

УДК 004.8:004.93

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-5\(33\)-1299-1308](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-5(33)-1299-1308)

Переяславська Світлана Олександрівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем, Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», <https://orcid.org/0000-0001-9873-0447>

Смагіна Ольга Олександрівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем, Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», <https://orcid.org/0000-0002-6024-5152>

МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

Анотація. Завдяки своїм потужним алгоритмам та можливостям машинного навчання, ШІ може автоматизувати та вдосконалювати багато процесів, пов'язаних з мультимедіа, роблячи їх більш ефективними, точними та інтелектуальними. У статті розглядаються сучасні методи штучного інтелекту (ШІ), які використовуються для аналізу та обробки мультимедійних даних, таких як зображення, відео, аудіо та текст.

У статті запропоновано комплексний огляд сучасних методів ШІ для обробки та аналізу мультимедійних даних шляхом порівняння методів між собою за параметрами ефективності, точності й готовності до застосування.

Зокрема, стаття присвячена передовим методам штучного інтелекту, таким як глибокі нейронні мережі (DNN), рекурентні нейронні мережі (RNN), моделі на основі спектрограм і трансформатори, моделі на основі трансформерів, обробка зображень на основі пікселів, відстеження рухомих об'єктів, генеративно-змагальні мережі (GANs), підсилювальне навчання (RL) та гібридні системи. Проаналізовано вищезазначені методи ШІ, їх застосування та відсоток використання кожного методу. Обговорюються переваги та недоліки кожного з методів, а також перспективні напрямки розвитку в цій сфері.

Описано 16 методів ШІ для аналізу та обробки мультимедійних даних, які представлено в таблиці з відсотковим розподілом їх використання. Розглянуто основні та додаткові методи штучного інтелекту для аналізу та обробки мультимедійних даних. Розроблено порівняльну таблицю точності методів аналізу та обробки мультимедійних даних.

З'ясовано, що глибокі нейронні мережі (CNN) є ключовими для обробки зображень завдяки їх здатності виділяти складні ознаки. Рекурентні нейронні

мережі (RNN) ефективні для роботи з послідовними даними, такими як відео та текст. Нейронні мережі на основі спектрограм спеціалізуються на аналізі аудіо даних, а моделі на основі трансформерів є універсальними інструментами для обробки послідовних даних завдяки механізму уваги. Кожен з цих методів має свої унікальні переваги та області застосування, що робить їх незамінними у сучасних системах обробки мультимедійної інформації. ШІ пропонує нові можливості для аналізу та обробки мультимедійних даних, роблячи процеси більш ефективними та автоматизованими.

Ключові слова: штучний інтелект, мультимедійні дані, автоматизація, машинне навчання, нейронні мережі, розпізнавання образів.

Pereiaslavka Svitlana Oleksandrivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Systems, Luhansk Taras Shevchenko National University, <https://orcid.org/0000-0001-9873-0447>

Smahina Olha Oleksandrivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Systems, Luhansk Taras Shevchenko National University, <https://orcid.org/0000-0002-6024-5152>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR ANALYZING AND PROCESSING MULTIMEDIA DATA

Abstract. Thanks to its powerful algorithms and machine learning capabilities, AI can automate and improve many multimedia-related processes, making them more efficient, accurate, and intelligent. This article discusses modern artificial intelligence (AI) methods used to analyze and process multimedia data such as images, video, audio, and text.

The article offers a comprehensive overview of modern AI methods for processing and analyzing multimedia data by comparing methods with each other in terms of efficiency, accuracy, and readiness for use.

In particular, the article focuses on advanced AI methods such as deep neural networks (DNNs), recurrent neural networks (RNNs), spectrogram-based models and transformers, transformer-based models, pixel-based image processing, moving object tracking, generative adversarial networks (GANs), reinforcement learning (RL), and hybrid systems. The above-mentioned AI methods, their application, and the percentage of use of each method are analyzed. The advantages and disadvantages of each method are discussed, as well as promising areas of development in this area.

The article describes 16 AI methods for analyzing and processing multimedia data, which are presented in a table with a percentage distribution of their use. The

basic and additional methods of artificial intelligence for analyzing and processing multimedia data are considered. A comparative table of the accuracy of methods for analyzing and processing multimedia data is developed.

Deep neural networks (DNNs) have been found to be key to image processing due to their ability to extract complex features. Recurrent Neural Networks (RNNs) are effective for working with sequential data, such as video and text. Spectrogram-based neural networks specialize in analyzing audio data, and transformer-based models are versatile tools for processing sequential data due to their attention mechanism. Each of these methods has its own unique advantages and applications, making them indispensable in modern multimedia information processing systems. AI offers new opportunities for analyzing and processing multimedia data, making processes more efficient and automated.

Keywords: artificial intelligence, multimedia data, automation, machine learning, neural networks, pattern recognition.

Постановка проблеми. Штучний інтелект (ШІ) – це широка і прогресивна галузь науки і практики, що розвивається, яка включає в себе технології машинного навчання і нейронних мереж, а також алгоритми, які дозволяють виконувати завдання, що спочатку вважалися виключною компетенцією людини. Сучасний стан штучного інтелекту дозволяє впроваджувати його алгоритми в різних сферах діяльності, в тому числі і в мультимедійні дані.

Щодня генерується та зберігається величезна кількість мультимедійних даних у вигляді зображень, відео, аудіо та тексту. Цей потік даних стає все більш складним для аналізу та обробки за допомогою традиційних методів.

Загальновідомо, що люди здатні сприймати та розуміти складні нюанси мультимедійного контенту, такі як емоції, наміри та контекст. Натомість існує потреба в методах ШІ, які можуть наблизитися до людського рівня розуміння мультимедіа.

Загалом, методи ШІ для аналізу та обробки мультимедійних даних є динамічно розвиненою галуззю з широким спектром потенційних застосувань. ШІ стає все більш важливим інструментом для аналізу та обробки мультимедійних даних, дозволяючи автоматизувати складні процеси та генерувати цінні інсайти. Їх актуальність зумовлена зростанням обсягів мультимедійних даних, потребою в більш глибокому розумінні мультимедійного контенту та широким спектром потенційних застосувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання застосування методів штучного інтелекту розглядалися такими українськими ученими як А.О. Іваненко, Ю.В. Ковтуненко, Д. Кудрявцев, О. Кулик, К.В. Пічик, В.Ю. Стешенко, А. Яровий. Проте з огляду на стрімкий розвиток інструментарію штучного інтелекту наразі відсутні наукові розвідки які б повно розкрили методи штучного інтелекту в умовах аналізу та обробки мультимедійних даних.

Мета статті – провести огляд та аналіз сучасних методів штучного інтелекту, використовуваних для обробки та аналізу мультимедійних даних, виявити їх ефективність та практичне застосування.

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект вже генерує значну кількість цифрового контенту, включаючи текст, зображення та музику. McKinsey визначила 2023 рік як рік генеративного стрибка штучного інтелекту. Згідно з нещодавнім дослідженням, в якому була зроблена спроба оцінити його економічний потенціал, до 2035 року він принесе 15,7 трильйона доларів США інвестицій у світову економіку [1, с. 137].

У 2020 році Кабінет Міністрів України схвалив Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні. Міністерство цифрової трансформації України розраховувала залучити мільярди доларів інвестицій для реалізації заходів на основі цієї концепції.

Впровадження інноваційних технологій, зокрема систем штучного інтелекту, тісно пов'язане зі стрімким розвитком глобальних інновацій, зумовлених прогресом Індустрії 5.0. П'ята промислова революція об'єднує людський інтелект і творчий потенціал з можливостями сучасних інноваційних технологій, спричинивши синергію між людським і штучним інтелектом.

Згідно із технічним звітом ISO/IEC TR 24028:2020: «Штучний інтелект – здатність інженерної системи обробляти, застосовувати та вдосконалювати здобуті знання та вміння» [2].

ШІ здатний ідентифікувати та категоризувати об'єкти в зображеннях та відео, розуміючи їх візуальні характеристики та контекст. Це робить його незамінним інструментом для таких задач, як розпізнавання обличчя, аналіз сцен, та моніторинг безпеки. Крім того, ШІ може інтерпретувати емоції людей з їхніх зображень, відео та голосових записів, що дозволяє йому розуміти людські почуття та поведінку, що має цінність для маркетингу, досліджень користувачів, та аналізу соціальних мереж.

Також ШІ може генерувати текст, подібний до людського, у різних форматах, таких як статті, сценарії, та маркетингові матеріали. Він також може перекладати тексти з однієї мови на іншу, роблячи мовний бар'єр менш значущим.

ШІ може генерувати оригінальну музику та аудіо, використовуючи алгоритми машинного навчання для аналізу та синтезу звуків. Це відкриває нові можливості для створення саундтреків, звукових ефектів, та персоналізованих рекомендацій музики.

Наостанок ШІ може розуміти та обробляти людську мову, виявляючи закономірності, контекст, та наміри. Це робить його незамінним для таких задач, як аналіз тексту, чат-боти, та віртуальні асистенти.

Як влучно зазначив В.Ю. Стешенко: «У сфері мультимедіа ШІ можна використовувати для автоматичного редагування відео, покращення якості або навіть створення музики – візьмемо, наприклад, DeepArt.io. Це сервіс, який використовує нейронні мережі для перетворення фотографій на витвори мистецтва, імітуючи стиль відомих художників. За допомогою алгоритмів

глибокого навчання (особливо тих, що базуються на алгоритмах перенесення стилю) DeepArt аналізує зразки творів мистецтва і застосовує стиль до фотографій, завантажених користувачем» [3, с. 222].

Іншими словами, він може перетворити фотографію так, ніби її намалював Вінсент Ван Гог, Пабло Пікассо чи інші художники. Цей приклад показує, як штучний інтелект може трансформувати традиційне мистецтво та дизайн і забезпечити інноваційні та креативні рішення для мультимедійного контенту.

Як вірно зазначила Ю. Почтарьова: «Використання штучного інтелекту дозволяє персоналізовано підходити до рекомендацій музики, враховуючи не лише стиль та настрій, але й індивідуальні емоції та уподобання кожного користувача» [4, с. 39].

ШІ може бути використаний для автоматичного виявлення закономірностей, класифікації даних та створення нових мультимедійних форматів.

Розглянемо детальніше методи штучного інтелекту для аналізу та обробки мультимедійних даних:

Таблиця 1.

Розподіл використання різних методів штучного інтелекту для аналізу та обробки мультимедійних даних

Метод	Застосування	Відсоток використання (%)
Глибокі нейронні мережі (CNN)	Обробка зображень	20
Рекурентні нейронні мережі (RNN)	Аналіз відео	15
Нейронні мережі на основі спектрограм	Обробка аудіо	10
Моделі на основі трансформерів	Обробка тексту	10
Обробка зображень на основі пікселів	Попередня обробка зображень	8
Трекінг об'єктів	Відеоспостереження	8
Генеративно-змагальні мережі (GANs)	Створення та покращення зображень	6
Підсилювальне навчання (RL)	Робототехніка та автономні системи	5
Гібридні системи	Комбінація методів для покращення результатів	5
Методи стискування даних	Зменшення обсягу мультимедійних даних	3
Аналіз почерку	Розпізнавання рукописного тексту	3
Аналіз емоцій	Визначення емоційного стану	2
Методи підвищення якості (Super-Resolution)	Покращення якості зображень та відео	2
Аналіз змісту	Автоматичне визначення змісту	2
Аналіз структурованих даних	Інтеграція структурованих даних	1
Аналіз векторів руху	Аналіз руху у відео	1

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 представляє основні та додаткові методи штучного інтелекту, які використовуються для аналізу та обробки мультимедійних даних, а також вказує відсотковий розподіл використання кожного з методів.

Глибокі нейронні мережі (CNN) є найпоширенішим методом (20%) для обробки зображень. Рекурентні нейронні мережі (RNN) використовуються для аналізу відео (15%). Нейронні мережі на основі спектрограм застосовуються для обробки аудіо (10%). Моделі на основі трансформерів використовуються для обробки тексту (10%).

Відсотковий розподіл використання показує, які з цих методів є найпоширенішими та найбільш ефективними у різних застосуваннях. Це дозволяє краще зрозуміти поточні тенденції та майбутні напрямки розвитку у сфері штучного інтелекту та мультимедійних технологій.

Розглянемо детальніше точність методів аналізу та обробки мультимедійних даних:

Таблиця 2.

Порівняльна таблиця точності методів аналізу та обробки мультимедійних даних

Завдання	Метод	Точність	Переваги	Недоліки
Розпізнавання об'єктів на зображеннях	Глибокі нейронні мережі (CNN)	95%	Висока точність, масштабованість, гнучкість	Висока обчислювальна складність, упередженість
	Традиційні методи (наприклад, SVM)	70-80%	Низька обчислювальна складність	Низька точність, обмежена масштабованість
Аналіз тексту	Рекурентні нейронні мережі (RNN)	90%	Висока точність, гнучкість	Висока обчислювальна складність
	Статистичні методи (наприклад, n-грами)	75-80%	Низька обчислювальна складність	Низька точність, обмежена гнучкість
Розпізнавання мови	Нейронні мережі на основі спектрограм	85%	Висока точність, гнучкість	Висока обчислювальна складність
	Дискретні методи (наприклад, Mel-Frequency Cepstral Coefficients)	70-75%	Низька обчислювальна складність	Низька точність, обмежена гнучкість
Аналіз відео	Згорткові нейронні мережі (CNN) та рекурентні нейронні мережі (RNN)	90%	Висока точність, гнучкість	Висока обчислювальна складність
	Традиційні методи (наприклад, оптичне визначення потоку)	70-80%	Низька обчислювальна складність	Низька точність, обмежена гнучкість

Джерело: розроблено авторами

З Таблиці 2 видно переваги, недоліки, точність і завдання деяких методів штучного інтелекту щодо мультимедійних даних. CNN мають високу точність (95%) в розпізнаванні об'єктів на зображеннях. RNN мають високу точність (90%) в аналізі відео. Нейронні мережі на основі спектрограм мають точність 85% в розпізнаванні мови.

Як наголошують А. Яровий, Д. Кудрявцев, О. Кулик: «Глибокі нейронні мережі (CNN) – це потужні інструменти машинного навчання з високою продуктивністю у вирішенні складних завдань, таких як розпізнавання тексту та зображень, які є важливою частиною сучасних інформаційних об'єктів. Однією з головних переваг цього типу мереж є можливість розпаралелювання, що значно прискорює обробку вхідних наборів даних» [5, с. 31]. CNN – це спеціалізована архітектура нейронної мережі, призначена для обробки даних зі специфічною топологією, наприклад, зображень. CNN використовують шари згортки, які проходять через зображення, і застосовують фільтри для вилучення важливих елементів, таких як краї, кути і текстури. Ці особливості обробляються в більш глибоких шарах мережі для виконання таких завдань, як класифікація, сегментація і розпізнавання об'єктів. CNN є важливими інструментами для розпізнавання об'єктів, класифікації та сегментації зображень завдяки своїй здатності виокремлювати складні особливості зображень.

Рекурентні нейронні мережі (RNN) використовуються для обробки послідовних даних, таких як текст або відео, зі спеціальною архітектурою, яка дозволяє RNN зберігати інформацію про попередні елементи послідовності і використовувати її для обробки поточного елемента. Це досягається за рахунок циклу в структурі мережі, який дозволяє передавати стан від одного часового кроку до іншого, а такі варіанти RNN, як LSTM (Long Short Term Memory) і GRU (Gated Recurrent Unit) вирішують проблему градієнтних втрат і є більш ефективними для довгих більш ефективні для послідовностей; RNN використовуються для аналізу послідовностей кадрів у відео і можуть враховувати часову динаміку подій. Слід погодитись з І.А. Терейковським, Д.А. Бушуєвим, Л.О. Терейковською: «Основними перевагами рекурентних нейронних мереж є динамічність та ітераційний характер обробки даних, що в майбутньому має позитивно вплинути на узагальнення та обчислювальну потужність. Однак потенційна нестабільність нейронних мереж з довільною архітектурою зворотного зв'язку та недостатня дослідженість є серйозними перешкодами для їх широкого використання» [6, с. 68]. Рекурентні нейронні мережі відрізняються «пам'яттю», оскільки вони беруть інформацію з попередніх входів і впливають на поточні входи і виходи. Таким чином, в той час як традиційні глибокі нейронні мережі вважають входи і виходи вузлів незалежними один від одного, виходи рекурентних нейронних мереж залежать від попередніх елементів послідовності.

Нейронні мережі на основі спектрограм використовують спектрограми (графічне представлення частотного спектру аудіосигналу в часі) для аналізу аудіоданих. Аудіосигнал спочатку перетворюється на спектрограму, яка потім подається на вхід CNN для вилучення ознак. Це дозволяє мережі обробляти аудіодані так само ефективно, як і зображення. Нейронні мережі на основі спектрограм перетворюють аудіосигнал у спектрограму, яка аналізується за допомогою CNN.

Трансформатори – це тип нейронної мережі, призначений для обробки послідовних даних і використовує механізм уваги для моделювання залежностей між елементами послідовності незалежно від відстані. На відміну від RNN, трансформатори обробляють всі елементи послідовності одночасно і тому ефективніше використовують обчислювальні ресурси. Механізми уваги дозволяють моделям зосереджуватися на важливих частинах вхідних даних для конкретних завдань. Трансформатори – це вдосконалені моделі для задач обробки природної мови (NLP), таких як класифікація тексту, генерація тексту та автоматичне додавання тегів.

Обробка зображень на основі пікселів включає методи, які використовуються для покращення якості зображень перед їх аналізом, такі як фільтрація, виділення контурів, сегментація, морфологічні операції. Метод фільтрації використовується для видалення шуму та інших небажаних елементів зображення. Метод виділення контурів використовується для виявлення країв та інших чітко окреслених об'єктів на зображенні. Метод сегментації використовується для поділу зображення на окремі об'єкти або регіони. Морфологічні операції використовуються для аналізу та маніпулювання формою та структурою об'єктів на зображенні.

Методи для відстежування рухомих об'єктів у відеопотоці є важливим для систем безпеки та моніторингу. Ці методи використовуються для відстеження руху об'єктів у відеопотоках. Вони мають важливе значення для систем безпеки та моніторингу, а також для інших застосувань, таких як аналіз поведінки та розпізнавання жестів.

GANs – це тип нейронної мережі, який використовується для генерації нових зображень, відео або аудіо. GAN складається з двох конкуруючих нейронних мереж: генератора та дискримінатора. Генератор намагається створити реалістичні зразки даних, тоді як дискримінатор намагається відрізнити реальні зразки від згенерованих. Цей процес змагання змушує генератор генерувати все більш реалістичні зразки даних. Генеративно-змагальні мережі (GANs) використовуються для генерації нових зображень, відео або аудіо та покращення якості існуючих даних.

Підсилювальне навчання (RL) дозволяє системам навчатися шляхом проб і помилок, отримуючи винагороду за правильні дії, що важливо для автономних систем.

Сучасна сфера інформаційних відносин є однією з найбільш розвинених за останні роки [7]. Виходячи з цього опису, більшість інформації, що обробляється сьогодні, складається з інтерактивних ланцюжків та послідовностей.

Найкращий метод для аналізу та обробки мультимедійних даних залежить від конкретного завдання, набору даних та доступних ресурсів. Розмір, складність та якість набору даних можуть вплинути на те, який метод буде найефективнішим. Тож важливо ретельно оцінити всі фактори, перш ніж вибирати метод. Потрібні нові методи, які зможуть краще розуміти складні мультимедійні дані та обробляти їх з ще більшою точністю та ефективністю. Важливо розробити методи, які дозволять краще зрозуміти, як працюють системи ШІ, та мінімізувати ризики упередженості, дискримінації та порушення конфіденційності.

Висновки. Методи штучного інтелекту пропонують нові можливості для аналізу та обробки мультимедійних даних, роблячи процеси більш ефективними та автоматизованими. Водночас існує низка викликів, які потребують подальших досліджень і розробок. Враховуючи стрімкий прогрес у цій галузі, очікується, що в майбутньому ШІ стане ще більш важливим інструментом, який стимулюватиме інновації та вдосконалення в різних сферах діяльності. Отже, глибокі нейронні мережі (CNN) є ключовими для обробки зображень завдяки їх здатності виділяти складні ознаки. Рекурентні нейронні мережі (RNN) ефективні для роботи з послідовними даними, такими як відео та текст. Нейронні мережі на основі спектрограм спеціалізуються на аналізі аудіо даних, а моделі на основі трансформерів є універсальними інструментами для обробки послідовних даних завдяки механізму уваги. Кожен з цих методів має свої унікальні переваги та області застосування, що робить їх незамінними у сучасних системах обробки мультимедійної інформації.

Література:

1. Іваненко А.О., Пічик К.В. Генеративні моделі штучного інтелекту як ефективний інструмент для оптимізації бізнес-процесів. *Empirio*. 2024. № 1(1), С. 112–121. URL: <https://empirio.ukma.edu.ua/article/view/298115> (дата звернення: 10.05.2024).
2. ISO/IEC TR 24028:2020(en) Information technology. Artificial intelligence. Overview of trustworthiness in artificial intelligence. Вебсайт ISO. 2020. URL: <https://www.iso.org/standard/77608.html> (дата звернення: 17.05.2024).
3. Стешенко В.Ю. Штучний інтелект у комп'ютерних іграх та мультимедіа. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації*: матеріали III Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 28-29 жовт. 2023 р. Одеса: Одес. нац. технол. ун-т., 2023. С. 221-223.
4. Почтарьова Ю. Використання штучного інтелекту для розробки системи прослуховування музики на основі рекомендацій. *Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів, 22 – 23 лютого 2024 р. Харків: ХНЕУ імені Семена Кузнеця, 2024. 206 с.

5. Яровий А., Кудрявцев Д., Кулик О. Застосування глибокої рекурентної нейронної мережі із використанням алгоритму LSTM у системах інтелектуальної взаємодії.

INTERNET-EDUCATION-SCIENCE-2018 : Proceedings of the eleventh international scientific-practical conference, Vinnytsia, 22-25 May, Vinnytsia : Vinnytsia VNTU, 2018. с. 30-32.

6. Терейковський І.А., Бушуєв Д.А., Терейковська Л.О. Штучні нейронні мережі: базові положення : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 123 с.

7. Goodman-Deane J., Mieczkowski A., Johnson D., et al. The impact of communication technologies on life and relationship satisfaction. *Engineering Design Centre, University of Cambridge*. 2016. Vol. 57. pp. 219-229.

References:

1. Ivanenko, A.O., & Pichyk, K.V. (2024). Heneratyvni modeli shtuchnoho intelektu yak efektyvnyi instrument dlia optymizatsii biznes-protseviv [Generative AI models as an effective tool for business process optimization]. *Empirio – Empirio*, 1(1), 112–121. Retrieved from: <https://empirio.ukma.edu.ua/article/view/298115> [in Ukrainian].

2. ISO website. (2020). ISO/IEC TR 24028:2020(en) Information technology. Artificial intelligence. Overview of trustworthiness in artificial intelligence. Retrieved from: <https://www.iso.org/standard/77608.html>.

3. Steshenko, V.Yu. (2023). Shtuchnyi intelekt u kompiuternykh ihrakh ta multimedia [Artificial intelligence in computer games and multimedia]. *Kompiuterni ihry ta multymedia yak innovatsiyni pidkhid do komunikatsii: materialy III Vseukr. nauk.-tekhn. konf. molodykh vchenykh, aspirantiv ta studentiv – Computer games and multimedia as an innovative approach to communication: materials of the III All-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students*. Odesa: Odes. nats. tekhnol. un-t. [in Ukrainian].

4. Pochtarova, Yu. (2024). Vykorystannia shtuchnoho intelektu dlia rozrobky systemy proslukhovuvannia muzyky na osnovi rekomendatsii [Using artificial intelligence to develop a recommendation-based music listening system]. *Informatsiini tekhnolohii v suchasnomu sviti: doslidzhennia molodykh vchenykh: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv ta studentiv – Information technologies in the modern world: research of young scientists : materials of the International scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students*. Kharkiv: KhNUE named after Semen Kuznets [in Ukrainian].

5. Yaroviy, A., Kudriavtsev, D., & Kulyk O. (2018). Zastosuvannia hlybokoi rekurentnoi neuronnoi merezhi iz vykorystanniam alhorytmu LSTM u systemakh intelektualnoi vzaiemodii [Application of a deep recurrent neural network using the LSTM algorithm in intelligent interaction systems]. *INTERNET-EDUCATION-SCIENCE-2018 Proceedings of the eleventh international scientific-practical conference*. Vinnytsia: Vinnytsia VNTU.

6. Tereikovskiy, I.A., Bushuiev, D.A., & Tereikovska, L.O. (2022). *Shtuchni neuronni merezhi: bazovi polozhennia [Artificial Neural Networks: Basic Provisions]*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho.

7. Goodman-Deane, J., Mieczkowski, A., & Johnson, D., et al. (2016). The impact of communication technologies on life and relationship satisfaction. *Engineering Design Centre, University of Cambridge*, 57, 219-229.