



Наукові перспективи  
Видавнича група

№ 11(52)

2025

# НАУКА і ТЕХНІКА

серія: *право*, серія: *економіка*, серія: *педагогіка*,  
серія: *техніка*, серія: *фізико-математичні науки*

СЬОГОДНІ

З Україною

в серці!



**Видавнича група «Наукові перспективи»**

**Всеукраїнська Асамблея докторів наук із державного управління**

***«Наука і техніка сьогодні»***

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,  
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

**Випуск № 11(52) 2025**

**Київ – 2025**

**Publishing Group «Scientific Perspectives»**

**Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration**

***"Science and technology today"***

*("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series,  
"Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)*

**Issue № 11(52) 2025**

**Kyiv – 2025**

ISSN 2786-6025 Online  
УДК 001.32:1 /3/(477)(02)



[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11\(52\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52))

**«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,  
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»):  
журнал. 2025. № 11(52) 2025. С. 2990**



*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320  
журналу присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки  
(спеціальності – 015 - Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу  
присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно  
категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)*

*Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та соціології  
Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), громадської організації  
«Християнська академія педагогічних наук України» та громадської організації  
«Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з духовно-морального виховання»*

*Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління  
(Рішення від 24.11.2025 № 8/11-25)*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC),  
міжнародної пошукової системи Google Scholar та до міжнародної наукометричної  
бази даних Research Bible



**Головний редактор: Сопілко Ірина Миколаївна** - доктор юридичних наук,  
професор, Відмінник освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих  
вчених, Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі  
фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок, академік  
Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист України (Київ, Україна)

**Редакційна колегія:**

- Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Войтасик Андрій Миколайович – кандидат технічних наук за спеціальністю системи та процеси керування, доцент кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв, Україна), Віце-академік громадської наукової організації «Академія технічних наук України» (Івано-Франківськ, Україна)
- Волк Павло Павлович — доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Воробйов Яків Анатолійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Ізмаїльського державного гуманітарного університету, учасник бойових дій, член громадської організації «Міжнародна фундація науковців та освітян», автор наукових публікацій та навчально-методичних матеріалів у галузі математики, прикладної математики, інформаційних технологій та педагогіки;
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дівізіоник Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)
- Ільїн Валерій Юрійович - доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

- Лябіна Анастасія Олександрівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління і адміністрування Національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна)
- Кардаш Оксана Любомирівна — кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматизації, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
- Квасніков Володимир Павлович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Коваленко Валентин Васильович - доктор юридичних наук, професор, провідний науковий співробітник сектору авторського права та суміжних прав лабораторії авторського права та інформаційних технологій Науково-дослідного центру судової експертизи з питань інтелектуальної власності Міністерства юстиції України (Київ, Україна)
- Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
- Комнатний Сергій Олександрович - докторант кафедри філософії права та юридичної логіки Національної академії внутрішніх справ (Київ, Україна)
- Коробкова Олена Миколаївна - кандидат економічних наук, доцент кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт» Одеського національного морського університету, засновниця Навчального центру з підготовки та підвищення кваліфікації митних брокерів в Україні, експерт з митної справи, член Асоціації митних брокерів в Україні, дійсний Віце академік громадської організації «Академія технічних наук України», Member of International federation of customs brokers association (USA)
- Кравчук Володимир Миколайович — доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Кузьмич Людмила Володимирівна - доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Куницький Сергій Олегович - кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-дослідної частини Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Лук'янчук Олександр Петрович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Маджд Світлана Михайлівна - доктор технічних наук, професор, професор кафедри зеленої економіки та економіки природокористування Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (Київ, Україна)
- Мануель Давид Массено - доцент відділу права та захисту даних, старший науковий співробітник і член координаційного комітету лабораторії UbiNET, запрошений член PDPC, член-консультант комісії цифрового права муніципальних адвокатських колегій Кампінаса та Прая-Гранде (Сан-Паулу), а також Комісії з інновацій, управління та технологій муніципальної адвокатської колегії Гуарульуса, коментатор IODA, почесний член IDEIA Institute, член Наукового комітету MICHHR, член EDEN, член-кореспондент RedNAC, член UMAU, член-кореспондент UBAU (Португалія)
- Микитин Тарас Миронович - кандидат технічних наук, завідувач кафедри менеджменту Рівненського державного гуманітарного університету (Рівне, Україна)
- Миргород-Карпова Валерія Валеріївна - кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
- Мізюк Вікторія Анатоліївна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності Ізмайльського державного гуманітарного університету (Ізмаїл, Україна)
- Мірошніченко Валентина Іванівна - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри психології, педагогіки та соціально-економічних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Хмельницький, Україна)
- Міхальський Томаш — доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
- Огієнко Микола Миколайович - кандидат технічних наук, професор кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Одарченко Роман Сергійович - завідувач кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Олексенко В'ячеслав Михайлович – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (Харків, Україна)
- Оніщенко Наталія Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Заслужений юрист України, академік НАПРН України, завідувач відділу теорії держави і права Інституту держави і права ім. В.М.Корецького НАН України (Київ, Україна)
- Опанасенко Володимир Миколайович — доцент кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Ордановська Олександра Ігорівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інноваційних технологій та методики навчання природничих дисциплін Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Охріменко (Жмурко) Тетяна Олександрівна - старший науковий співробітник кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Павлов Костянтин Володимирович — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри підприємництва і маркетингу Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Паскаль Олена Вікторівна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогічних технологій початкової освіти Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Поліщук Віталій Васильович — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу зрощення, відділення меліорації Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Пономаренко Лілія Петрівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри загальної фізики Фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
- Приходькіна Наталія Олексіївна - доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)

- Стахова Анжеліка Петрівна — старший викладач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Турчинова Ганна Володимирівна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Удодова Яна Вадимівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку та оподаткування Запорізького національного університету (Запоріжжя, Україна)
- Фесенко Андрій Олексійович - кандидат технічних наук, асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка. (Київ, Україна)
- Черненко Варвара Петрівна - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (Кременчук, Україна)
- Чернуха Надія Миколаївна — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)
- Чумак Оксана Володимирівна - доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
- Шандра Наталія Андріївна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов для природничих факультетів Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів, Україна)
- Шеремет Інеса Володимирівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри медикобіологічних та валеологічних основ охорони життя і здоров'я Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Якимчук Аліна Юріївна - доктор економічних наук, професор, Академік економічних наук України, професор кафедри державного управління, документознавства та інформаційної діяльності Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Якимчук Олег Феодосійович - керівник групи білінгу Відділу бізнес-систем Департаменту інформаційних технологій ПРАТ «Рівнеобленерго» (Рівне, Україна)
- Яцишин Андрій Васильович - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)

**Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.**

**Kopp A.M., Gamayun I.P., Dashkivskyi R.B., Nesterenko I.S.** 1737  
*MODEL AND INFORMATION TECHNOLOGY FOR ENTERPRISE  
ARCHITECTURE SYNTHESIS BASED ON MATURITY LEVELS*

**Kurinko D.D., Kryvda V.I.** 1752  
*FROM COMMITS TO CAUSALITY: CONSTRUCTING LOW-IMPACT  
REFACTORING SEQUENCES VIA REPOSITORY-BASED CAUSAL  
INFERENCE*

**Kyiashko D.** 1774  
*DEVELOPMENT OF A HYBRID TESTING FRAMEWORK FOR  
MULTIMODAL SYSTEMS BASED ON AI AGENTS*

**Savenko M.M.** 1789  
*ARCHITECTURE OF RESILIENT UI SYSTEMS: ERROR HANDLING  
BOUNDARIES, OBSERVABILITY, AND RECOVERY STRATEGIES*

**Volyanskyy S., Melnyk O., Onishchenko O., Kotenko O.** 1801  
*STRUCTURAL-FUNCTIONAL MODELING OF AUTONOMOUS  
MARITIME TECHNICAL SYSTEMS UNDER OPERATIONAL  
DISTURBANCES*

**Арсенюк І.Р., Соболєв Д.О., Федишен Б.В.** 1815  
*МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ПЕРЕВІРКИ СХОЖОСТІ  
ТЕКСТОВИХ ЦИФРОВИХ РОБІТ СТУДЕНТІВ У МЕЖАХ  
ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ*

**Арсенюк І.Р., Шевченко І.Ю.** 1830  
*СИСТЕМА АНАЛІЗУ СХОЖОСТІ МЕЛОДІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ  
МОЖЛИВОГО ПЛАГІАТУ*

**Батаєв С.В., Федорчук А.Л., Багнюк О.М.** 1844  
*ZERO TRUST У ВЕБАРХІТЕКТУРІ: НОВІ ПІДХОДИ ДО БЕЗПЕКИ  
В УМОВАХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ*

**Бевза В.І., Слатвінська В.М.** 1864  
*ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ OSINT У СИСТЕМАХ КІБЕР-  
БЕЗПЕКИ: АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
РОЗПІЗНАВАННЯ ПАТЕРНІВ*

УДК 004.89:781.65

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11\(52\)-1830-1843](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52)-1830-1843)

**Арсенюк Ігор Ростиславович** кандидат технічних наук, доцент кафедри КН, ВНТУ, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0003-4045-6144>

**Шевченко Іван Юрійович** студент групи 2КН-24м, факультет ПТА, ВНТУ, Вінниця

## СИСТЕМА АНАЛІЗУ СХОЖОСТІ МЕЛОДІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МОЖЛИВОГО ПЛАГІАТУ

**Анотація.** У статті представлено підхід до підвищення ефективності виявлення музичного плагіату шляхом впровадження інтелектуальної інформаційної технології аналізу схожості мелодій. Інтеграція такої технології у робочі процеси музичних продюсерів, фахівців з авторського права, судових експертів та аналітиків музичної індустрії забезпечує можливість швидко та обґрунтовано оцінювати ступінь подібності між музичними творами, зменшуючи суб'єктивність аналізу та підвищуючи прозорість експертних висновків. Завдяки цьому користувачі отримують інструмент для швидкого виявлення потенційних випадків плагіату на основі коротких локальних уривків мелодій.

Реалізація системи ґрунтується на поєднанні методів глибинного навчання та згорткових нейронних мереж, які використовуються для побудови векторних представлень мелодійних фрагментів. Модуль попередньої обробки даних відповідає за нормалізацію темпу, розбиття мелодій на фрагменти у форматі MIDI і формування піано-ролл представлення музичного фрагменту, що забезпечує коректність подальшого аналізу. У процесі навчання згорткова нейромережа навчається за допомогою керованого контрастивного підходу, що формує простір ознак із чітким розмежуванням схожих і несхожих фрагментів. Використання контрастивного навчання нейромережі у поєднанні з розбиттям композицій на короткі локальні фрагменти дозволяє компенсувати обмеження традиційних підходів і суттєво підвищити точність виявлення можливого музичного плагіату.

Для тестування запропонованої концепції створено прототип системи у вигляді програмного забезпечення, реалізованого мовою Python з використанням бібліотек PyTorch, NumPy, pandas та hnsplib.

Прототип виконує повний цикл обробки MIDI-фрагментів – від сегментації та побудови векторних представлень до формування HNSW-індексу та пошуку найближчих сусідів.

Система забезпечує пакетну обробку великих наборів даних і підтримує масштабованість під час пошуку схожих мелодій, що дозволяє ефективно перевіряти працездатність моделі у різних сценаріях виявлення можливого плагіату.

Запропонований підхід створює передумови для формування інтелектуальної системи підтримки експертизи авторського права, здатної автоматизувати процес виявлення можливого музичного плагіату та підвищити об'єктивність оцінювання схожості творів. У перспективі концепцію можна розширити до повноцінної адаптивної системи, здатної самостійно навчатися на основі накопичених музичних даних і поступово підвищувати точність визначення потенційних випадків порушення авторських прав.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, згорткові нейронні мережі, контрастивне навчання, музичний плагіат, аналіз схожості мелодій.

**Arseniuk Ihor Rostyslavovych** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0003-4045-6144>

**Shevchenko Ivan Yuriyovych** Student of the 2CS-24m group, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

## SYSTEM FOR MELODY SIMILARITY ANALYSIS TO DETECT POTENTIAL PLAGIARISM

**Abstract.** This paper presents an approach to improving the effectiveness of musical plagiarism detection through the implementation of an intelligent information technology for melody similarity analysis. The integration of such a technology into the workflows of music producers, copyright specialists, forensic experts, and analysts in the music industry provides the ability to quickly and objectively assess the degree of similarity between musical works, reducing subjectivity and increasing the transparency of expert conclusions. As a result, users obtain a tool for rapid identification of potential cases of musical plagiarism based on short local melodic fragments.

The system implementation is based on the combination of deep learning methods and convolutional neural networks, which are used to construct vector representations of melodic fragments. The data preprocessing module is responsible for tempo normalization, splitting melodies into fragments in MIDI format, and forming the piano-roll representation of a musical segment, which ensures the correctness of further analysis. During training, the convolutional neural network is

optimized using a supervised contrastive approach that forms a feature space with a clear separation between similar and dissimilar fragments. The use of contrastive learning in combination with dividing compositions into short local fragments compensates for the limitations of traditional approaches and significantly improves the accuracy of detecting potential musical plagiarism.

To test the proposed concept, a prototype of the system was developed as a software solution implemented in Python using the PyTorch, NumPy, pandas, and hnswlib libraries. The prototype performs the full cycle of MIDI fragment processing – from segmentation and vector representation construction to HNSW index formation and nearest neighbor search. The system provides batch processing of large datasets and maintains scalability during melody similarity search, enabling effective evaluation of the model's performance in different plagiarism detection scenarios.

The proposed approach creates the foundations for an intelligent system supporting copyright expertise, capable of automating the process of detecting potential musical plagiarism and increasing the objectivity of similarity assessment between works. In future research, the concept may be extended into a fully adaptive system capable of self-learning based on accumulated musical data and gradually improving the accuracy of identifying potential copyright infringements.

**Keywords:** information technology, convolutional neural networks, contrastive learning, musical plagiarism, melody similarity analysis.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрової музичної індустрії питання виявлення можливого плагіату набуває особливої актуальності. Щороку зростає обсяг музичного контенту, який публікується на онлайн-платформах та стримінгових сервісах, що ускладнює ручну перевірку творів на схожість. У той же час збільшується кількість ситуацій, коли необхідно швидко й обґрунтовано визначити, чи містить мелодія елементи, які можуть порушувати авторські права. Саме тому виникає потреба у створенні надійних інструментів для автоматизованого виявлення потенційних випадків музичного плагіату.

Проблема ускладнюється тим, що схожість між музичними творами часто проявляється на рівні коротких локальних фрагментів, які можуть бути транспоновані, ритмічно змінені або переосмислені в іншій музичній інтерпретації.

Традиційні методи аналізу, засновані на порівнянні аудіосигналів або ручній експертній оцінці, потребують значних часових ресурсів і не завжди забезпечують необхідний рівень об'єктивності. Крім того, більшість існуючих підходів не враховують складну структуру MIDI-даних або недостатньо адаптовані до великих обсягів музичної інформації.

Забезпечення достовірності експертизи авторського права вимагає комплексного підходу, що поєднує точність аналізу, стійкість до варіацій

виконання, швидкодію та масштабованість. Проте інтеграція автоматизованих систем порівняння мелодій є технічно складним завданням: вона потребує вибору ефективного способу представлення музичних фрагментів, розробки оптимальних методів навчання моделей та створення швидких алгоритмів пошуку подібності у великих вибірках.

У зв'язку з цим актуальною є розробка інтелектуальних рішень, здатних автоматично аналізувати схожість мелодій на основі MIDI-даних, виявляти локальні подібності та підтримувати процес експертизи можливого музичного плагіату на якісно новому рівні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз сучасних наукових робіт та програмних рішень засвідчив наявність кількох підходів до визначення музичної схожості, проте всі вони мають низку обмежень, зокрема чутливість до ритмічних варіацій, високу обчислювальну складність або недостатню масштабованість під час роботи з великими наборами даних.

Для порівняльного функціонального огляду було обрано два сучасні підходи: Supervised Contrastive Learning for Musical Version Matching [1] (для порівняння різних версій однієї композиції) та Bipartite Graph Matching for Music Plagiarism Detection [2] (структурне зіставлення MIDI-сегментів через двочастковий граф для виявлення локальних збігів).

**Мета статті** – створення підходу щодо аналізу схожості мелодій, який поєднує переваги контрастивного навчання і згорткових нейронних мереж та векторного представлення музичних фрагментів. Такий підхід розрахований на підвищення точності та об'єктивності виявлення можливого музичного плагіату, забезпечуючи експертів з авторського права та фахівців музичної індустрії інструментом для достовірного аналізу мелодій у цифровому середовищі.

**Виклад основного матеріалу.** У контексті забезпечення достовірної експертизи авторського права особливого значення набуває створення інтелектуальних механізмів, здатних якісно та об'єктивно оцінювати схожість музичних творів. Для вирішення задачі автоматизованого аналізу мелодій у цифровому середовищі була розроблена спеціалізована інформаційна технологія, що поєднує контрастивне навчання [3], згорткові нейромережі [4] та сучасні принципи обробки символічних музичних даних. Така інтеграція забезпечує стійкий, адаптивний та релевантний аналіз подібності мелодійних фрагментів. Оскільки побудова моделей для виявлення музичної схожості суттєво залежить від правильного формування ознак та структурування даних для навчання, на початковому етапі було здійснено аналіз існуючих методів порівняння мелодій – від класичних алгоритмів динамічного часового вирівнювання [5] до сучасних контрастивних і нейронних моделей, орієнтованих на високорівневі музичні закономірності. Метою цього етапу було визначення оптимального поєднання підходів, які забезпечують баланс між

точністю, швидкодією та інтерпретованістю результатів у задачах виявлення можливого музичного плагіату.

Для обґрунтування вибору раціонального підходу до виявлення музичної схожості було виконано порівняльний аналіз класичних алгоритмів порівняння послідовностей та сучасних моделей глибинного і контрастивного навчання, а також структурних методів обробки символічної музики. Результати порівняння наведено у таблицях 1 – 3.

Таблиця 1

Порівняння класичних алгоритмів визначення музичної схожості

| № | Алгоритм                    | Принцип роботи                                          | Переваги                                  | Недоліки                                            | Складність     |
|---|-----------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|
| 1 | Dynamic Time Warping        | Вирівнює дві послідовності нот за часом                 | Стійкість до змін темпу                   | Не враховує гармонію; чутливий до довгих фрагментів | $O(n^2)$       |
| 2 | Levenshtein / Edit Distance | Визначає кількість змін між послідовностями нот         | Простота; ефективний для коротких мотивів | Низька точність для складних мелодій                | $O(n^2)$       |
| 3 | N-gram Overlap (для нот)    | Порівнює n-послідовності нот або інтервалів             | Гнучкість; налаштування n                 | Чутливість до транспозицій і ритмічних варіацій     | $O(n \cdot m)$ |
| 4 | Cross-Correlation           | Обчислює подібність між дискретними музичними сигналами | Підходить для простих структур            | Неефективний для поліфонії та складних мотивів      | $O(n \log n)$  |

Таблиця 2

Порівняння моделей машинного навчання для аналізу музичної схожості

| № | Модель                                                         | Принцип роботи                                                                              | Переваги                                      | Недоліки                                | Ресурси |
|---|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|
| 1 | CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network)                  | CNN (Convolutional Neural Network) + RNN (Recurrent Neural Network) для аналізу спектрограм | Враховує локальні та глобальні закономірності | Потребує великих наборів музичних даних | Високі  |
| 2 | BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) | Контрастивне навчання для зближення схожих фрагментів                                       | Висока точність; стійкість до транспозицій    | Працює переважно з аудіо; немає GUI     | Високі  |

| № | Модель                                     | Принцип роботи                                      | Переваги                                | Недоліки                                   | Ресурси |
|---|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| 3 | AudioMatch<br>(LSTM +<br>Contrastive Loss) | Враховує часові<br>залежності<br>у мелодії          | Добре працює<br>на аудіо-<br>фрагментах | Висока<br>обчислю-<br>вальна<br>складність | Високі  |
| 4 | TF-IDF<br>on pitch/duration<br>tokens      | Представлення<br>нотних подій у<br>вигляді векторів | Проста<br>реалізація                    | Не<br>враховує<br>ритм і<br>контекст       | Низькі  |

Таблиця 3

#### Порівняльна характеристика груп підходів

| Критерій                             | Класичні<br>методи | Нейронні<br>моделі | Комбінований<br>(запропонований)<br>підхід |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------------|
| Точність оцінювання                  | Середня            | Висока             | Висока                                     |
| Швидкодія                            | Висока             | Низька             | Висока                                     |
| Інтерпретованість                    | Висока             | Низька             | Висока                                     |
| Масштабованість                      | Середня            | Обмежена           | Висока                                     |
| Вартість реалізації                  | Низька             | Висока             | Середня                                    |
| Стійкість до<br>транспозицій / ритму | Низька             | Висока             | Висока                                     |
| Залежність від обсягу<br>даних       | Мінімальна         | Висока             | Середня                                    |
| Спроможність<br>працювати з MIDI     | Обмежена           | Частково           | Висока                                     |

На основі аналізу результатів порівняльного аналізу існуючих методів визначення музичної схожості (табл. 1 – 3), було прийнято рішення відмовитися від використання суто класичних алгоритмів, які демонструють обмежену стійкість до транспозицій, змін темпу та ритмічних варіацій, а також від застосування окремих глибинних моделей без урахування структури музичного твору. Замість цього обрано комбінований машинний підхід, що поєднує переваги згорткових нейронних мереж для виділення інформативних ознак мелодійних послідовностей [4], керованого контрастивного навчання для формування роздільного простору векторних представлень [3] та локальної сегментації MIDI-композицій на короткі фрагменти. Такий підхід забезпечує баланс між точністю, стійкістю до варіативності виконання та здатністю моделі узагальнювати закономірності музичних структур.

Особливого значення набуває питання інтерпретованості результатів, оскільки експерти з авторського права повинні мати можливість розуміти

причини високої подібності між фрагментами творів. На відміну від традиційних «чорних скриньок», комбінований машинний підхід дозволяє аналізувати схожість на рівні окремих локальних сегментів та пояснювати подібність через зіставлення структурних і мелодійних послідовностей, що підвищує прозорість та обґрунтованість висновків у процесі експертизи.

У системах виявлення музичного плагіату однією з ключових задач є швидке та точне знаходження схожих мелодійних фрагментів у великому векторному просторі ознак.

Оскільки побудовані нейронною мережею векторні простори можуть мати високу розмірність, а база фрагментів – нараховувати мільйони елементів, пошук схожих фрагментів (найближчих сусідів) стає критичним етапом, який визначає продуктивність і масштабованість усієї системи [6]. Для вибору оптимального методу було здійснено порівняльний аналіз найпоширеніших алгоритмів пошуку схожих об'єктів у високовимірних просторах. Узагальнені результати цього аналізу наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння методів пошуку найближчих сусідів

| № | Архітек-тура                     | Переваги                                                                                                    | Недоліки                                                                                                | Принцип роботи                                                  |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | Brute-force search               | Максимальна точність; проста реалізація; відсутність додаткових структур                                    | Лінійна складність $O(N)$ ; дуже повільний для великих баз; високі витрати часу та ресурсів             | Кожен запит порівнюється з усіма векторами бази даних           |
| 2 | K-d Tree                         | Висока ефективність у низьковимірних просторах (до 20–30 вимірів); швидке відсікання нерелевантних областей | Деградація продуктивності у високих розмірностях; потреба балансування; значні накладні витрати пам'яті | Рекурсивний поділ простору гіперплощинами на вкладені області   |
| 3 | Locality-Sensitive Hashing (LSH) | Висока швидкість; гарна масштабованість; можливість паралельного пошуку                                     | Зниження точності; залежність від хеш-функцій і параметрів; потреба у великій кількості хеш-таблиць     | Перетворення векторів у хеші, що зберігають локальну близькість |

| № | Архітек-тура                              | Переваги                                                                                                | Недоліки                                                                             | Принципи роботи                                                                                         |
|---|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Hierarchical Navigable Small World (HNSW) | Висока точність (до 99% від brute-force);<br>логарифмічна складність;<br>працює з великими базами даних | Складніша реалізація;<br>потреба в налаштуванні параметрів; більші вимоги до пам'яті | Багаторівнева графова структура малого світу, пошук зверху вниз від грубого наближення до точного збігу |

На основі аналізу результатів порівняння методів пошуку найближчих сусідів (табл. 4) було вирішено використати підхід на основі Hierarchical Navigable Small World (HNSW), оскільки він забезпечує найкращий баланс між точністю, часом відповіді та здатністю до масштабування у великих музичних базах даних. Завдяки високій ефективності HNSW під час роботи з багатовимірними векторними представленнями мелодійних фрагментів система може обробляти значні обсяги MIDI-даних та виконувати пошук схожості у режимі близькому до реального часу [7].

З урахуванням обраних методів формування векторних представлень, принципів контрастивного навчання, особливостей обробки MIDI-даних та результатів аналізу алгоритмів пошуку схожих фрагментів було сформовано цілісну архітектуру програмної системи. Запропонована структура об'єднує низку взаємопов'язаних модулів, кожен з яких виконує окрему функцію в загальному конвеєрі обробки – від підготовки даних і генерації навчальних прикладів до обчислення векторних представлень та визначення ступеня подібності між мелодійними фрагментами. Узагальнений перелік основних модулів системи наведено у таблиці 5, а їх взаємозв'язки відображено на рисунку 1.

Таблиця 5

Функціональні модулі інформаційної технології  
аналізу схожості мелодій для виявлення можливого плагіату

| Агенти                  | Основні функції                                                                                                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модуль підготовки даних | Виконує завантаження даних для навчання, очищення та нормалізацію, узгодження темпу та тривалості нот. Формує стандартизовані вхідні дані для подальшої обробки. |

| Агенти                        | Основні функції                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модуль індексації та пошуку   | Здійснює побудову індексу для векторів музичних фрагментів та виконує пошук найближчих сусідів між музичними фрагментами з використанням алгоритму HNSW. Забезпечує швидке визначення подібних мелодій. |
| Модуль графічного інтерфейсу  | Забезпечує користувацьку взаємодію з системою: завантаження MIDI-файлів, ініціацію процесу аналізу, візуалізацію результатів пошуку та інтерпретацію схожих фрагментів.                                 |
| Модуль обчислення результатів | Виконує підсумкову обробку отриманих даних: обчислення коефіцієнтів схожості, формування списків результатів і генерацію підсумкового звіту.                                                            |

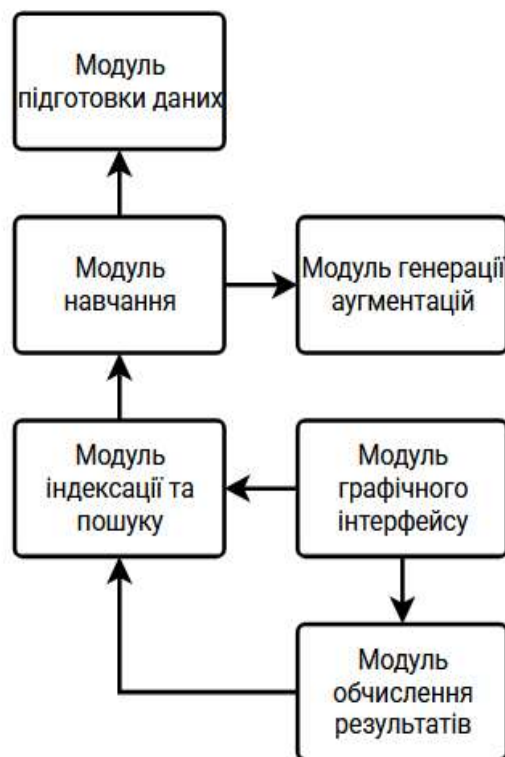


Рисунок 1 – Структурна схема взаємодії модулів системи аналізу схожості мелодій для виявлення можливого плагіату

Таким чином, розроблена система характеризується чітким розподілом функціональних обов'язків між модулями, що забезпечує логічну послідовність етапів аналізу мелодій, мінімізацію залежності між модулями та високу масштабованість архітектури.

Кожен модуль виконує вузькоспеціалізовану задачу в межах загального конвеєра обробки даних – від попередньої обробки MIDI-файлів до побудови векторних представлень, обчислення схожості та формування підсумкових результатів. Такий підхід сприяє підвищенню надійності, гнучкості оновлення окремих компонентів і забезпечує стабільну роботу системи навіть за збільшення обсягів оброблюваних даних. Отже, послідовність взаємодії між модулями та логіка виконання основних етапів роботи програмного комплексу можуть бути формалізовані у вигляді узагальненої схеми алгоритму, наведеної на рисунку 2.

До початку основної обробки вхідний MIDI-файл проходить етап попередньої нормалізації, під час якого усуваються шуми, вирівнюється темп, узгоджується структура тактів і формується уніфіковане представлення музичного фрагмента. Така стандартизація забезпечує коректність подальшої сегментації та побудови піано-ролл представлення, що є необхідним для точного аналізу мелодійних особливостей фрагмента.

Після попередньої обробки MIDI-фрагмент подається до попередньо навченої згорткової нейромережі, що формує його векторне представлення у багатовимірному просторі ознак. Отримане векторне представлення передається до модуля пошуку, де за допомогою індексу HNSW визначаються найближчі вектори з бази даних та формується перелік потенційно схожих мелодійних фрагментів. Далі результати надходять до модуля обчислення результатів, який розраховує подібність між музичними фрагментами, застосовує порогові значення та виконує фінальну оцінку відповідності, що забезпечує формування точного та обґрунтованого висновку.

Завершальним етапом є робота модуля графічного інтерфейсу, який відображає упорядкований список знайдених фрагментів разом із ключовими метриками подібності, забезпечуючи користувача зрозумілим і наочним звітом про результати аналізу.

Наведена послідовність дій запропонованої системи аналізу схожості мелодій для виявлення можливого плагіату може бути представлена у формалізованому вигляді. Першим етапом є формування навчальних фрагментів MIDI-композицій. Кожен музичний твір розбивається на фрагменти фіксованої довжини, що подаються у вигляді матриць piano-roll:



Рисунок 2 –  
Узагальнена схема  
алгоритму роботи  
системи

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}, \quad x_i \in R^{128 \times T}, \quad (1)$$

де  $X$  – набір матриць навчальних мелодійних фрагментів, отриманих після сегментації MIDI-композицій;  $x_i$  – матриця, що містить двійкові або нормалізовані значення активності нот у часі; 128 – кількість MIDI-нот (0 – 127);  $T$  – кількість часових кроків у 4 тактах після нормалізації темпу.

На другому етапі здійснюється побудова ознак за допомогою згорткових шарів нейронної мережі. Операція двовимірної згортки, яка забезпечує локальне виділення музичних структур та закономірностей, подається наступним чином:

$$S(i, j) = \sum_{m=0}^{k_h-1} \sum_{n=0}^{k_w-1} x(i+m, j+n) w(m, n) \quad (2)$$

де  $S(i, j)$  – значення вихідної карти ознак у позиції  $(i, j)$ ;  $x(i+m, j+n)$  – елемент вхідної матриці у позиції  $(i+m, j+n)$ ;  $w(m, n)$  – елемент ядра згортки (фільтра);  $k_h, k_w$  – висота та ширина ядра згортки відповідно.

Після застосування згортки до результату накладається нелінійна функція активації, що може бути формалізовано у такому вигляді:

$$f(S) = \max(0, S), \quad (3)$$

де  $f(S)$  – вихід після активації;  $S$  – вхідне значення нейрона;  $\max(0, S)$  – операція відсікання від'ємних значень.

Після проходження кількох шарів згортки отримане представлення передається у повнозв'язний шар для побудови компактного векторного опису мелодійного фрагмента. Математично цей процес можна подати наступним чином:

$$z = \sigma(W_y + b), \quad (4)$$

де  $z \in R^d$  – векторне представлення мелодійного фрагмента;  $y$  – вхідний вектор, отриманий після операцій згортки;  $W$  – матриця ваг повнозв'язного шару;  $b$  – вектор зсуву;  $\sigma$  – функція активації.

Процес навчання моделі здійснюється за контрастивним принципом, де для кожного фрагмента формуються позитивні та негативні приклади шляхом

стохастичних аугментацій. Метою навчання є зближення векторів позитивних пар та віддалення негативних. Формула керованої контрастивної втрати (Supervised Contrastive Loss) виглядає наступним чином:

$$L = \sum_i \frac{-1}{|P_i|} \sum_{p \in P_i} \log \frac{\exp(z_i * z_p / \tau)}{\sum_{a \in A_i} \exp(z_i * z_a / \tau)}, \quad (5)$$

де  $z_i$  і  $z_p$  – нормалізовані вектори;  $\tau$  – температурний коефіцієнт;  $P_i$  – множина позитивних прикладів; а  $A_i$  – усі приклади, крім самого  $i$ -го [3].

Після отримання векторних представлень здійснюється оцінка ступеня схожості між мелодійними фрагментами. Для цього використовується косинусна метрика, яка дозволяє кількісно визначити подібність між двома векторами ознак:

$$d(z_1, z_2) = 1 - \frac{z_1 * z_2}{\|z_1\| \|z_2\|} \quad (6)$$

де  $z_1$  і  $z_2$  – вектори ознак двох музичних фрагментів.

Для узагальнення всіх наведених компонентів системи побудовано інтегровану формальну модель, яка відображає структуру системи та взаємозв'язки між її основними операторами. Узагальнена математична схема представлена у вигляді кортежу

$$\mathcal{Z} = \langle S, P, f_0, L_{SupCon}, E \rangle, \quad (7)$$

де  $S$  – оператор сегментації MIDI-файлу на фрагменти фіксованої довжини;  $P$  – функція перетворення MIDI у матрицю piano-roll;  $f_0$  – згорткова нейромережа, що формує векторне представлення;  $L_{SupCon}$  – функція контрастивного навчання;  $E$  – функція оцінки подібності між векторними представленнями.

Для перевірки працездатності концепту системи було створено експериментальний прототип. Наразі система працює у вигляді консольного додатку, що приймає шлях до навченої моделі та набору MIDI-фрагментів, автоматично обчислює для них векторні представлення та формує високопродуктивний індекс для пошуку найближчих сусідів. Після побудови індексу користувач може задати будь-який MIDI-файл як запит, а система повертає

список найбільш схожих музичних фрагментів разом із відповідними показниками подібності. На рисунку 4 наведено приклад виведення консолі, що демонструє правильні результати пошуку top-10 найбільш схожих фрагментів для обраного.

```
[SAVE] embs=C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\out\embs.npy, ids=C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\out\ids.csv
[SAVE] index=C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\out\emb_index.bin (ef=50, M=48)
[QUERY midi] C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
Top-k результати (дистанція | схожість | ймовірність плагіату):
1) id=2580 dist=0.0000 схожість=100.0% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
2) id=2584 dist=0.0000 схожість=100.0% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
3) id=2582 dist=0.0126 схожість=98.7% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
4) id=2586 dist=0.0129 схожість=98.7% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
5) id=2724 dist=0.0295 схожість=97.0% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
6) id=2721 dist=0.0343 схожість=96.6% ймовірність плагіату: дуже висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
7) id=2587 dist=0.0507 схожість=94.9% ймовірність плагіату: висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
8) id=2557 dist=0.0515 схожість=94.8% ймовірність плагіату: висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
9) id=2589 dist=0.0528 схожість=94.7% ймовірність плагіату: висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
10) id=2720 dist=0.0533 схожість=94.7% ймовірність плагіату: висока -> C:\Users\IvanShevchenko\Desktop\MKR\demo_software\dataset_to_validate\fragments\case1_song_a\case1_song_a__bars_0_3.mid
```

Рисунок 4 – Фрагмент виводу консолі з результатами пошуку схожих MIDI-фрагментів

**Висновки.** Запропоновано та реалізовано підхід до побудови системи аналізу схожості мелодійних фрагментів на основі поєднання контрастивного навчання і згорткової нейромережі. Дане рішення забезпечує автоматизовану обробку MIDI-файлів, формування векторних представлень, а також оцінювання подібності між фрагментами, що дозволяє досягти високої точності та відтворюваності результатів. Завдяки модульній структурі система зберігає гнучкість, масштабованість та стабільність навіть за значного збільшення обсягів музичних даних.

Запропонована модель, покладена в основу обчислювального ядра, враховує особливості музичних сигналів, у тому числі структуру мелодії, ритмічні характеристики та варіативність виконання, що забезпечує контекстно обґрунтовану оцінку подібності між фрагментами. Використання згорткової нейронної мережі та функції контрастивної втрати дозволило сформуванню стійких та інформативних векторних представлень, а застосування косинусної метрики – отримати узгоджені показники схожості для подальшого аналізу.

Тестування прототипу підтвердило високу ефективність запропонованого підходу. Побудована система продемонструвала здатність успішно знаходити найбільш схожі музичні фрагменти у великій колекції даних, а результати пошуку свідчать про доцільність її подальшого розвитку як основи для створення повномасштабного інструменту виявлення можливого музичного плагіату.

#### Література:

1. Serra J. Supervised Contrastive Learning from Weakly-Labeled Audio Segments for Musical Version Matching [Електронний ресурс] / J. Serra, R. O. Araz, D. Bogdanov, Y. Mitsufuji. – 2025. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2502.16936>

2. He T. Music Plagiarism Detection via Bipartite Graph Matching [Електронний ресурс] / T. He, W. Liu, C. Gong, J. Yan, N. Zhang. – 2021. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/353375093\\_Music\\_Plagiarism\\_Detection\\_via\\_Bipartite\\_Graph\\_Matching](https://www.researchgate.net/publication/353375093_Music_Plagiarism_Detection_via_Bipartite_Graph_Matching)

3. Khosla P. Supervised Contrastive Learning [Електронний ресурс] / P. Khosla, P. Teterwak, C. Wang, A. Sarna, Y. Tian, P. Isola, A. Maschinot, C. Liu, D. Krishnan. – 2021. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2004.11362>

4. Choi K. Convolutional Recurrent Neural Networks for Music Classification [Електронний ресурс] / K. Choi, G. Fazekas, M. Sandler, K. Cho. – 2016. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1609.04243>

5. Bringmann K. Dynamic Dynamic Time Warping [Електронний ресурс] / K. Bringmann, N. Fischer, I. van der Hoog, E. Kipouridis, T. Kociumaka, E. Rotenberg. – 2023. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2310.18128>

6. Muja M. Scalable nearest neighbor algorithms for high-dimensional data. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. [Електронний ресурс] / M. Muja, D. Lowe. – 2014. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376>

7. Malkov Yu. A. Efficient and robust approximate nearest neighbor search using Hierarchical Navigable Small World graphs (HNSW) [Електронний ресурс] / Yu. A. Malkov, D. A. Yashunin // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2018. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1603.09320>

### **References:**

1. Serrà, J., Araz, R. O., Bogdanov, D., & Mitsufuji, Y. (2025). Supervised Contrastive Learning from Weakly-Labeled Audio Segments for Musical Version Matching. – Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2502.16936> [in English]

2. He, T., Liu, W., Gong, C., Yan, J., & Zhang, N. (2021). Music Plagiarism Detection via Bipartite Graph Matching. – Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/353375093\\_Music\\_Plagiarism\\_Detection\\_via\\_Bipartite\\_Graph\\_Matching](https://www.researchgate.net/publication/353375093_Music_Plagiarism_Detection_via_Bipartite_Graph_Matching) [in English]

3. Khosla, P., Teterwak, P., Wang, C., Sarna, A., Tian, Y., Isola, P., Maschinot, A., Liu, C., & Krishnan, D. (2021). Supervised Contrastive Learning. – Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2004.11362> [in English]

4. Choi, K., Fazekas, G., Sandler, M., & Cho, K. (2016). Convolutional Recurrent Neural Networks for Music Classification. – Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1609.04243> [in English]

5. Bringmann, K., Fischer, N., van der Hoog, I., Kipouridis, E., Kociumaka, T., & Rotenberg, E. (2023). Dynamic Dynamic Time Warping. – Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2310.18128> [in English]

6. Muja, M., & Lowe, D. (2014). Scalable nearest neighbor algorithms for high-dimensional data. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376> [in English]

7. Malkov, Yu. A., & Yashunin, D. A. (2018). Efficient and robust approximate nearest neighbor search using Hierarchical Navigable Small World graphs (HNSW). IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Retrieved from <https://doi.org/10.48550/arXiv.1603.09320> [in English].

# Журнал

## **«Наука і техніка сьогодні»**

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,  
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

**Випуск № 11(52) 2025**

Формат 60х90/8. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 8,2. Наклад 100 прим.  
Зам. 1

Видавець:

Громадська наукова організація «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління»  
*Свідоцтво серія ДК №4957 від 18.08.2015 р., Андріївський узвіз, буд.11, оф 68, м. Київ, 04070.*

Підготовлено рекламним агентством  
«GoToPrint» Адреса, Україна, Київська обл., м. Київ, вул. Льва Толстого, 63  
тел.+38073 996 46 57, +38050 771 27 31, e-mail: gotoprint@gmail.com