

УДК 78.01:004.8

DOI: <https://doi.org/10.32782/facs-2025-4-6>**Володимир ДЬЯЧЕНКО**

кандидат мистецтвознавства, доцент кафедри музичного продакшну та звукорежисури, Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв, вул. Лаврська, 9, м. Київ, Україна, 02000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1053-7755>

Бібліографічний опис статті: Дьяченко, В. (2025). Глибоке навчання як інструмент алгоритмічного аналізу в сучасній комп'ютерній музикології. *Fine Art and Culture Studies*, 4, 45–52, doi: <https://doi.org/10.32782/facs-2025-4-6>

ГЛИБОКЕ НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ АЛГОРИТМІЧНОГО АНАЛІЗУ В СУЧАСНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ МУЗИКОЛОГІЇ

У статті розглянуто роль систем глибокого навчання (deep learning) у формуванні гіпотези про нову методологію комп'ютерної музикології. Об'єктом дослідження є музикознавчі практики аналізу та інтерпретації музики та комп'ютерна музикологія. Предметом статті є нові технології штучного інтелекту, що можуть бути застосовані в межах музикознавчого аналізу та інтерпретації як інструментарій для об'єктивації естетичного сприйняття, алгоритмічного аналізу акустичних параметрів та використання в музичній освіті.

Мета роботи – обґрунтування гіпотези, згідно з якою технології штучного інтелекту можуть виступати як інструментарій для об'єктивації естетичного сприйняття та алгоритмічного аналізу акустичних параметрів музичного звуку. Особливий акцент зроблено на інтеграції технологій глибокого навчання у професійну діяльність музикантів, звукорежисерів та дослідників.

Методологія. В роботі застосовано систематизацію, а також інтегративний, індуктивний, дедуктивний і порівняльний аналіз концепцій. Теоретичну базу складають наукові джерела з технологій штучного інтелекту в межах досліджень музикознавства та комп'ютерної музикології. Аналіз здійснюється в контексті Music Information Retrieval (MIR) та Music Generation (MG) із застосуванням SWOT-аналізу на прикладі ШІ-системи Suno AI.

Наукова новизна. Полягає в подальшій розробці авторської концепції творчо-технологічного аналізу. У рамках цього підходу музикознавчий і творчо-технологічний аналіз інтегруються з генеративними та освітніми практиками.

Висновки. В умовах розвитку сучасних цифрових технологій комп'ютерна музикологія виходить за межі своєї традиційної парадигми, оскільки глибоке навчання забезпечує виконання таких завдань, як класифікація жанрів, визначення засобів музичної виразності, розпізнавання емоцій та генерація музики, використовуючи об'єктивні акустичні параметри. На основі цього узагальнення висувається гіпотеза, що технології глибокого навчання ШІ можуть виступати як інструмент об'єктивації когнітивних процесів слухового сприйняття, що дозволяє доповнити інструментарій музикознавства та сприяти універсалізації музичного пізнання. Проте, цей процес трансформації та оптимізації вимагає врахування ризиків, пов'язаних зі стандартизацією (формалізацією якості) музичного продукту та потенційним плагіатом.

Ключові слова: комп'ютерна музикологія, глибоке навчання, штучний інтелект, естетичні маркери, музичний аналіз, музична освіта, MIR, інтерпретація, звукорежисура.

Volodymyr DIACHENKO

PhD in Arts, Associate Professor of the Department of Music Production and Sound Directing, National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts Herald, Kyiv, Ukraine, 9 Lavrska St, Kyiv, Ukraine, 02000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1053-7755>

To cite this article: Дьяченко, В. (2025). Глибоке навчання як інструмент алгоритмічного аналізу в сучасній комп'ютерній музикології. *Fine Art and Culture Studies*, 4, 45–52, doi: <https://doi.org/10.32782/facs-2025-4-6>

DEEP LEARNING AS A TOOL FOR ALGORITHMIC ANALYSIS IN CONTEMPORARY COMPUTER MUSICOLOGY

This article examines the role of deep learning (DL) systems in shaping a new methodology for computer musicology. The object of the study is the musicological practices of music analysis and interpretation, as well as computer musicology. The subject is new artificial intelligence (AI) technologies that can be applied within musicological analysis

and interpretation as a tool for objectifying aesthetic perception, algorithmically analysing acoustic parameters, and for use in music education.

Aims. The primary aim is to substantiate the hypothesis that AI technologies can serve as a tool for objectifying aesthetic perception and for the algorithmic analysis of acoustic parameters of musical sound. A particular focus is placed on integrating deep learning technologies into the professional work of musicians, sound engineers, and researchers.

Methodology. The paper employs systematisation, along with integrative, inductive, deductive, and comparative analysis of concepts. The theoretical framework is based on academic sources on AI technologies within the fields of musicology and computer musicology. The analysis is conducted in the context of Music Information Retrieval (MIR) and Music Generation (MG), using a SWOT analysis on the AI system, Suno AI.

Scientific Novelty. The novelty lies in the further development of the author's concept of creative-technological analysis. Within this framework, musicological and creative-technological analysis are integrated with generative and educational practices. The potential of the hypothesis that deep learning technologies can act as a tool for objectifying the cognitive processes of auditory perception is substantiated.

Conclusions. In the context of modern digital technology development, computer musicology is moving beyond its traditional paradigm. This is because deep learning enables tasks such as genre classification, the identification of means of musical expression, emotion recognition, and music generation, all by using objective acoustic parameters. Based on this, a hypothesis is put forward that AI's deep learning technologies can serve as a tool for objectifying cognitive processes of auditory perception. This allows for the expansion of musicology's toolkit and contributes to the universalisation of musical cognition. However, this transformative and optimising process necessitates considering the risks associated with the standardisation of the musical product's quality and potential plagiarism.

Key words: computational musicology, deep learning, artificial intelligence, aesthetic markers, music analysis, music education, MIR, interpretation, sound engineering.

Актуальність проблеми. Використання методів творчо-технологічного аналізу, критичного слухання та комп'ютерного програмного забезпечення, зокрема технологій штучного інтелекту, в межах музикознавчого аналізу та комп'ютерної музикології створює нові можливості для професійної, творчої та освітньої діяльності у сфері музичного мистецтва, музикознавства, звукорежисури.

Роль комп'ютерної музикології в процесах музикознавчого аналізу та інтерпретації значно розширюється, виходячи за межі суто структурного аналізу нотного матеріалу та партитур. Ця галузь набуває значної популярності в міжнародній науковій спільноті, виступаючи інтегрувальним фактором технічного розвитку та дослідження емоційно-когнітивних процесів, естетичних категорій, засобів музичної виразності. Розробники моделей глибокого навчання позначають ці категорії як маркери, які визначаються комп'ютерними системами на основі об'єктивних акустичних параметрів звуку, таких як спектр, сила звуку, частота тощо.

Об'єктом дослідження є музикознавчі практики аналізу та інтерпретації музики, а також комп'ютерна музикологія. Предметом статті є нові технології штучного інтелекту, які можуть бути застосовані в межах музикознавчого аналізу та інтерпретації як інструментарій для об'єктивації естетичного сприйняття, алгоритмічного аналізу акустичних параметрів та використання в музичній освіті.

Проблематика роботи полягає у вивченні ролі цих інструментів у формуванні нових методологічних підходів до аналізу та інтерпретації музичного матеріалу.

Наукова новизна полягає у подальшій розробці авторської концепції творчо-технологічного аналізу, а також у вивченні потенціалу гіпотези, згідно з якою технології глибокого навчання можуть виступати як інструмент об'єктивації когнітивних процесів слухового сприйняття. У рамках даного підходу музикознавчий та творчо-технологічний аналіз інтегруються з генеративними та освітніми практиками.

Методологічною основою роботи є систематизація, інтегративний, індуктивний, дедуктивний та порівняльний аналіз концепцій. Теоретичну базу складають джерела технологій штучного інтелекту в межах досліджень музикознавства та комп'ютерної музикології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Предметом уваги стали наукові праці, присвячені дослідженню застосування технологій штучного інтелекту для аналізу, інтерпретації та генерації музичних сигналів.

Значна частина досліджень зосереджена на стандартизації та відтворюваності даних. Зокрема, формат JAMS (JSON Annotated Music Specification) розглядається як універсальний інструмент для уніфікації анотацій, що забезпечує порівнюваність та мультианотаційність у дослідженнях музичної інформатики (Music Information Retrieval – MIR) (Humphrey, Salamon, Nieto, Forsyth, Bittner,

Bello, 2014, с. 591-596). У рамках класифікації застосувань технологій глибокого навчання (deep learning) у MIR та музичній генерації (*Music Generation – MG*) систематизовано використання згорткових нейронних мереж (*Convolutional Neural Networks – CNN*), мереж тривалої-короткочасної пам'яті (*Long Short-Term Memory – LSTM*), рекурентних нейронних мереж (*Recurrent Neural Networks – RNN*), генеративно-змагальних мереж (*Generative Adversarial Networks – GAN*) та гібридних архітектур, що демонструють високу точність, яка сягає 99% (Moysis, 2023, с. 17031-17052). Окремо характеризуються LSTM-підходи до моделювання музичних послідовностей, що ґрунтуються на попередньому розчленуванні матеріалу за висотою, ритмом, акордами та динамікою (Mon, 2025, с. 229).

У межах аналізу музичної виразності автори кількісно оцінюють виконавські параметри, спираючись на методи машинного навчання (*Machine Learning – ML*) та MIR (Lerch, Grachten, Cancino-Chacón, 2020, с. 36–63). Естетичні маркери досліджуються в роботі, де виявлено, що тембр є провідним чинником естетичного сприйняття китайської традиційної музики (Xie, Wang, Gao, 2024, с. 7). Висвітлюється також емоційний вимір у дослідженнях музичного емоційного розпізнавання (*Music Emotion Recognition – MER*), що демонструють вищу стабільність інтерпретованих моделей, навчених на середньорівневих музичних ознаках (Hoedt, Flexer, Widmer, 2019).

У сфері генерації музичних сигналів розглянуто систему *Suno AI* як приклад автоматизованої композиції, де процес створення аудіо твору зводиться до вибору стилю та назви, що забезпечує автоматичну генерацію за короткий проміжок часу (Nugroho, Manggala, 2024, с. 14-16). Порівняльний аналіз класичної композиції та автоматизованої генерації музики було здійснено за допомогою *SWOT*-аналізу, що дозволило виявити сильні та слабкі сторони технології (Puyt, Lie, Madsen, 2024, с. 333–373; Nugroho, Manggala, 2024, с. 14-16).

Додатковий вимір дослідження торкається інтеграції штучного інтелекту в музичну освіту, що сприяє покращенню виконавських і теоретичних результатів (у таких аспектах, як висота, ритм, читання з листа, нотація, поліфонічне слухання) та формує інтелектуальну аналітику

в управлінні навчальним процесом (Li, Wang, 2024, с. 4183–4192; Zhang, 2025, с. 1–17; Xin, 2025, с. 1–15; Wu, 2025, с. 2836–2848).

Відтак, сучасний стан літератури в межах нашого дослідження охоплює три ключові напрями:

1. Стандартизація даних і метрик (формат JAMS).

2. Розробка та гібридизація архітектур глибокого навчання (LSTM, CNN, GAN) та їх застосування в MIR, MG і MER.

3. Педагогічна ефективність та інтелектуальне управління музичною освітою.

Водночас, проаналізовані праці виявляють низку прогалин у зазначених міждисциплінарних напрямках, що обґрунтовує необхідність подальших наукових досліджень.

Мета дослідження – формування гіпотези згідно з якою технології глибокого навчання можуть бути застосовані в межах музикознавчого аналізу та інтерпретації як інструмент для об'єктивації естетичного сприйняття, алгоритмічного аналізу акустичних параметрів та використання в музичній освіті. Відповідно до мети сформульовано такі завдання дослідження: вивчити існуючі технології глибокого навчання, які застосовуються для аналізу, інтерпретації та генерації музичного матеріалу; визначити специфіку застосування ШІ в музичній освіті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комп'ютерні нейронні мережі, об'єднані в концепцію *глибокого навчання музичних даних (MDL – Music Deep Learning)*, є технологією, що спеціалізується на об'єктивації та розпізнаванні параметрів музичного звуку, а також засобів музичної виразності (Moysis, 2023). Ці моделі функціонують у двох основних напрямках:

- *Music Information Retrieval (MIR)* – пошук та аналіз музичної інформації;
- *Music Generation (MG)* – автоматична генерація музики.

Ключові архітектури нейронних мереж у складі *MDL* мають специфічне призначення в процесі обробки музичного матеріалу:

- *згорткові нейронні мережі (CNN – Convolutional Neural Networks)* ефективні для аналізу локальних особливостей звукових даних, зокрема спектрограм. Це робить їх придатними для класифікації жанрів та розпізнавання інструментів;

- *рекурентні нейронні мережі (RNN – Recurrent Neural Networks)*, зокрема моделі *Long Short-Term Memory (LSTM)*, призначені для обробки послідовних даних. У музиці вони моделюють часові залежності, наприклад, послідовності нот, і можуть генерувати нові музичні сегменти (Mon, 2025);

- *генеративні змагальні мережі (GAN – Generative Adversarial Networks)* складаються з генератора, що створює матеріал, та дискримінатора, що його оцінює. Така взаємодія дає змогу генерувати поліфонічну музику (Moysis, 2023);

- *трансформерні моделі (Transformer models)* використовують механізм уваги (*attention mechanism*) для аналізу глобальних залежностей у музичному сигналі, що дозволяє створювати цілісні та когерентні музичні структури.

Гібридні нейромережеві архітектури ідентифікуються як найбільш перспективні для опрацювання музичного матеріалу, оскільки їхнє застосування охоплює як аналіз, так і генерацію музичного контенту та звукових дизайнерських рішень. Дослідники зазначають, що архітектури *MIR (RNN, LSTM, CNN, GAN та їхні гібридні моделі)* демонструють високу точність (до 97,9 % для класифікації аудіо/мовлення та 99 % для жанрів). Ці моделі успішно застосовуються в системах рекомендацій, класифікації емоцій, розпізнаванні інструментів, тегуванні та транскрипції. Водночас, хоча приклади застосування цих технологій демонструють високу ефективність у конкретних завданнях (наприклад, розпізнавання жанрів або класифікація звукових подій), їхні результати залежать від якості даних і критеріїв оцінки, що вимагає ретельної музикознавчої інтерпретації (Moysis, 2023).

Аналогічно, система аналізу музичного виконання (*AMP – Algorithmic Musical Performance*) у поєднанні з підходами машинного навчання (*ML*) та *MIR* дає змогу кількісно вимірювати та досліджувати ключові виконавські параметри. До них належать темп, тривалість, динаміка, висота (включно з вібрато й інтонацією), артикуляція та орнаментация. Однак, як зазначають автори, об'єктивні виміри цих параметрів не завжди корелюють із суб'єктивним сприйняттям слухачів, оскільки візуальні сигнали, що надходять

від виконавця, також відіграють значну роль у загальному сприйнятті (Lerch, 2020).

Серед досліджень, де нейронні мережі застосовуються для визначення властивостей тембру та естетичних ознак, слід відзначити працю L. Xie. У ній здійснено уточнення й оптимізацію акустичних ознак, що мають на меті автоматизоване естетичне розпізнавання традиційної китайської музики (Xie, Wang, Gao, 2024).

У межах дослідження було розроблено п'ять естетичних категорій для традиційної китайської музики: *LingDong* (жвавий), *JiYang* (хвилюючий), *QingRou* (легкий, ніжний), *ShenChen* (глибокий) та *BeiShang* (сумний). Аналіз важливості високорівневих музичних елементів виявив домінуючу роль тембру (78,2 % від загальної значущості), за яким слідує ритм (16,3 %), висота (3,2 %) та лад (2,3 %).

Встановлено, що тембр є ключовим для диференціації категорій *JiYang* та *BeiShang*, тоді як ритм і лад важливі для розрізнення *LingDong* від *JiYang* та *BeiShang*. Дослідження базувалося на даних з 500 аудіокліпів тривалістю 20–30 секунд, виконаних на 17 музичних інструментах.

Принципи роботи нейромережевих архітектур у музичному аналізі можна пояснити за допомогою технології анотацій. Відповідно до дослідження Е. Humphrey, анотації є набором спостережень, зроблених одним або кількома агентами щодо акустичного музичного сигналу на часовому масштабі пісні чи її окремих частин. Для стандартизації та відтворюваності досліджень авторами було запропоновано формат *JAMS (JSON Annotated Music Specification)*, що розшифровується як *JSON Annotated Music Specification*. Він базується на *JSON (JavaScript Object Notation)* та представляє анотацію як структурований об'єкт із даними, метаданими та «пісочницею» для забезпечення гнучкості. Ключові властивості JAMS: простота синтаксису, структурованість даних та стійкість (наявність вбудованих метаданих і JSON-схеми для валідації) (Humphrey, 2014, с. 591–592).

Дані в JAMS представлені чотирма типами:

- *Observation* (наприклад, тег «gock» для треку);
- *Event* (наприклад, біт на 0.237 с);
- *Range* (наприклад, акорд Eb від 0.237 до 0.512 с);
- *Time series* (наприклад, частоти мелодії 205.340 Гц).

Метадані містять інформацію про корпус, версію, інструменти та куратора (Humphrey, 2014, с. 593–594). Підтримка множинних анотацій дозволяє відображати суб'єктивність, а інтеграція завдань підвищує продуктивність систем (Humphrey, 2014, с. 591).

Емоційна складова музики є предметом досліджень у роботі моделей штучного інтелекту (ШІ), зокрема в напрямі стабільності різних моделей глибокого навчання в контексті розпізнавання емоцій у музиці (Music Emotion Recognition, MER). У дослідженні К. Hoedt, А. Flexer, G. Widmer вивчається робота декількох моделей із різними архітектурами, що оперують двома основними наборами даних:

1. *Soundtracks* містить 360 анованих аудіофрагментів із кінофільмів, класифікованих за п'ятьма дискретними емоційними категоріями (гнів, страх, смutek, щастя, ніжність) та трьома емоційними вимірами (валентність, енергія, напруга). Цей набір призначено для тренування всіх варіантів моделі розпізнавання емоцій (Hoedt, с. 33-34).

2. *Mid-Level Features Dataset* включає анотації проміжних ознак, що мають людську інтерпретацію (мелодійність, артикуляція, ритмічна і тональна стабільність, ритмічна складність, дисонанс, модальність/мажорність), для 5000 фрагментів пісень. Цей набір даних застосовується для тренування прихованого шару в інтерпретованій моделі (Hoedt, с. 33-34).

Застосування технологій штучного інтелекту є доцільним і в музичній освіті. Інтеграція в освітньому процесі об'єктивного аналізу музичних сигналів з використанням технологій *MIR* (*Music Information Retrieval*), *MDL* (*Music Data Learning*), *AMP* (*Audio Music Processing*) та суб'єктивного аудіального сприйняття є важливим чинником у підготовці фахівців. Такий підхід сприяє розвитку слухових навичок, музичної пам'яті та критичного мислення, що підвищує якість та оперативність роботи. Імплементация цих інструментів у навчальний процес і дослідницьку практику надає можливість поєднати теоретичний і практичний рівні підготовки, сприяючи формуванню компетенцій. У звукорежисурі їхнє застосування дає змогу обґрунтувати художні рішення, базуючись на критичному прослуховуванні та творчо-технологічному аналізі фонограм. При цьому, задля уникнення механістичного підходу, важливим

є збереження суб'єктивного, інтерпретативного аспекту, що має забезпечуватися належною методологічною підготовкою.

Наприклад, дослідження підтверджують ефективність такого підходу, демонструючи значне покращення результатів у студентів.

Зокрема, експериментальне впровадження *чат-ботів на основі ШІ у навчання гри на фортепіано* призвело до підвищення загальної академічної успішності учнів на 15% порівняно з традиційними заняттями. Застосування цього додатка забезпечило зростання результатів з гри на фортепіано на 6,51%, сольфеджіо та музичної літератури – на 4%, вокалу – на 0,56% (Li P., Wang B., 2024). Подібні результати отримано в експерименті із «інтелектуальним класом», де персоналізована система рекомендацій забезпечила зростання середніх балів експериментальної групи порівняно з контрольною за такими параметрами, як висота звуку (на 7,72 бали), ритм (на 6,37 бали), читання з листа (на 7,82 бали), нотація (на 6,92 бали) та сприйняття поліфонічної музики (на 8,16 бали) (Zhang, 2025).

Інтеграція музичних технологій ШІ в естетичну освіту сприяє підвищенню естетичного рівня студентів та спрощенню складності навчального процесу, що підтверджено аналізом даних анкетування (Xin W., 2025). Окрім педагогічної сфери, ШІ також відкриває нові можливості для управління музичною освітою, зокрема в оцінюванні якості викладання, розподілі ресурсів та формуванні освітньої політики (Wu Q., 2025).

Звернення до *систем генерації музики* (*Music Generation – MG*) демонструє їхнє зростаюче значення у сфері музичного глибокого навчання. Як засвідчують L. Moysis, сучасні архітектури RNN, LSTM, CNN, GAN та гібридні моделі забезпечують можливість створення поліфонічних і мультитрекових композицій, включно з хоралами у стилі Й. С. Баха, фольклорними й джазовими творами, а також музикою з вокальним супроводом. Важливо, що близько половини зразків, згенерованих у стилі Баха, слухачами ідентифікуються як створені людиною, що свідчить про високий рівень наближення алгоритмічних систем до традиційної композиторської практики (Moysis, 2023).

Подальший розвиток MG пов'язується з такими напрямками, як інтеграція

мульти-модальних вхідних даних, оптимізація моделей з огляду на обчислювальні ресурси, застосування у збереженні музичної спадщини та музикотерапії. Найперспективнішими на даному етапі визнаються гібридні архітектури з механізмами уваги, які забезпечують вищий рівень когерентності та контрольованості музичного матеріалу (Moysis, 2023).

У контексті аналізу систем генерації музики показним є дослідження Y. Nugroho, яке розглядає нейромережу Suno як інструмент «співавторства» у музиці. Автори, спираючись на параметри класичної музичної композиції, створеної людиною, застосовують метод SWOT-аналізу, тобто аналіз сильних і слабких сторін, можливостей і загроз (strengths, weaknesses, opportunities, threats), що є основою їхньої методології (Puyt, 2024, с. 333-373; Nugroho, Manggala, 2024).

Як зазначає Y. Nugroho, традиційний процес музичної композиції є багатостадійним і комплексним. Він включає пошук інспірації, експериментування зі звуком, вибір музичної форми (сонатної, пісенної тощо), розробку мелодії, гармонії та ритмічної організації. Наступними кроками в роботі над твором передбачається аранжування, розробка динамічних та артикуляційних нюансів, графічна фіксація у партитурі, а також виконавська інтерпретація, перетворення в акустичну форму, звукозапис та подальше виробництво. Цей процес вимагає ґрунтовних знань, значних часових витрат (від декількох днів до тижнів) та залучення професійних ресурсів (Nugroho, Manggala, 2024).

На противагу цьому, *генерація музики за допомогою Suno AI* кардинально редукує творчий процес до трьох ітерацій: вибір стилю, створення назви композиції та ініціація процесу за допомогою команди «create», а твір створюється приблизно за одну хвилину. Алгоритм Suno автоматично виконує функції структурної та ритмічної організації, тембрового наповнення, а також зведення та мастерингу (Nugroho, Manggala, 2024).

SWOT-аналіз виявляє суттєві відмінності між двома підходами:

1. Традиційна композиція: *сильні сторони* (strengths): варіативність, унікальність та автентичність результату; *слабкі сторони* (weaknesses): значні часові та ресурсні витрати,

необхідність у спеціалізованих знаннях; *можливості* (opportunities): розвиток професійних навичок, формування індивідуального стилю; *загрози* (threats): ризик витіснення композиторів алгоритмічними системами.

2. Suno AI: *сильні сторони* (strengths): висока швидкість створення, доступність для широкого кола користувачів, автоматизація виробничих процесів (зведення, мастеринг); *слабкі сторони* (weaknesses): відсутність «людського виміру» (емпатії, індивідуальної інтуїції), нестабільність якості кінцевого продукту; *можливості* (opportunities): демократизація музичної творчості, поява нових форматів креативності та взаємодії між людиною і технологією; *загрози* (threats): конкуренція між різними платформами ШІ, ризик плагіату та юридичні проблеми з авторським правом, а також можливе зниження суспільної довіри до автентичності художніх творів.

З наукової точки зору, Suno AI не лише радикально знижує поріг входження у сферу композиції, відкриваючи її для широкого загалу, але й ставить нагальні питання щодо культурної цінності та авторської відповідальності. Ключовим науковим внеском дослідження Y. Nugroho є ідентифікація параметрів, за якими здійснюється генерація музичного твору: стиль, ритмічна організація, структурна схема, темброве забарвлення, автоматичне зведення та мастеринг. Це дозволяє розглядати Suno не просто як інструмент, а як об'єкт дослідження в галузі комп'ютерної музикології (Nugroho, Manggala, 2024).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Застосування новітніх комп'ютерних технологій у сучасному музикознавстві розширює аналіз музичних творів, виходячи за межі традиційного структурного аналізу. Це створює нові методологічні підходи, що поєднують музикознавчі та технологічні практики, інтегруючи аналіз з генеративними й освітніми напрямками.

Розвиток стандартизації в цій галузі (JAMS) відкриває перспективи для уніфікації термінології та збільшення кількості наукових розвідок. Це сприяє як кількісному, так і якісному зростанню академічних досліджень у сфері *комп'ютерної музикології*. Технології *глибокого навчання* MIR (MER, MDL тощо) виступають як ефективний інструментарій для об'єктивації

та кількісного вимірювання естетичних категорій і засобів музичної виразності. Дослідження доводить, що нейромережі можуть ідентифікувати емоційно-когнітивні процеси, використовуючи об'єктивні акустичні маркери.

У межах аналізу музичної виразності та застосування в мистецтвознавстві критично важливим є критерій відбору акустичних маркерів, що в когнітивному сприйнятті трансформуються в естетичні категорії, такі як *тембр, емоція, стиль та жанр*. Аналіз засвідчує, що тембр є домінантним маркером (78,2% значущості) для автоматизованого розрізнення естетичних категорій. Це вказує на потенціал технологій об'єктивно диференціювати емоційні стани та естетичні властивості музики. Поєднання автоматизованих *ШІ-технологій* з аналітико-дедуктивними підходами *творчо-технологічного аналізу та критичного прослуховування* надає музикантам і звукорежисерам потужні можливості для професійної й освітньо-наукової діяльності.

У сфері генерації музичних сигналів (MG), на прикладі *Suno AI*, з'являються нові можливості для створення синтезованих вимірів, що імітують складні акустичні події. Ця технологія стає максимально доступною для людей без музичної освіти, що створює новий конкурентний простір і може сприяти покращенню якості та унікальності авторських композиційних рішень, створених безпосередньо людиною.

Ефективність нейромереж у *музичній освіті* має такі позитивні сторони:

- пришвидшення процесу навчання та запам'ятовування матеріалу завдяки інтерактивній взаємодії з інтелектуальним помічником;
- автоматизація розробки та перевірки теоретичних і практичних завдань;
- можливість покращення навичок здобувачів за рахунок імітації технічних параметрів і тональних ознак звукового обладнання.

Водночас висвітлюються ризики, серед яких стандартизація (формалізація) музичного продукту, редукція індивідуального стилю, потенційна девальвація традиційної композиторської практики, а також *юридичні проблеми* з авторським правом та загроза *ШІ-плагіату* (Nugroho, Manggala, 2024).

На основі проведеного дослідження узагальнено основні тенденції, що дає підстави для формулювання гіпотез щодо подальших наукових розвідок. А саме:

- вихід за межі традиційного музикознавчого аналізу й трансформація музикознавчої методології в комплексну інтелектуально-естетичну практику, що ми пропонуємо в авторській теорії *«творчо-технологічного аналізу»*;
- *комп'ютерна музикологія та музикознавство* потенційно можуть бути доповнені алгоритмічним розпізнаванням, генерацією музики, естетичною оцінкою та застосуванням нової методології в освітніх наукових розвідках, що можливо трансформує та оптимізує універсальну форму музичного пізнання;
- на рівні досліджень у суб'єктивному сприйнятті якості музичних звучань визначається домінантна роль тембру;
- новітні розробки в області штучного інтелекту потребують подальших доопрацювань та вдосконалення, оскільки об'єктивні виміри не завжди корелюють із суб'єктивним сприйняттям слухачів. Це підкреслює, що для повного розуміння музичного твору результати, отримані за допомогою ШІ-технологій, потребують подальшої музикознавчої інтерпретації безпосередньо людиною, яка враховує також суб'єктивні, ретроспективні, візуальні та інші фактори.

Відтак, зазначене відкриває нові напрями для наукових досліджень в галузі музикознавства, комп'ютерної музикології та творчо-технологічного аналізу, що є критично важливими для подальшого розвитку музичного мистецтва й музичної освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hoedt, K., Flexer, A., & Widmer, G. Are Inherently Interpretable Models More Robust? A Study In Music Emotion Recognition : *Proceedings of the 22nd Sound and Music Computing Conference (SMC-25)*. 2025. pp. 1–8.
2. Humphrey, E. J., Salamon, J., Nieto, O., Forsyth, J., Bittner, R. M., & Bello, J. P. JAMS: A JSON Annotated Music Specification for Reproducible MIR Research. In: *Proceedings of the 15th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2014)*. Taipei, Taiwan, 2014. pp. 591-596.
3. Lerch, A., Grachten, M., & Cancino-Chacón, C. Machine Learning and Music Performance Analysis. *Journal of New Music Research*. 2020. Vol. 49, No. 1. pp. 36-63.

4. Mon, Y.-J. LSTM-Based Music Generation Technologies. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 2025. Vol. 14, No. 6. p. 229.
5. Moysis, L., Iliadis, L. A., Sotiroidis, S. P., Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Kokkinidis, K.-I. D., Volos, C., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S., & Goudos, S. K. Music Deep Learning: Deep Learning Methods for Music Signal Processing – A Review of the State-of-the-Art. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. pp. 17031-17052. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3244620>
6. Nugroho, Y. Y. T., & Manggala, P. P. M. D. The Use of AI in Creating Music Compositions: A Case Study on Suno Application. *Y: Atlantis Press*. 2024. C. 177-189.
7. Puyt, R. W., Lie, F. B., & Madsen, D. Ø. From SOFT approach to SWOT analysis, a historical reconstruction. *Journal of Management History*. 2024. Vol. 31, No. 2. pp. 333–373. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMH-05-2023-0047>.
8. Xie, L., Wang, Y., & Gao, Y. Acoustical Feature Analysis and Optimization for Aesthetic Recognition of Chinese Traditional Music. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*. 2024. Vol. 2024, No. 7. <https://doi.org/10.1186/s13636-023-00326-2>
9. Li, P., & Wang, B. Artificial Intelligence in Music Education. *Taylor & Francis*. 2024. Vol. 40, No. 16. pp. 4183-4192.
10. Zhang, L. The Complementary Role of Artificial Intelligence to Traditional Teaching Methods in Music Education and Its Educational Effectiveness. 2025. Vol. 10, No. 1. pp. 1-17.
11. Xin, W. Research on the Function of Artificial Intelligence Music Technology in College Students' Aesthetic Education. *IGI Global Scientific Publishing*. 2025. Vol. 27, No. 1. pp. 1-15.
12. Wu, Q. The application of artificial intelligence in music education management: Opportunities and challenges. *SAGE Publications*. 2025. Vol. 25, No. 3. pp. 2836-2848.

REFERENCES:

1. Hoedt, K., Flexer, A., & Widmer, G. (2025). Are inherently interpretable models more robust? A study in music emotion recognition. In *Proceedings of the 22nd Sound and Music Computing Conference (SMC-25)* (pp. 1–8).
2. Humphrey, E. J., Salamon, J., Nieto, O., Forsyth, J., Bittner, R. M., & Bello, J. P. (2014). JAMS: A JSON Annotated Music Specification for Reproducible MIR Research. In *Proceedings of the 15th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2014)* (pp. 591–596). Taipei, Taiwan.
3. Lerch, A., Grachten, M., & Cancino-Chacón, C. (2020). Machine Learning and Music Performance Analysis. *Journal of New Music Research*, 49(1), 36–63.
4. Mon, Y.-J. (2025). LSTM-Based Music Generation Technologies. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 14(6), 229.
5. Moysis, L., Iliadis, L. A., Sotiroidis, S. P., Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Kokkinidis, K.-I. D., Volos, C., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S., & Goudos, S. K. (2023). Music Deep Learning: Deep Learning Methods for Music Signal Processing – A Review of the State-of-the-Art. *IEEE Access*, 11, 17031-17052. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3244620>
6. Nugroho, Y. Y. T., & Manggala, P. P. M. D. (2024). The use of AI in creating music compositions: A case study on Suno application. In *Atlantis Press* (pp. 177-189).
7. Puyt, R. W., Lie, F. B., & Madsen, D. Ø. (2024). From SOFT approach to SWOT analysis, a historical reconstruction. *Journal of Management History*, 31(2), 333-373. <https://doi.org/10.1108/JMH-05-2023-0047>
8. Xie, L., Wang, Y., & Gao, Y. (2024). Acoustical Feature Analysis and Optimization for Aesthetic Recognition of Chinese Traditional Music. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2024, Article 7. <https://doi.org/10.1186/s13636-023-00326-2>
9. Li, P., & Wang, B. (2024). Artificial Intelligence in Music Education. *Taylor & Francis*, 40(16), 4183–4192.
10. Zhang, L. (2025). The Complementary Role of Artificial Intelligence to Traditional Teaching Methods in Music Education and Its Educational Effectiveness. 10(1), 117.
11. Xin, W. (2025). Research on the Function of Artificial Intelligence Music Technology in College Students' Aesthetic Education. *IGI Global Scientific Publishing*, 27(1), 1-15.
12. Wu, Q. (2025). The application of artificial intelligence in music education management: Opportunities and challenges. *SAGE Publications*, 25(3), 2836-2848.

Дата першого надходження рукопису до видання: 14.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 08.09.2025

Дата публікації: 07.11.2025