;
- забезпечувати оптимальні умови освітлення для уникнення відблисків та тіней;
- користуватись програмами для попередньої обробки зображень, зокрема корекції яскравості, контрастності, видалення шуму та виправлення викривлень.

2. Використання сучасних алгоритмів та моделей на основі глибокого навчання забезпечує високу точність та швидкість обробки. Рекомендується [10]:

- регулярно оновлювати OCR-системи до нових версій, що містять покращені алгоритми та моделі;
- використовувати глибокі нейронні мережі, такі як конволюційні та рекурентні нейронні мережі (CNN та RNN), для витягування ознак та розпізнавання символів.

3. Адаптація моделей до конкретних завдань. Для досягнення високої точності розпізнавання тексту в специфічних умовах варто адаптувати моделі до конкретних завдань:

- навчати моделі на спеціалізованих наборах даних, що включають зразки документів, які будуть оброблятися системою;
- використовувати методи трансферного навчання (transfer learning) для покращення моделей на основі попередньо натренованих мереж.

4. Забезпечення безпеки та конфіденційності даних. Обробка конфіденційних документів вимагає забезпечення високого рівня безпеки та конфіденційності. Належить:

- впроваджувати механізми шифрування даних під час передачі та зберігання;
- забезпечувати контроль доступу до OCR-систем та оброблюваних даних;
- використовувати хмарні рішення, що відповідають стандартам безпеки та конфіденційності.

5. Інтеграція з існуючими системами та процесами забезпечує безперервність та ефективність обробки даних. Бажано:

- використовувати стандартизовані API для взаємодії OCR-систем з іншими програмними продуктами;
- інтегрувати OCR-системи з системами управління документами (DMS), ERP та CRM для автоматизації робочих процесів;
- здійснювати автоматичну маршрутизацію документів для забезпечення швидкого та точного оброблення.

6. Регулярний моніторинг та оптимізація дозволяє виявляти проблеми та підвищувати ефективність обробки даних. Доцільно:

- здійснювати постійний аналіз точності та швидкості розпізнавання тексту;
- впроваджувати механізми зворотного зв'язку для покращення моделей та алгоритмів;
- періодично оновлювати навчальні набори даних, щоб забезпечити актуальність моделей.

Дотримання зазначених рекомендацій дозволить підвищити ефективність використання OCR-технологій, забезпечити високу точність та швидкість

розпізнавання, а також знизити операційні витрати та покращити загальну продуктивність організації.

Висновки. Технології оптичного розпізнавання символів на основі штучного інтелекту відкривають нові можливості для автоматизації та підвищення ефективності логістичних процесів. Застосування OCR-систем у логістиці дозволяє суттєво зменшити час та зусилля, необхідні для обробки документів, знижуючи кількість помилок та підвищуючи точність даних.

Використання глибоких нейронних мереж та методів машинного навчання дає змогу OCR-системам досягати високої точності навіть у складних умовах, таких як пошкоджені або низькоякісні документи.

Сучасні OCR-рішення легко інтегруються з іншими інформаційними системами, такими як системи управління документами, ERP та CRM, що забезпечує безперервність та ефективність бізнес-процесів.

Реальні приклади використання OCR-систем у багатьох компаніях, наприклад, DHL, Maersk, Amazon, FedEx та UPS, демонструють суттєві переваги в автоматизації обробки транспортних накладних, митного оформлення, управління складами та рахунків-фактур.

Для досягнення максимальних результатів рекомендується покращувати якість вхідних зображень, використовувати сучасні алгоритми та моделі, адаптувати моделі до конкретних завдань, забезпечувати безпеку та конфіденційність даних, інтегрувати OCR-системи з існуючими процесами, регулярно моніторити та оптимізувати роботу систем, а також навчати персонал.

Впровадження OCR-систем на основі ШІ у логістичні процеси надає нові вигоди для підвищення ефективності, точності та швидкості обробки документів. Застосування цих технологій сприяє оптимізації бізнес-процесів, зниженню операційних витрат та підвищенню конкурентоспроможності компаній на сучасному динамічному ринку. Подальший розвиток та вдосконалення OCR-технологій на основі ШІ відкриває ще більше можливостей для автоматизації та покращення логістичних процесів у майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tang Q., Lee Y., Jung H. The Industrial Application of Artificial Intelligence-Based Optical Character Recognition in Modern Manufacturing Innovations. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 5. P. 2161. URL: <https://doi.org/10.3390/su16052161> (date of access: 13.07.2024).
2. Haseeb M., Hussain H.I., Ślusarczyk B., Jermittiparsert K. Industry 4.0: A Solution towards Technology Challenges of Sustainable Business Performance. *Social Sciences*. 2019. №8. P. 154.
3. Woschank M., Rauch E., Zsifkovits H. A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 9. P. 3760. URL: <https://doi.org/10.3390/su12093760> (date of access: 13.07.2024).
4. Mask TextSpotter: An End-to-End Trainable Neural Network for Spotting Text with Arbitrary Shapes / M. Liao et al. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2019. Vol.43(2). P. 532–548. URL: <https://doi.org/10.1109/tpami.2019.2937086> (date of access: 13.07.2024).
5. Boundary TextSpotter: Toward Arbitrary-Shaped Scene Text Spotting / P. Lu et al. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2022. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/tip.2022.3206615> (date of access: 14.07.2024).
6. Raj R., Kos A. A Comprehensive Study of Optical Character Recognition. *2022 29th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and System (MIX-2022)*. P. 1–4. URL: <https://doi.org/10.1109/mix2022.9922100> (date of access: 14.07.2024).

DES), Wrocław, Poland, 23–24 June 2022. P. 151–154. URL: <https://doi.org/10.23919/mixedes55591.2022.9837974> (date of access: 14.07.2024).

7. Implementation of Optical Character Recognition using Tesseract with the Javanese Script Target in Android Application / G. A. Robby et al. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 157. P. 499–505. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.006> (date of access: 14.07.2024).

8. Adedayo K. D., Agunloye A. O. Real-time Automated Detection and Recognition of Nigerian License Plates via Deep Learning Single Shot Detection and Optical Character Recognition. *Computer and Information Science*. 2021. Vol. 14, no. 4. P. 11. URL: <https://doi.org/10.5539/cis.v14n4p11> (date of access: 14.07.2024).

9. Шевченко А. І., Кондратенко Ю. П. Щодо проекту стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. *Artificial Intelligence*. 2022. № 1. С. 75-80. URL: https://www.slyusar.kiev.ua/AI_2022-1-1_ua.pdf. (дата звернення: 14.07.2024).

10. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні: монографія; за заг. ред. А. І. Шевченка. Київ: ИПШІ, 2023. 305 с.

REFERENCES:

1. Tang, Q., Lee, Y., & Jung, H. (2024). The Industrial Application of Artificial Intelligence-Based Optical Character Recognition in Modern Manufacturing Innovations. *Sustainability*, 16(5), 2161. <https://doi.org/10.3390/su16052161>

2. Haseeb, M., Hussain, H. I., Ślusarczyk, B., & Jermittiparsert, K. (2019). Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance. *Social Sciences*, 8(5), 154.

3. Woschank, M., Rauch, E., & Zsifkovits, H. (2020). A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics. *Sustainability*, 12(9), 3760. <https://doi.org/10.3390/su12093760>

4. Liao, M., Lyu, P., He, M., Yao, C., Wu, W., & Bai, X. (2019). Mask TextSpotter: An End-to-End Trainable Neural Network for Spotting Text with Arbitrary Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1. <https://doi.org/10.1109/tpami.2019.2937086>

5. Lyu, P., Liao M., Yao C., Wu W., Bai X. (2018). Mask textspotter: An end-to-end trainable neural network for spotting text with arbitrary shapes. In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, Munich, Germany, 67–83.

6. Raj, R., & Kos, A. (2022). A Comprehensive Study of Optical Character Recognition. In *2022 29th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and System (MIXDES)*. (p. 151–154). IEEE. <https://doi.org/10.23919/mixedes55591.2022.9837974>

7. Robby, G. A., Tandra, A., Susanto, I., Harefa, J., & Chowanda, A. (2019). Implementation of Optical Character Recognition using Tesseract with the Javanese Script Target in Android Application. *Procedia Computer Science*, 157, 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.006>

8. Adedayo, K. D., & Agunloye, A. O. (2021). Real-time Automated Detection and Recognition of Nigerian License Plates via Deep Learning Single Shot Detection and Optical Character Recognition. *Computer and Information Science*, 14(4), 11. <https://doi.org/10.5539/cis.v14n4p11>

9. Shevchenko, A. I., Kondratenko Yu.P. (2022). Shchodo proiektu stratehii rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [Regarding the project of the strategy for the development of artificial intelligence in Ukraine]. *Artificial Intelligence*, 1, 75-80. Retrieved from https://www.slyusar.kiev.ua/AI_2022-1-1_ua.pdf [in Ukrainian].

10. Shevchenko, A. I. (2023). *Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini* [Strategy for the development of artificial intelligence in Ukraine]. Kyiv: IPShI. [in Ukrainian].