

МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ ТА СТРАТЕГІЧНИХ КОМУНІКАЦІЙ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МИСТЕЦТВ
імені І. П. КОТЛЯРЕВСЬКОГО

Кафедра спеціального фортепіано
Кафедра інтерпретології та аналізу музики

**РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
У ДІЯЛЬНОСТІ АКАДЕМІЧНОГО МУЗИКАНТА: 2020-2025 роки**

Магістерська робота
Косс Юлії Олегівни
Науковий керівник:
кандидат мистецтвознавства, старший викладач
Лозенко Катерина Олександрівна

Текст містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело_____

Харків – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
-------------------	----------

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АКАДЕМІЧНОГО МУЗИКАНТА.....9

1.1. Сучасний науковий дискурс та концептуальні рамки дослідження інформаційних технологій в музичній академічній сфері	9
1.2. Ключові напрями розвитку цифрових технологій у професійній діяльності музиканта (2020-2025 р.р.).....	13
<i>Висновки до розділу 1</i>	23

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ АКАДЕМІЧНОГО МУЗИКАНТА.....25

2.1. Дистанційне музикування та взаємодія в режимі реального часу (на прикладі JamKazam, SoundJack, FarPlay, Metronaut).....	25
2.2. Технології штучного інтелекту в професійній діяльності академічного музиканта: аналітичний огляд і практичні приклади застосування	31
<i>Висновки до розділу 2</i>	45

РОЗДІЛ 3. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ІНТЕГРАЦІЇ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТА ІІІ ТЕХНОЛОГІЙ У АКАДЕМІЧНУ МУЗИЧНУ ОСВІТУ ТА ВИКОНАВСЬКУ ПРАКТИКУ.....49

3.1. Ключові напрями та кейси міжнародного досвіду впровадження мультимедійних і ІІІ-технологій у діяльність академічного музиканта.....	49
3.2. Віртуальна та доповнена реальність у музичній освіті й виконавській практиці: педагогічні та художні виміри.....	59

3.3. Сенсорні студії в музичній освіті та виконавській практиці: тілесний, фізіологічний і сценічний виміри.....	64
<i>Висновки до розділу 3</i>	68
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

Упродовж останніх років глобальна цифровізація суттєво прискорилася, охопивши всі сфери культурного й освітнього життя. Масове впровадження цифрових сервісів, хмарних рішень та інтелектуальних технологій змінило не лише способи роботи з інформацією, а й самі моделі творчої взаємодії в музичному середовищі. Інформаційні технології трансформують виконавську та педагогічну, композиторську практики, збагачуючи їх інноваційними засобами, такими як сенсорні студії, VR/AR середовища, інтерактивні платформи для виконавської діяльності, цифрові рішення для дистанційної роботи та навчання. Для професійних музикантів це створює нові можливості для вдосконалення виконавської майстерності, розширення творчих меж і взаємодії з аудиторією. Особливу актуальність ця тема набуває в умовах “ковідного” та “пост-ковідного” періоду, коли використання дистанційних засобів та платформ стало не лише вимушеним заходом, але й перспективним напрямком для розширення творчих можливостей. Таким чином, **актуальність теми** зумовлена швидким розвитком сучасних інформаційних технологій в умовах глобальної цифровізації суспільства та їх впливом на професійну музичну діяльність.

Актуалізація дослідження полягає також в розробці рекомендацій щодо інтеграції інноваційних цифрових технологій у виконавську практику, та мультимедійні проєкти. Особливу увагу приділено застосуванню платформ і застосунків для роботи зі звуком, нотним текстом, ансамблевої взаємодії, а також дослідженню новітніх сенсорних студій і мультимедійних лабораторій для створення інтерактивних проєктів, які об’єднують музику, візуальні ефекти та світлові проєкції. Ці технології є перспективним напрямком для професійних музикантів, що прагнуть розширити межі традиційного мистецтва та залучити нову аудиторію. Таким чином, дослідження спрямоване на вирішення важливих завдань, які включають: систематизацію доступних цифрових інструментів, розробку рекомендацій для їх

ефективного використання та формування наукового підґрунтя для інтеграції інновацій у професійну діяльність музикантів.

Об'єкт дослідження – професійна діяльність академічного музиканта в умовах цифровізації сучасної культури та суспільства.

Предмет дослідження – інформаційні технології та цифрові інструменти, що застосовуються у виконавській, педагогічній, і навчальній діяльності академічного музиканта у 2020-2025 роках.

Мета дослідження – визначити особливості трансформації професійної діяльності академічного музиканта в умовах цифровізації культури та суспільства та систематизувати можливості й способи застосування сучасних інформаційних технологій для її розширення та вдосконалення.

Матеріалом дослідження є сучасні інформаційні технології (цифрові та мультимедійні рішення), що використовуються для інтеграції у професійну діяльність музикантів. Особливу увагу приділено таким компонентам:

Цифрові рішення для дистанційної роботи та навчання:

1) Платформи для онлайн–репетицій та ансамблевої гри: JamKazam, JackTrip, SoundJack, які забезпечують низьку затримку звуку та синхронізацію в реальному часі.

2) Програми для віртуальних ансамблів: Cadenza, SmartMusic, Metronaut які забезпечують можливість синхронізованого спільного виконання музики на відстані.

Штучний інтелект і автоматизація:

1) Інструменти для роботи зі звуком Moises;

2) Інструменти для роботи із нотним текстом.

Мультимедійні технології та інструменти:

1) Сенсорні студії та мультимедійні лабораторії для створення інтерактивних проєктів, які об'єднують музику, візуальні ефекти та світлові проєкції.

2) VR/AR технології для проведення віртуальних концертів, репетицій у віртуальних просторах і створення інтерактивних мистецьких середовищ.

Окрему групу становлять кейси з досвіду провідних міжнародних музичних закладів і наукових центрів щодо інтеграції сучасних технологій у професійну концертну та виконавську діяльність музикантів.

Цей комплекс матеріалів дає змогу не лише оцінити вплив цифрових технологій на професійну діяльність музикантів, але й розробити рекомендації для їх ефективного застосування у виконавській, композиторській, науковій та освітній діяльності.

Методологічну базу роботи складає комплексний підхід, який обумовлює звернення до наступних методів:

- 1) *історичний* – виявляє вплив цифрової трансформації культури на онтологію музичного мистецтва в сучасному світі;
- 2) *структурно–функціональний* – дозволяє визначити роль цифрових інструментів і технологій у виконанні різних функцій музичної діяльності;
- 3) *компаративний* – необхідний для аналізу специфіки різних цифрових інструментів та технологій, з метою виявлення найбільш ефективних рішень.
- 4) *синестетичний* – дозволить виявити принципи візуального відображення музичної фактури за допомогою цифрових інструментів.

Теоретична база. Основні положення магістерської роботи ґрунтуються на взаємодії гуманітаристики, сучасних технологій та точних наук. Використані наукові джерела систематизовані за наступними напрямками:

– *вплив пандемії COVID-19 та війни на професійну діяльність академічного музиканта* : Барановська І. Г. [1], Зварич О. Я. [3], Калюжна О. В. [5], Лі Хунянь [6], Aaberg M. [10], Akarsu S. [11], Anderson A. [12], Beirnes S. [13], Beirnes S., Randles C. [14], Bezemchuk L. [15], Biasutti M. [16], Cheng L., Lam C. Y. [19], Daubney A., Fautley M. [21], Fitzhum E. [23], Hash P. M. [25], Koner K. M., Weaver A. [30], Kong S., Wong W. [31], McClellan E. R. та

ін. [33], Miksza P. та ін. [35], Napoles J. [36], Nichols B. E. [37], Oliveira A. та ін. [39], Savage J. [44], Savage J. та ін. [45], Spieker B., Koren M. [47], Stramkale L. [48], Students' attitudes toward online music education... [49], Thorgersen K. A., Mars A. [50], Ververis A., Apostolis A. [53], Zabanal J. R. A. [57].

– *цифрове навчання та дистанційні формати*: Bucura E. [17], Cayari C. [18], Draper E. A. [22], Goodman S. L. [24], Hietanen L. та ін. [26], Kaschub M. [27], King A. та ін. [29], Mercado E. M. [34], Park Y. J. [41], Ristivojević M. [43], Shaheen M. [46], Thornton L. [51], Tsugawa S. [52].

– *III в діяльності академічного музиканта* : Долінна Є. О. [2], Калуст'ян О. та ін. [4], Сироткіна Ж. О. [7], Собченко Т. В. [8], Яцитушин О., Коваленко О. [9], Kartal Satır U. та ін. [28].

– *цифрові платформи та застосунки для роботи зі звуком та автоматичної транскрипції*: Долінна Є. О. [2], Degli Innocenti E. та ін. [20], Li Z., Anderson M. [32], Park Y. J. [41].

– *цифрові платформи та застосунки для акомпанементу і ансамблевої взаємодії*: Cayari C. [18], Goodman S. L. [24], Hash P. M. [25], NTNU Digital Performance Studio [38], Ristivojević M. [43], Yackley A. [54].

– *технології для віртуальних концертів, VR/AR середовища та сенсорні студії* : Собченко Т. В. [8], Degli Innocenti E. та ін. [20], Kartal Satır U. та ін. [28], Li Z., Anderson M. [32], NTNU Digital Performance Studio [38], Onderdijk K. E. та ін. [40], Prali S. та ін. [42], Yang Q. та ін. [55], Yu S. [56]

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному визначенні ключових тенденцій інтеграції сучасних інформаційних технологій у професійну діяльність академічного музиканта у 2020-2025 роках. Уперше системно проаналізовано:

- 1) Можливості віртуальних інструментів і застосунків (JamKazam, SoundJack, FarPlay RLS, Metronaut, Cadenza, Moises тощо) для

організації дистанційних репетицій, ансамблевого музикування та навчальних практик у режимі реального часу.

- 2) Напрями використання технологій штучного інтелекту в професійній діяльності академічного музиканта як засобу оптимізації навчально–виконавських процесів та розширення творчих можливостей при дотриманні принципів академічної доброчесності.
- 3) Вплив VR/AR–технологій та сенсорних студій на формування нових форматів музичного виконавства й освітніх практик, зокрема у контексті зниження сценічної тривоги, підвищення якості підготовки та профілактики професійних травм.

Практична значимість результатів дослідження визначається можливістю їх використання в курсах «Спеціального фортепіано», «Камерного ансамблю», «Музичної методики та педагогіки», і «Аналізу музичних творів».

Структура. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел (всього джерел 57, 48 із них англійською мовою). Загальний обсяг роботи – 80 сторінок, із них основного тексту – 67 сторінок.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АКАДЕМІЧНОГО МУЗИКАНТА

1.1. Сучасний науковий дискурс та концептуальні рамки дослідження інформаційних технологій в музичній академічній сфері

Останнє десятиріччя стало періодом глибоких трансформацій у музичній освіті та виконавській практиці, спричинених як глобальними технологічними змінами, так і соціальними потрясіннями і кризами. Пандемія COVID-19 та війна в Україні створили безпрецедентні умови, у яких інформаційні технології перетворилися з допоміжного засобу на базовий інструмент комунікації, збереження та подальшого розвитку музичного мистецтва.

Як свідчать вітчизняні дослідження (Барановська, 2022; Зварич, 2021; Калюжна, 2024; Лі, 2025), перехід музичної освіти до дистанційних і гібридних форматів забезпечив безперервність навчального процесу й стимулював формування нової педагогічної культури. Використання електронних освітніх платформ, інтерактивних сервісів та мультимедійних ресурсів активізувало самостійну роботу студентів і підвищило рівень їхньої виконавської мотивації. Долінна (2022) підкреслює, що цифрові технології також сприяли появі алгоритмічних інструментів прогнозування популярності музичних творів і змінили характер професійного аналізу звукового матеріалу.

У міжнародному полі дослідження фіксують, що саме пандемія стала каталізатором масового використання онлайн-платформ і зміни організації занять. Aaberg (2022) описує формати дистанційного викладання у «віртуальній студії» для струнників та адаптації викладачів до відеозв'язку; Akarsu (2021) подає погляди вчителів музики на онлайн-уроки; Nash (2021) аналізує практики шкільних оркестрів у режимі дистанційного навчання; Daubney & Fautley (2021) окреслюють зміни у шкільній музичній освіті в Англії; Biasutti, Philippe & Schiavio (2021) узагальнюють досвід викладання в

дистанційних умовах у різних країнах. Разом ці праці показують не лише зміну каналу взаємодії (офлайн–онлайн), а й перегляд дидактичних рішень (комбінація синхронних/асинхронних форматів, переосмислення ролі цифрових інструментів).

Паралельно у виконавській сфері сформувався феномен «цифрової сцени», який охоплює як онлайн–трансляції, так і інтерактивні середовища для спільного музикування. Дослідники Aaberg (2022), Cayari (2021) та Onderdijk et al. (2021) аналізують появу віртуальних ансамблів і стрімінгових концертів, що надали можливість музикантам реалізовуватися навіть під час ізоляції. До цього кола належать платформи JamKazam, SoundJack, JackTrip, які забезпечують синхронну взаємодію музикантів із мінімальною затримкою звуку, створюючи ефект живого ансамблю.

Для піаністів та інших академічних виконавців це означало нові вимоги: поєднання технічної майстерності з цифровими компетенціями – роботою зі звукозаписом, мікрофонами, акустичною обробкою, візуальною подачею. У цьому контексті особливо актуальними стали програми Audacity (для редагування звуку), Moises (для виділення партій і аналізу тембрального балансу) та Chordify (для гармонічного розбору творів). Ці інструменти не лише розширюють можливості виконавця, але й сприяють розвитку навичок аудіоаналітики та саморефлексії – важливих компонентів професійної підготовки музиканта.

Також і в українському контексті цифрові технології виконують культуроутворювальну функцію. Як зазначає Fitzhum(2023), навіть у кризових умовах війни дистанційна музична освіта залишаються засобом підтримки психологічної стійкості та національної ідентичності. Bezemchuk (2023) підкреслює, що використання онлайн–сервісів в Україні сприяє підвищенню мотивації студентів і формує у них навички міжкультурної комунікації.

Особливої уваги заслуговують новітні технології VR/AR та сенсорні студії, які поєднують аудіо–візуальний та фізичні компоненти музичної

діяльності. Sobchenko (2024) і Stramkale (2022) описують інтеграцію віртуальної реальності у музичну педагогіку як нову форму синестетичного навчання, що активізує слухо–зорову координацію і творче мислення. Подібні технології застосовуються у мультимедійних лабораторіях провідних університетів – Berklee College of Music, Royal College of Music, NTNU Digital Performance Studio, де використовуються середовища на базі Max/MSP та інтерактивні сенсорні платформи.

Іншим напрямом цифровізації музичної сфери є впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ), які поступово інтегруються як у творчу, так і в освітню діяльність музикантів. Дослідницький інтерес до цієї проблематики зростає, адже ШІ здатен не лише оптимізувати навчальний процес, а й трансформувати саму природу музичного пізнання та виконавської інтерпретації. У праці Калуст'ян, Остапчук–Будз і Ковлевої (2023) розглядаються глобальні тенденції формування нового типу музичного фахівця – педагога та виконавця, який володіє компетентностями у сфері інформатики, аналітики даних і цифрового мислення. Автори підкреслюють, що майбутня професійна підготовка музикантів має орієнтуватися на інтеграцію алгоритмічних інструментів і систем ШІ у навчальний процес. Такі системи можуть виконувати функції інтелектуальних помічників – від аналізу музичних текстів до створення навчальних кейсів і практичних завдань, що формують критичне мислення. Особливу увагу в дослідженні приділено необхідності оновлення змісту музичної освіти з урахуванням запитів суспільства, заснованого на штучному інтелекті. Сироткіна (2023) акцентує увагу на прикладному аспекті використання ШІ в процесі підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва. Авторка наводить конкретні приклади інструментів генерації контенту та аудіо–аналітики, які можна інтегрувати у фахову підготовку студентів. Йдеться, зокрема, про застосування нейромережевих програм для створення акомпанементів, гармонічного аналізу та розпізнавання інтонацій. У центрі її уваги – формування інформаційної грамотності та етичної

відповідальності майбутнього педагога–музиканта, який має усвідомлено використовувати можливості ШІ як допоміжного, а не замінювального ресурсу. Значний внесок у розкриття потенціалу штучного інтелекту в музичній сфері зробили Яцитушин і Коваленко (2024), які зосереджують увагу на проблемі музичної самоосвіти дорослих із використанням технологій ШІ. У своїй роботі автори аналізують сучасні тенденції розвитку програмного забезпечення для створення електронної музики, що базується на алгоритмах машинного навчання. Вони підкреслюють, що такі програми постійно вдосконалюються: до вже існуючих цифрових платформ додаються нові модулі.

Водночас автори наголошують, що широке впровадження ШІ у музичну галузь породжує низку етичних і педагогічних викликів. Серед них – питання визначення авторських прав, зменшення частки людської креативності, а також втрата емоційної автентичності у творах, згенерованих алгоритмами. Незважаючи на ці суперечності, дослідники вважають, що інтеграція штучного інтелекту відкриває якісно нові можливості для розвитку музичної самоосвіти, розширення доступу до творчості та демократизації музичного простору.

У межах практичного виміру музичної діяльності приклади подібних систем включають інноваційні сервіси Suno AI (створення навчальних і творчих треків на основі генеративних моделей), Moises (виділення вокальних і інструментальних партій для самостійного аналізу), NotebookLM (інтелектуальна обробка текстових і звукових матеріалів для дослідницьких завдань). Такі інструменти стають невід’ємною складовою сучасної цифрової культури музиканта, поєднуючи аналітичний, виконавський і педагогічний аспекти професійної діяльності.

Таким чином, сучасний науковий дискурс свідчить, що інформаційні технології у музичній сфері формують нову парадигму творчості, навчання й комунікації. Вони забезпечують інтеграцію акустичного, візуального та когнітивного вимірів, створюючи умови для появи цифрового музиканта–

дослідника, здатного поєднувати традиційну виконавську культуру з інноваційними мультимедійними та штучно-інтелектуальними практиками. Варто зазначити про поступовий перехід від експериментального використання окремих ШІ-сервісів до системного формування штучно-інтелектуальної екосистеми музичної освіти. Її метою є не лише автоматизація рутинних процесів, а передусім – розвиток творчого потенціалу, критичного мислення та аналітичних здібностей майбутніх музикантів.

Розділ 1.2. Ключові напрями розвитку цифрових технологій у професійній діяльності музиканта (2020-2025 р.р.)

Період 2020-2025 років став точкою неповернення для музичного світу. Події глобального масштабу – пандемія COVID-19 і війна в Україні – не просто змінили умови праці музикантів, а докорінно переосмислили способи творчості, навчання й комунікації. Цифрові технології, що ще донедавна виконували допоміжну роль, стали новим середовищем існування академічного музиканта. Важливі зміни, які сталися в результаті пандемії не лише прискорили процеси цифровізації, але й кардинально змінили підходи до музичної освіти, професійної практики та культурної діяльності. Перехід до цифрових платформ і технологій є історичним етапом, що по суті переосмислює і розширює можливості для розвитку музичної діяльності в умовах глобальних викликів.

Пандемія COVID-19 стала каталізатором швидкого переходу до цифрових платформ в музичній освіті та професійній діяльності. Це явище можна розглядати як історичний етап, подібний до попередніх технологічних революцій, таких як винахід фонографа або впровадження Інтернету в музичну професійну діяльність.

Дистанційне та гібридне навчання.

Для музичної академічної сфери, що традиційно базувалася на безпосередній комунікації «викладач–учень» і практичній взаємодії, це стало

справжнім випробуванням, але водночас і потужним поштовхом до модернізації.

Платформи Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, MusicFirst, Moodle стали віртуальними аудиторіями, де проводилися уроки, лекції, заліки, іспити та репетиції. Цей формат спочатку сприймався як вимушений, однак поступово перетворився на повноцінну форму навчання. Викладачі розробляли інтерактивні заняття, створювали відеоінструкції, електронні методичні матеріали, використовували екрани для демонстрації партитур і вправ.

Такі зміни призвели до переосмислення педагогічних стратегій, внаслідок чого сформувалася нова модель музичної освіти – цифрово-інтерактивна.

У зарубіжних дослідженнях (Aaberg, 2022; Biasutti, Philippe & Schiavio, 2021; Daubney & Fautley, 2021) зазначається, що дистанційне навчання стимулювало розвиток зміненого педагогічного мислення – тобто усвідомлення викладачами власних методик і їхньої ефективності в нових умовах.

Замість демонстраційного стилю викладання почала домінувати партнерська взаємодія, коли студент виступає активним співтворцем навчального процесу. Уроки музики перетворилися на дослідницький діалог, де викладач не лише передає знання, а й навчає самостійності, аналітичного слухання й критичного мислення.

Значного поширення набуло гібридне навчання, що поєднує онлайн і аудиторні формати. Така модель дала змогу зберегти елементи живої практики (ансамблеве музикування, концертні виступи), доповнивши їх перевагами цифрового середовища – гнучким графіком, мультимедійною підтримкою, необмеженим доступом до матеріалів і можливістю повторного перегляду занять. Педагоги відзначають, що цей формат підвищив рівень саморефлексії студентів, адже записані заняття дозволяли детально аналізувати власне виконання.

У постковідний період (2022–2025) цифровізація перестала бути вимушеним явищем і стала органічною частиною освітнього простору. Музичні університети почали активно використовувати хмарні сервіси, інтерактивні платформи для спільної роботи, цифрові нотні редактори (Sibelius, Noteflight, Flat.io), а також програми аудіоаналізу (Audacity, Moises, Chordify).

З'явилися віртуальні ансамблі, які дають змогу студентам виконувати твори разом у реальному часі за допомогою платформ JamKazam, JackTrip або SoundJack. Такі форми роботи сприяють не лише розвитку технічних навичок, а й формуванню нових компетентностей – цифрової комунікації, медіаграмотності, самоменеджменту.

Важливим наслідком цього періоду стало формування нової ролі викладача. Тепер він не лише носій професійних знань, а й куратор освітнього середовища, здатний орієнтуватися в цифрових ресурсах, керувати онлайн-групами, поєднувати аудіо–, відео– й текстові матеріали, створювати персоналізовані траєкторії навчання. У свою чергу, студенти отримали більше свободи та відповідальності, а також можливість навчатися у власному темпі, що особливо важливо для виконавських дисциплін.

Для української музичної освіти цифрова трансформація мала подвійний вимір: пандемія і війна одночасно стали викликом і стимулом. Попри складні умови, навчальні заклади зуміли забезпечити безперервність навчального процесу, зберегти академічні стандарти й навіть розширити міжнародні зв'язки. Як зазначають Bezemchuk (2023) та Fitzhum (2023), використання онлайн-освіти в Україні сприяло розвитку самоорганізації, мотивації, міжкультурної комунікації та підтримувало психологічну стійкість студентів і викладачів.

Дистанційне навчання, особливо в умовах війни, стало не лише педагогічною, а й гуманітарною місією – способом збереження професійної ідентичності та культурної єдності. Музика, виконана у віртуальному

просторі, набула нових функцій: вона стала засобом підтримки, спільності та духовного опору.

Отже, цифрова трансформація музичної освіти в умовах пандемії та війни не просто забезпечила її безперервність – вона переформатувала саму систему музичної педагогіки. Відбулася зміна від ієрархічної моделі “викладач – учень” до мережевої моделі “педагог – фасилітатор – студент–дослідник”, де головними цінностями стають самонавчання, цифрова грамотність і здатність інтегрувати технології в творчий процес. Цей досвід створив фундамент для подальшого оновлення музичної освіти та її стійкості перед будь-якими глобальними кризами.

Цифровізація виконавської діяльності.

Пандемія COVID-19 стала не лише випробуванням для музичних освітніх закладів, а й радикально змінила саме поняття виконавської практики. Коли концертні зали по всьому світу були зачинені, музиканти втратили звичний простір публічного виступу. Водночас саме цей період став поштовхом до народження феномена, який дослідники означають як «цифрова сцена» – простір, у якому виконання, комунікація й сприйняття відбуваються через мережеве середовище.

У 2020-2021 роках концертна діяльність у більшості країн перейшла в онлайн-формат. Платформи YouTube Live, Facebook Live, Twitch, Vimeo, Instagram стали головними каналами комунікації між артистом і слухачем. Музиканти транслювали сольні концерти, камерні виступи, лекції-перформанси, майстер-класи. Так виникла нова форма сценічної присутності, де аудиторія більше не є пасивним спостерігачем, а стає активним співучасником через коментарі, реакції, онлайн–донати, чати та інтерактивні опитування. Цифрові платформи дали змогу зберегти безперервність концертного життя і водночас відкрили нові формати презентації музики. З’явилися «віртуальні концертні зали» – спеціально розроблені простори для онлайн–трансляцій із якісним звуком, відео та можливістю взаємодії між

артистами й глядачами. У результаті розширилося саме поняття музичної сцени: вона перестала бути лише фізичним місцем і стала інтерактивним середовищем.

Одним із найважливіших викликів пандемії стала неможливість колективного музикування. Однак завдяки інноваційним платформам – JamKazam, JackTrip, SoundJack, Jamulus – музиканти отримали змогу грати синхронно, долаючи часову затримку сигналу. Ці сервіси використовують спеціальні алгоритми передачі аудіо в реальному часі, що створює ефект спільної репетиції або виступу навіть на відстані тисяч кілометрів.

Такі віртуальні ансамблі стали не лише технічним рішенням, а й новим художнім явищем. Як зазначають Onderdijk та співавт. (2021), спільні онлайн-виступи створюють відчуття «цифрової спільності» – особливої форми взаємодії, де колективна енергія переноситься в медіа-простір. Музика у таких форматах набуває подвійного виміру: акустичного (звучання) і візуального (присутності на екрані), що формує новий тип концертного досвіду.

Обмеження публічних виступів стимулювали розвиток домашніх студій звукозапису. Музиканти, педагоги та студенти почали використовувати власні технічні ресурси для запису концертних програм, конкурсних відео, презентацій або аудіо альбомів. Програми Pro Tools, Logic Pro, Cubase, Audacity стали стандартом професійної роботи навіть у домашніх умовах.

Завдяки цьому відбулася демократизація концертного виробництва: для запису й поширення музики більше не потрібні великі студії чи продюсерські центри. Академічний музикант став самодостатнім у питаннях підготовки, монтажу, пост-продакшну та публікації власних виступів. Цей процес сформував нову рису професійної ідентичності музиканта – самопродюсування, яке включає не лише творчу, а й технічну, комунікаційну та маркетингову компетентність.

У постковідний період (2022-2025) цифрові концерти перестали бути тимчасовим заміником офлайн-подій і стали самостійним жанром.

Музиканти почали поєднувати живі виступи з онлайн-стрімінгом, створювати гібридні формати, які дають змогу розширити аудиторію й географію слухачів. З'явилися спеціальні цифрові фестивалі та міжнародні онлайн-проекти, у яких беруть участь виконавці з різних країн без необхідності фізичних подорожей. У такий спосіб змінився і сам тип сценічного сприйняття: слухач більше не просто «споживає» концерт, а стає його учасником – коментує, ділиться фрагментами, впливає на хід події в реальному часі. Межа між артистом і аудиторією поступово розмивається, що створює нову соціальну динаміку музичного процесу.

В умовах війни цифровізація концертної діяльності в Україні набула особливого значення. Онлайн-платформи стали не лише засобом виступу, а й інструментом культурної дипломатії та психологічної підтримки. Музиканти проводили благодійні трансляції, онлайн-фестивалі, тематичні концерти на підтримку Збройних сил України, поєднуючи мистецтво й громадянську позицію. Багато виконавців працювали з іноземними партнерами у форматі віддалених колаборацій – це дало змогу зберегти міжнародну присутність української музики та зміцнити її вплив у глобальному інформаційному просторі. Таким чином, цифрова сцена стала не лише технічним рішенням, а й символом культурної стійкості та неперервності українського музичного життя.

Спираючись на сучасні дослідження, ми можемо зробити висновок, що цифровізація виконавської діяльності докорінно змінила роль музиканта в сучасному світі. Він більше не обмежується сценою – стає медіа-творцем, продюсером, технічним фахівцем і комунікатором.

Онлайн-платформи, віртуальні ансамблі, домашні студії та цифрові концерти сформували нову екосистему виконавства, де творчість, технологія й спілкування нерозривно поєднані. Пандемія й війна лише прискорили цей процес, показавши, що навіть у кризових умовах музика здатна адаптуватися, віднаходити нові форми буття й об'єднувати людей – незалежно від відстаней. Саме тому цифрове виконавство сьогодні – не альтернатива, а

новий вимір професійної музичної діяльності, який продовжує активно розвиватися.

Новітні музичні технології та інноваційні напрямки(ідеї) розвитку

Постковідний період (2022-2025) став часом активного розвитку новітніх музичних технологій, що поєднують традиційні художні засоби з цифровими інструментами, мультимедіа та сенсорними середовищами. Якщо під час пандемії технології забезпечували безперервність навчання, то нині вони стали повноцінним творчим ресурсом, який розширює поняття музичної діяльності. Одним із провідних напрямів стала інтеграція мультимедійних технологій у навчальну та виконавську практику.

Сучасні музиканти активно використовують поєднання звуку, відео, світла, анімації та інтерактивної графіки. Такі засоби дають змогу створювати нові формати сценічних дій – концерт-візуалізації, відеоперформанси, інтерактивні вистави. Мультимедійний підхід поступово входить і в педагогічну практику: завдяки цифровим платформам Audacity, Moises, Chordify, YouTube Studio студенти можуть аналізувати структуру твору, гармонію, темброву палітру та форму, поєднуючи слуховий і зоровий аналіз. Це сприяє формуванню аналітичного мислення, саморефлексії й розумінню музики як цілісного аудіовізуального процесу.

Важливою тенденцією є розвиток сенсорних лабораторій і мультимедійних студій, у яких музика досліджується через рух, світло та простір. Такі лабораторії створені в провідних навчальних закладах світу – Berklee College of Music, Royal College of Music, NTNU Digital Performance Studio – і спрямовані на поєднання традиційного виконавства з цифровими інтерфейсами. У подібних середовищах застосовуються технології рухового аналізу, інтерактивних сенсорів, проєкцій і 3D-звуку, що дозволяють вивчати музичний жест і акустику як взаємопов'язані явища.

Сучасні дослідження доводять ефективність використання віртуальних і сенсорних технологій у навчанні. Зокрема, Yu (2023) показує, що середовища віртуальної реальності сприяють підвищенню мотивації та вдосконаленню

сенсомоторної координації під час навчання гри на інструменті. Подібні результати наводять Degli Innocenti, Ricci та Petrucci (2019), які підкреслюють, що мобільна VR-технологія покращує сприйняття музичних жанрів і розвиває просторово-звукову уяву студентів. Такі дослідження підтверджують потенціал віртуальних середовищ для формування міжсенсорних зв'язків у музичній освіті. В українських реаліях ця практика лише набирає обертів, проте вже інтегрується у навчальні дисципліни, пов'язані з імпровізацією, сценічною культурою та звукорежисурою.

Ще одним інноваційним напрямом є поєднання різних програмних середовищ і платформ, що формують єдину екосистему музичної діяльності. Сучасні музиканти комбінують Suno AI (створення аранжувань і треків), Moises (розділення партій і тембровий аналіз), Audacity (редагування звуку), NotebookLM (обробка текстових і дослідницьких матеріалів) та Chordify (гармонічний розбір). Інтеграція цих інструментів у навчальний процес сприяє розвитку цифрової грамотності, навичок аудіоаналітики, проєктного мислення й підготовці до сучасних вимог музичної індустрії.

Перспективним напрямом залишається використання VR/AR-технологій, що створюють ефект повного занурення у музичне середовище. Kartal Satır, Koç і Canbek (2024), зазначають, що застосування VR/AR-технологій та концепції метасередовища в освіті відкриває можливості для побудови інтерактивних, занурених у звук і візуальний простір освітніх форматів, що поєднують науку, мистецтво й технологію. Віртуальні студії дозволяють студентам моделювати сценічні ситуації, експериментувати з акустикою, візуалізацією звуку та просторовим розміщенням виконавців.

Ці технології формують у майбутніх музикантів відчуття сценічної присутності, просторового мислення та візуально-звукової взаємодії. Технологічні зміни стирають межі між музикою, візуальним мистецтвом, театром і навіть наукою. Музиканти дедалі частіше взаємодіють із іншими галузями, створюючи спільні проєкти. Отже, розвиток мультимедійних і

сенсорних технологій зумовлює появу нового типу музиканта – інтерактивного, технологічно компетентного й творчо гнучкого, який поєднує традиційну виконавську культуру з цифровими засобами вираження. Такі інновації не замінюють академічну традицію, а, навпаки, збагачують її, відкриваючи нові горизонти музичної творчості у цифрову добу.

Використання штучного інтелекту: ризики, виклики та академічна доброчесність.

Інтеграція технологій штучного інтелекту (ШІ) у музичну освіту й професійну діяльність музикантів стала одним із найпомітніших трендів останніх років. У період після пандемії (2022–2025) ШІ перетворився із допоміжного технічного засобу на інтелектуального партнера, що здатен аналізувати, створювати та моделювати музичні процеси. Його застосування охоплює широкий спектр завдань – від генерації мелодій, акомпанементів, гармонічного аналізу до оптимізації навчального процесу та цифрової аналітики у музичних академіях.

Сучасні дослідження (Miksza, Parkes, Russell & Bauer, 2021; Anderson, 2024; Spieker & Koren, 2021; Сироткіна, 2023; Калуст'ян, Остапчук–Будз і Ковлева, 2023) засвідчують, що впровадження ШІ у музичну освіту має двоїстий характер. З одного боку, такі технології розширюють можливості для індивідуалізації навчання, дозволяють студентам працювати у власному темпі, отримувати автоматичний зворотний зв'язок і використовувати інтелектуальні підказки для вдосконалення техніки гри чи композиційної роботи. З іншого боку, постає низка викликів, пов'язаних із етичними, творчими та академічними аспектами їхнього використання.

У практичному вимірі найбільш поширеними стали інструменти Suno AI, Ampere Music, AIVA, Moises, Audacity та Chordify, що застосовуються для аналізу звуку, створення навчальних треків, акомпанементів і тренувальних вправ. Такі платформи дозволяють студентам самостійно експериментувати з фактурою, ритмом і тембром, створювати власні музичні рішення без

постійної участі викладача. Подібний підхід сприяє розвитку творчої ініціативи, але водночас вимагає від педагога нових компетентностей – зокрема, вміння оцінювати межі академічної доброчесності у використанні алгоритмічних продуктів (Сироткіна, 2023). Калустьян, Остапчук–Будз і Ковлева (2023) підкреслюють, що майбутня професійна підготовка музикантів має передбачати інтеграцію алгоритмічних систем у навчальний процес, але з обов’язковим розвитком критичного мислення та розуміння принципів роботи ШІ.

Лише за цієї умови технології не витісняють творчість, а стають її розширенням. Аналогічної думки дотримується Anderson (2024), яка звертає увагу на зміну освітніх програм, зумовлену автоматизацією частини аналітичних завдань, і наголошує на небезпеці формування «пасивного користувача технологій» без музичного мислення.

Важливою проблемою стає академічна доброчесність. Використання генеративних моделей для створення музики або текстів (зокрема, у програмах типу ChatGPT, Suno AI чи NotebookLM) породжує питання авторства, оригінальності та правомірності використання штучного контенту. Як наголошує Spieker & Koren (2021), надмірна автоматизація творчого процесу може призвести до зниження рівня художньої рефлексії та «стандартизації музичного мислення».

У цьому контексті особливого значення набувають освітні курси, що формують у студентів етичну культуру використання технологій, здатність розрізняти допомогу ШІ й академічне шахрайство.

У науковій і педагогічній спільноті все більше підтримується думка, що завдання викладача – навчити майбутнього музиканта не уникати технологій, а мислити через них. Як зазначає Sobchenko (2024), синергія штучного інтелекту, VR-технологій та аудіовізуальної аналітики відкриває новий рівень міждисциплінарності, але потребує формування етичної відповідальності.

У цьому контексті питання академічної доброчесності виходить за межі заборон – воно перетворюється на ціннісну позицію, що формує професійну свідомість сучасного музиканта.

Отже, використання ІІІ у музичній освіті та практиці вимагає не лише технічної грамотності, а й глибокого етичного, творчого та методичного осмислення. Воно відкриває нові горизонти для розвитку музичного мислення, але водночас вимагає від академічної спільноти переосмислення понять авторства, оригінальності та освітньої відповідальності.

Висновки до розділу I

Розвиток цифрових технологій у музичній освіті та професійній діяльності впродовж останніх років засвідчив глибоку трансформацію всієї системи музичного навчання й творчості. Пандемія COVID-19 стала каталізатором переходу до нової цифрової парадигми, в межах якої традиційні форми викладання, виконавства й науково-дослідної роботи набули гібридного характеру. Онлайн-платформи, віртуальні інструменти, інтерактивні застосунки та мультимедійні ресурси створили підґрунтя для формування інноваційного освітнього середовища, що поєднує академічні традиції з гнучкістю цифрових технологій.

У ковідний та постковідний періоди (2020-2025) вищі музичні заклади України і світу активно впроваджували дистанційні та змішані форми навчання, платформи для віртуального музикування (Jamulus, JackTrip, SoundJack), цифрові редактори нотного тексту та сервіси для аналітики звуку. Ці процеси сприяли не лише підтримці безперервності освітнього процесу, а й розширенню професійних компетентностей майбутніх музикантів.

Суттєвим етапом стала поява мультимедійних студій та сенсорних лабораторій, де музика розглядається як просторово-часовий і міждисциплінарний феномен. Такі середовища, поширені у провідних закладах світу (Berklee College of Music, NTNU Digital Performance Studio, Royal College of Music), започатковують нову модель навчання через

інтерактивний досвід, рух і візуально–звукову взаємодію, що формує в студентів просторове мислення та креативну мобільність. Інтеграція цифрових платформ (Moises, Audacity, Suno AI, Notebook LM, Chordify) у навчальний процес довела ефективність поєднання традиційних методів із цифровими засобами аналітики та саморефлексії.

Разом із цим, швидкий технологічний прогрес актуалізував питання етики та академічної доброчесності. Використання систем штучного інтелекту в музичній освіті потребує не лише технічної грамотності, а й усвідомленого ставлення до авторства, оригінальності та творчої відповідальності. ШІ здатен стати потужним інструментом розвитку музичного мислення, якщо його інтеграція супроводжується формуванням етичних орієнтирів і критичного аналізу результатів алгоритмічної діяльності.

Отже, цифровізація музичної освіти – це не лише перехід до нових форматів, а суттєве розширення способів організації професійної діяльності музиканта, що об'єднує науково-педагогічні, виконавські та творчі виміри у спільному інформаційно-технологічному просторі. Вона формує образ музиканта нового типу – мобільного, міждисциплінарного, технологічно обізнаного, здатного реалізовувати себе в глобальному культурному середовищі XXI століття.

Розділ 2 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ АКАДЕМІЧНОГО МУЗИКАНТА

2.1 Дистанційне музикування та взаємодія в режимі реального часу (на прикладі **JamKazam**, **SoundJack**, **FarPlay**, **Metronaut**)

Для проведення ефективних онлайн-уроків і майстер-класів важливо, щоб платформа чи програма забезпечувала хорошу синхронізацію звукових доріжок та мінімальну затримку між учасниками. Всі згадані нижче програми мають інструменти для налаштування звуку, розширюють можливості проведення майстер-класів, репетицій, концертних виступів і тд. Музиканти з різних куточків світу можуть взаємодіяти між собою зі допомогою програм і застосунків зазначених нижче. Також програми дозволяють кожному учаснику чітко чути свої звукові доріжки, не заглушаючи інших, що є критичним для музичних занять.

JamKazam – це спеціалізована десктопна платформа для онлайн-репетицій та майстер-класів у реальному часі, яка забезпечує надзвичайно низьку затримку передачі звуку (10-15 мс). Завдяки цьому музиканти можуть виконувати твори синхронно, навіть перебуваючи у різних містах або країнах.

Варто зазначити, що при тестуванні данної платформи, було виявлено, що вона орієнтована насамперед на професійних музикантів і педагогів, які потребують високої якості аудіо, незалежності доріжок та можливості регулювати баланс і міксування звуку кожного учасника. Проте його використання у вищих навчальних закладах можливе переважно у форматі професійних онлайн-майстер-класів, тоді як для регулярних занять і репетицій студентів потрібні мобільні, більш доступні аналоги.

Попри винятково високу якість передачі звуку, **JamKazam** вимагає дротового з'єднання Ethernet до пристрою що значно обмежує його використання в умовах дистанційного навчання, особливо серед студентів,

які користуються ноутбуками без LAN-порту або мобільними пристроями. Хоча JamKazam не підтримує мобільні підключення для активних учасників–виконавців, однак платформа має можливість трансляції майстер–класів у реальному часі через YouTube, що забезпечує широке охоплення аудиторії та інтерактивність навчального процесу навіть серед тих студентів, які не мають доступу до комп'ютера з дротовим з'єднанням.

JamKazam підтримує проведення прямих трансляцій на YouTube Live, Facebook Live або власні стрім–сервери через RTMP-посилання, що робить платформу зручною для публічних майстер–класів. У меню “Broadcast” (або “Live Broadcast” у нових версіях) викладач створює сесію, обирає параметр трансляції, вводить RTMP-посилання та ключ потоку, після чого відео автоматично передається у прямому ефірі. Це дає змогу проводити майстер–класи у високій якості звуку та забезпечувати доступ до них студентам і глядачам з будь–яких пристроїв.

Основні можливості:

- Синхронна взаємодія у реальному часі з кількома учасниками (до 10 і більше осіб в одній сесії). Одна з основних переваг JamKazam – це можливість одночасного підключення кількох учасників. Всі можуть грати разом, взаємодіяти та синхронізувати свої партії, що є важливим для ансамблевих репетицій і групових майстер–класів. Платформа дозволяє викладачам та студентам налаштовувати рівні звуку кожного учасника в сесії. Це дає змогу чітко балансувати звучання, щоб не заглушати окремі звукові доріжки або інструменти.
- Є можливість додавати ефекти, такі як реверберація, щоб імітувати ефекти концертного залу або студії.
- Інтеграція з DAWs (цифровими робочими станціями). JamKazam підтримує інтеграцію з популярними DAWs, такими як Ableton Live, Logic Pro, Pro Tools, що дає змогу створювати складні композиції та репетирувати з багатьма музикантами одночасно. Музиканти можуть використовувати свої звичні інструменти для запису і змішування звуків.

- Інструменти для запису та обміну музикою. Музиканти можуть записувати свої виступи під час репетицій і зберігати їх для подальшого аналізу або обміну з іншими учасниками. Це зручний інструмент для викладачів, які хочуть прослухати виконання своїх учнів і надати зворотний зв'язок. Функція запису в реальному часі також дає змогу студентам або учасникам майстер–класів аналізувати свої партії та працювати над покращенням техніки.

Програма зарекомендувала себе як високо-стабільна і не складна у підключенні. Інтерфейс програми простий і інтуїтивно зрозумілий будь-якому користувачу, що дозволяє легко організувати сесію, підключити учасників і розпочати гру без технічних складнощів. Важлива перевага данного застосунку від інших полягає в регулюванні гучності та панорами кожного інструмента, створення власного міксу. Також програма забезпечує підтримку високоякісного стереозвуку з низьким рівнем шумів, запис аудіо та відео під час занять або репетицій для подальшого аналізу, інтеграції з професійними DAW-системами (Ableton Live, Logic Pro, Pro Tools).

Під час дослідження та у результаті практичного тестування платформи JamKazam було виявлено низку технічних обмежень, що впливають на ефективність її використання у виконавській та освітній діяльності.

В першу чергу слід відзначити відсутність мобільної версії, що зумовлює необхідність роботи лише на персональних комп'ютерах. Крім того, для забезпечення стабільного зв'язку під час музичних сесій потрібне дротове підключення до Інтернету. Використання бездротового з'єднання (Wi-Fi) можливе, однак воно спричиняє помітне збільшення затримки звуку, тому розробники рекомендують підключення через Ethernet–кабель як обов'язкову умову для досягнення мінімальної латентності та коректної взаємодії між учасниками сесії. Високі системні вимоги обмежують доступність у масовій освіті, особливо в умовах воєнного стану, коли

більшість студентів користуються смартфонами або мають нестабільне інтернет-з'єднання.

Таким чином, можна зробити висновок, що JamKazam є прикладом технологічно досконалого, але ресурсомісткого рішення, що демонструє майбутнє реального дистанційного музикування. Попри те, що нині платформа вимагає дротового підключення до Інтернету, музична спільнота активно очікує появи мобільного застосунку JamKazam і впровадження стабільної роботи через Wi-Fi, що дало б змогу розширити можливості дистанційного навчання та зробити участь у майстер-класах доступною для ширшого кола музикантів.

SoundJack – це експериментальна платформа для онлайн-виконання музики в реальному часі з наднизькою затримкою, розроблена доктором Карстеном Шульце (Carsten Schulz) у Німеччині. Її основна мета – забезпечити реалістичну взаємодію між музикантами, які перебувають у різних локаціях, без втрати якості звуку та ритмічної синхронності.

SoundJack використовує технологію прямого (peer-to-peer) аудіообміну без компресії, що дозволяє досягати затримки менше 20 мілісекунд, тобто рівня, сприйманого як “живе” виконання. Підтримує стереозвук студійної якості.

Доступний у двох формах:

- вебінтерфейс (через браузер Chrome) – для швидкого підключення без встановлення програм;
- десктопна версія для професійного використання з гнучкими параметрами буфера, sample rate та мережевої маршрутизації. Може використовуватися як платформа для репетицій, дистанційних концертів, майстер-класів і наукових експериментів у галузі “networked performance”. Забезпечує високу стабільність з'єднання, якщо використовується дротовий Ethernet.

Має суттєву перевагу – професійна якість звуку без компресії, придатна для академічного музикування. Використовується в провідних європейських

і американських консерваторіях, зокрема: Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover (Німеччина), Conservatorio di Milano (Італія), Royal College of Music (Лондон), Stanford University CCRMA (США). Підтримує великі проекти дистанційних концертів (Network Performing Arts Production Workshops— NPAPW, ЕС). Може працювати через браузер, що спрощує участь студентів. Повністю безкоштовний у базовому доступі для академічного використання.

Варто зазначити і *недоліки* для звичайного користувача:

Потребує дротового інтернет-з'єднання (Wi-Fi призводить до затримок). Не має мобільної версії. Інтерфейс технічно складний: потрібне налаштування аудіоінтерфейсу, буфера та портів. Відео передається окремо, тому синхронне “відео-звучання” потребує додаткового ПЗ (наприклад, OBS).

SoundJack – це міст між академічним і технологічним середовищем: він довів, що можливо створювати дистанційні ансамблеві заняття, де студенти і викладачі грають разом, як у живому просторі. Використання таких систем у консерваторіях закладає фундамент для нової форми музичної співтворчості, де простір більше не є перешкодою для ансамблевої взаємодії.

Сучасні стартапи та експериментальні платформи для дистанційного музикування на кінець 2025 року. На сьогодні активно розвиваються стартапи та експериментальні платформи, спрямовані на створення умов для реального дистанційного ансамблевого виконання з мінімальною затримкою. Попри те, що більшість із них поки перебувають на стадії вдосконалення, їх функціонал уже демонструє потенціал для застосування у професійній музичній освіті, онлайн-репетиціях і майстер-класах.

Jamulus – це відкрите програмне забезпечення, яке дозволяє музикантам виконувати твори в реальному часі через мережу інтернет. У документах даного застосунку зазначається, що система працює за принципом клієнт-серверного з'єднання: кожен користувач підключається до спільного

сервера, що змішує звукові потоки. Перевагою є повна безкоштовність і наявність великої кількості відкритих серверів у всьому світі за заявою розробників. Jamulus підтримує експериментальні версії для Android та iOS, що відкриває можливість мобільного використання, відповідно до технічної документації. Недоліком залишається висока чутливість до стабільності інтернет-з'єднання та потреба у дротовому підключенні або дуже якісному Wi-Fi. Попри це, Jamulus залишається одним із найперспективніших безкоштовних рішень для дистанційного музикування, особливо в навчальних і творчих проєктах. Варто зазначити, що мобільна версія (Android / iOS) на кінець 2025 року залишається експериментальною і не гарантує якісної роботи у всіх випадках. Для iOS потрібно підписування IPA, що складно для звичайного користувача без досвіду.

FarPlay – комерційна платформа, створена для забезпечення максимально низької затримки (до 10 мс) під час спільного виконання. Вона підтримує відео–зв'язок, запис, багатодоріжкову роботу та функцію Broadcast Output для прямих трансляцій. У безкоштовному тарифі можна проводити виключно двосторонні сесії до 45 хвилин, тоді як розширені можливості доступні за підпискою. На кінець 2025 року система демонструє стабільну якість і чудову синхронізацію, але потребує потужного пристрою та швидкого інтернету. Хоча мобільна версія ще не має повного функціоналу, FarPlay вважають одним із найперспективніших напрямів у сфері професійних онлайн–репетицій.

RLS (Rehearsal Live Share) – це освітньо орієнтована платформа, розроблена спеціально для музичних ансамблів і вокалістів. Її головна особливість полягає в тому, що акомпанемент програється локально на пристрої кожного учасника, а програма синхронізує лише живий звук виконавців.

Це значно зменшує затримку та створює ефект спільного виконання навіть при звичайному Wi-Fi–з'єднанні. Застосунок доступний для iOS та Android, простий у використанні, підтримує запис і трансляцію. Основні

обмеження – потреба у якісних навушниках або мікрофоні та можливі розсинхронізації при слабкому з'єднанні. Попри це, RLS уже активно використовується в освітніх програмах та хорових онлайн–практиках.

Ці платформи демонструють перехід музичної педагогіки до нового рівня цифрової інтерактивності, де дистанційне виконання стає реальним процесом взаємодії, а не лише форматом відеоконференцій. Зі зростанням швидкості інтернету та розвитком мобільних технологій очікується, що такі інструменти з часом стануть стандартом у репетиційній і педагогічній практиці музикантів.

2.2 Технології штучного інтелекту в професійній діяльності академічного музиканта: аналітичний огляд і практичні приклади застосування

Сучасний етап розвитку музичної освіти характеризується активним впровадженням інтелектуальних цифрових технологій, здатних змінювати підхід до навчання, виконавства та творчості. Практичне використання технологій штучного інтелекту (ШІ) демонструє, що при вірному та академічно чесному використанні, він не замінює особистість музиканта, а розширює його можливості, надаючи інструменти для глибшого аналізу звуку, самостійного навчання, створення супроводу й контролю якості виконання, а також виконує допоміжну функцію при сценічному виконанні творів чи підготовки до концертів.

Технології для роботи зі звуком та автоматичної транскрипції.

Інтелектуальні застосунки допомагають виконавцям працювати з репертуаром, контролювати темп, інтонацію, баланс звучання та акомпанемент.

Moises – інноваційний онлайн–інструмент на базі ШІ, який автоматично розділяє аудіозапис на вокал, акомпанемент, ударні, бас тощо. Програма дозволяє змінювати темп без спотворення тональності, видаляти метроном

чи акомпанемент, що робить її незамінною у підготовці виконавців до концертів, іспитів або репетицій з ілюстратором. Зокрема, використання програми Moises в межах дисципліни “Камерний ансамбль” виявило цей застосунок надзвичайно ефективним інструментом у практичній діяльності: під час роботи з аудіозаписом скрипаля саме цей застосунок дозволив видалити звук метронома без втрати якості звучання основного інструменту, а також скоригувати баланс між партіями. Це значно покращило якість запису без повторного перезапису, і суттєво скоротило час підготовки без необхідності чекати нового запису від ілюстратора. Варто зазначити, що більшість застосунків, з якими доводиться працювати не можуть, на даному етапі їх розвитку, видалити звук метронома, оскільки алгоритми штучного інтелекту класифікують його як частину перкусійної групи. Внаслідок цього метрономічні імпульси часто залишаються у шарі ударних інструментів навіть після автоматичної обробки. Важливою перевагою програми також є можливість змінювати темп запису без викривлення тональності, що робить її цінним інструментом у роботі з виконавцями. Така функція є особливо корисною під час репетиційного періоду: музикант має змогу поступово переходити від повільного темпу до необхідного концертного, зберігаючи чистоту інтонації та автентичність звучання. Подібні технологічні рішення не лише спрощують процес репетицій і звукорежисури, але й підвищують якість навчального та виконавського результату, що є невід’ємною складовою сучасної професійної музичної діяльності.

Сучасна музична практика активно впроваджує технології, що забезпечують роботу з нотним текстом у цифровому середовищі. До цієї групи належать застосунки, які дають змогу автоматично розпізнавати аудіо та перетворювати його у нотний запис, редагувати партитури, перегортати сторінки нот під час гри, а також створювати інтерактивну взаємодію між виконавцем і цифровою партитурою. Такі інструменти суттєво полегшують діяльність виконавців, композиторів і педагогів, а для концертуючих музикантів – підвищують комфорт, точність і ефективність роботи на сцені.

ScoreCloud – це застосунок, який “перетворює” живе виконання у нотний текст. Програма аналізує аудіосигнал або гру через MIDI-клавіатуру й у реальному часі формує нотну партитуру. ScoreCloud автоматично визначає темп, ритм і гармонію, дозволяє редагувати нотний матеріал і зберігати його у форматах PDF, MIDI або MusicXML. Це зручний інструмент для фіксації власних ідей, створення акомпанементів або аналізу інтерпретацій.

Однак під час аналізу данного застосунку було виявлено такі важливі для врахування аспекти:

1) Через MIDI-клавіатуру програма отримує точні дані про висоту звуку, тривалість, динаміку, темп і ритм. На основі цих цифрових даних ScoreCloud миттєво створює точний нотний текст, який можна редагувати, транспонувати чи експортувати у PDF, MusicXML, MIDI тощо. У цьому режимі точність близька до 95–98%.

2) Через мікрофон (аудіо) – програма аналізує звуковий сигнал, намагаючись визначити ноти «на слух». Вона може розпізнати одноголосні мелодії (наприклад, вокал, флейту, скрипкові партії), але фортепіанні твори, а особливо поліфонічні (в тому числі гра на фортепіано обома руками) вона розпізнає з великою похибкою – не може чітко розділити гармонію і голоси. Тому нотний текст буде неточним або спрощеним до мелодійної лінії. Чому це відбувається: фортепіано видає складний поліфонічний спектр – тобто програма чує не одну ноту, а десятки гармонічних складових одночасно. Алгоритми ScoreCloud поки є недосконалими та не можуть на 100% розпізнати такі накладення звуків. Саме тому для фортепіанних партій потрібен MIDI-зв’язок – тоді кожна нота фіксується як окремий цифровий сигнал.

Висновок. ScoreCloud найкраще підходить для вокалістів, духових інструментів та струнних солістів, у репертуарі яких при перекладені на нотний текст переважають одноголосні або переважно лінійні фактури. Для піаністів та інших виконавців, чия гра має поліфонічну або акордову

структуру, точність розпізнавання нот через мікрофон є обмеженою. У таких випадках доцільніше використовувати програми з розширеними алгоритмами аудіо аналізу, зокрема AnthemScore або Melody Scanner.

AnthemScore, в свою чергу, спеціалізується на розпізнаванні готових аудіозаписів. Використовуючи алгоритми штучного інтелекту, програма виділяє висоту тону, акорди й ритм, створюючи точну нотну транскрипцію навіть із поліфонічного звучання. У результаті користувач отримує нотний запис, який можна редагувати, транспонувати чи експортувати у форматах MusicXML, MIDI або PDF. Однією з ключових переваг AnthemScore є висока точність розпізнавання поліфонічного звучання, що робить програму придатною для фортепіанних творів, ансамблів та оркестрових фрагментів. В моїй практиці програма дає змогу перетворити навіть складний фортепіанний запис у базовий нотний варіант, який потім можна відредагувати у нотному редакторі (Finale, MuseScore, Sibelius тощо). Це надзвичайно корисно для музикантів, які працюють з історичними записами, імпровізаціями або навчальними прикладами, що не мають друкованого нотного джерела. А також дослідження виконавських інтерпретацій – шляхом порівняння транскрипцій різних записів одного твору.

Для піаністів і концертмейстерів ці програми є цінними завдяки можливості створювати нотні партії з аудіо або швидко перетворювати власне виконання у ноти для подальшого аналізу чи редагування. Також зазначу, що AnthemScore є зручним інструментом, який допомагає швидко створити нотний запис із будь-якого аудіофрагмента, наприклад, для розбору гармонії, вивчення фактури чи створення акомпанементу.

Висновок. AnthemScore особливо ефективний для піаністів, акомпаніаторів і викладачів, які працюють із поліфонічним або багат шаровим матеріалом. На відміну від ScoreCloud, він не потребує MIDI-підключення і дає змогу аналізувати живе звучання будь-якого інструмента з високим рівнем точності.

Також у межах дослідження було проаналізовано мобільний та десктопний застосунок **Melody Scanner**, створений на основі технологій штучного інтелекту та призначений для автоматичного формування нотного запису з аудіо— чи відеофайлів. Програма відзначається простотою інтерфейсу та доступністю: користувач може завантажити музичний файл або посилання на відео, після чого система здійснює розпізнавання мелодії, ритмічного малюнка й гармонічної структури з подальшим формуванням нотного тексту. Алгоритм роботи поєднує елементи аудіоаналізу та інтерпретаційного моделювання, що дозволяє визначати стиль, темп і структурні особливості твору для створення читабельного нотного запису. Практичне використання полягає:

- для виконавців – у можливості швидкого створення нотного варіанту твору, якого немає у друці;
- для педагогів – створення спрощених навчальних аранжувань або вправ; для аранжувальників і акомпаніаторів – швидкий аналіз гармонічної структури запису, для створення акомпанементу;
- для учнів – інструмент самостійного розбору пісень або мелодій на слух.

На відміну від AnthemScore, Melody Scanner має суттєву похибку при аналізі поліфонії не точний при розпізнаванні фортепіанних чи оркестрових партитур. Однак вдало справляється з вокальними творами, соло—інструментами, джазовими гармоніями та поп—музикою. Також суттєвим мінусом у данному застосунку є те, що він не обробляє аудіофайли, які тривають більше 5 хвилин. Попри зручність користування й потенційну придатність для навчальних і виконавських цілей, результати практичного тестування засвідчили наявність суттєвих технічних обмежень. Програма демонструє низьку точність при розпізнаванні поліфонічних фактур, особливо у фортепіанних та оркестрових партитурах, часто спрощуючи вертикальну гармонію та ритмічні структури. Водночас застосунок працює більш коректно з вокальними творами, соло—інструментами, джазовими

гармоніями та популярною музикою. Серед додаткових обмежень слід відзначити неможливість оброблення тривалих аудіофайлів, що перевищують п'ятихвилинну тривалість, а також часті неточності у визначенні темпових змін і гармонічних співвідношень. Таким чином, Melody Scanner можна розглядати як допоміжний інструмент для початкового розпізнавання та нотної фіксації одноголосних або малополіфонічних творів, однак його функціональні можливості поки що не забезпечують професійного рівня точності, необхідного для комплексної аналітичної чи виконавської роботи.

Технології акомпанементу та ансамблевої взаємодії

Cadenza – віртуальний акомпаніатор, який у реальному часі підлаштовується під темп живого музиканта. Цей інструмент формує у виконавців навички ансамблевої взаємодії та точного відчуття темпоритму. Cadenza є одним із найцікавіших прикладів використання штучного інтелекту у виконавській практиці. Це інтелектуальний віртуальний акомпаніатор, який здатний у реальному часі підлаштовувати оркестровий або фортепіанний супровід під живе виконання соліста. Програма аналізує звуковий потік через мікрофон і реагує на зміну темпу, паузи, прискорення або виразні каденції виконавця. Таким чином, акомпанемент, я би сказала, «дихає» разом із музикантом, створюючи відчуття реальної ансамблевої взаємодії.

Варто зазначити, що у бібліотеці Cadenza міститься широкий репертуар саме класичних творів – зокрема концерти Бетховена, Моцарта, Гайдна, а також камерні композиції різних епох. Виконавець може обрати потрібний твір і зіграти сольну партію, у той час як програма генерує оригінальний оркестровий супровід, який адаптується до його темпоритму та динаміки. Якщо музикант робить зупинку чи затримку, система «очікує» та продовжує виконання синхронно, коли він відновлює гру.

Завдяки цій функціональності Cadenza стала надзвичайно корисним інструментом у педагогічній практиці: вона дозволяє студентам і виконавцям репетирувати з “віртуальним оркестром”, розвивати відчуття ансамблю, музичного дихання та темпового балансу навіть за відсутності живого концертмейстера. Крім того, програма дає змогу записати виконання разом із супроводом і проаналізувати його, що сприяє глибшому розумінню художнього задуму та технічному самоконтролю. У межах практичного тестування застосунку Cadenza було проведено послідовність дій, спрямовану на перевірку його функціональних можливостей. Зокрема, у застосунку Cadenza виконавець – скрипаль знаходить Сонатину Дворжака G-dur op.100 у вбудованій бібліотеці (вона містить багато класичних концертів, сонат, концертних арій, навіть у безкоштовній версії). Далі він обирає, який акомпанемент наразі є необхідним для його репетиційної діяльності, в даному випадку – фортепіанний. Запускає відтворення – і штучний інтелект “чекає”, слухаючи його партію через мікрофон. Коли він починає грати, система підлаштовує темп фортепіанної партії до його виконання. Якщо на кілька секунд виконавець робить паузу – система “зупиниться” і піде далі лише після відновлення гри скрипалем. Програма створює враження живої виконавської взаємодії, коли цифровий акомпанемент інтонаційно та темпово реагує на інтерпретаційні рішення музиканта

Як і де можна використовувати:

- 1) Грати сольну партію з оркестровим супроводом (фортепіано, скрипка, духові інструменти тощо).
- 2) Використовувати для домашніх репетицій або занять із студентами.
- 3) Тренувати ансамблеву взаємодію – дуже корисно для розвитку музичного дихання і темпоритму. А також для подальшої взаємодії із живим оркестром чи виконавцем.
- 4) Записувати себе разом із акомпанементом, щоб потім мати можливість самостійно, або разом із викладачем проаналізувати виконання.

Cadenza ілюструє перехід від пасивного використання технологій до інтерактивного партнерства між людиною та штучним інтелектом, де програма не просто відтворює звук, а активно реагує на інтерпретацію музиканта, підтримуючи природність і свободу виконання. Але звичайно, можна помітити і певні недоліки, або недосконалості даної програми в таких аспектах:

Хоча програма Cadenza Live Accompanist демонструє унікальні можливості реагування штучного інтелекту на живе виконання, на сьогодні вона орієнтована насамперед на струнні та духові інструменти. Система не підтримує розпізнавання фортепіано як сольного сигналу, оскільки багатоголосна структура звуку ускладнює синхронізацію акомпанементу. Це визначає певні обмеження для її використання піаністами у концертній практиці, однак залишає широкі можливості для аналітичної, педагогічної та експериментальної роботи.

Музикант має можливість обрати будь-який твір зі списку лише доступних у бібліотеці застосунку Cadenza, до якої входять переважно академічні композиції, зокрема концерти та камерні твори різних епох, в тому числі сучасні твори композиторів. Система функціонує виключно з творами, що попередньо інтегровані до внутрішнього репертуарного каталогу програми.

Водночас завантаження сторонніх нотних файлів (наприклад, у форматі PDF) не передбачене – алгоритми Cadenza не здійснюють автоматичної генерації акомпанементу на основі нотного тексту. Подібна функціональність реалізується у програмах іншого типу, зокрема AIVA чи MuseNet, які спеціалізуються на створенні музичного супроводу за допомогою генеративних моделей штучного інтелекту.

Metronaut – це цифровий комплекс для музикантів, який поєднує функції інтелектуального акомпаніатора, нотної бібліотеки та інтерактивного середовища для розвитку ритмічних і слухових навичок. Додаток містить каталог нот– від академічної класики до більш сучасного репертуару– із

декількома рівнями складності та підтримкою понад двадцяти інструментів. Це дозволяє використовувати Metronaut як універсальну платформу як для початківців, так і для професійних музикантів.

Однією з ключових можливостей Metronaut є режим Play-along: виконавець грає свою партію (солюючу або оркестрову), а додаток відтворює запис фортепіанного чи оркестрового акомпанементу. Такий формат роботи моделює реальну концертно–ансамблеву ситуацію й забезпечує формування навичок точного інтонування, ритмічної стійкості та слухового контролю. Важливо, що акомпанемент можна гнучко налаштовувати: змінювати темп без зміни висоти звучання, що є особливо корисним при відпрацюванні технічно складних епізодів, поступово переходячи від повільного темпу до концертного.

Ще одна важлива функція – автоматична транспозиція. Музикант може обрати зручну для себе тональність (наприклад, адаптувати твір під можливості голосу або інструмента), при цьому акомпанемент коректно підлаштовується. Це суттєво спрощує роботу з вокальним та духовим репертуаром і розширює можливості педагогічної практики.

Особливу увагу привертає режим Magic Mode, у якому акомпанемент у реальному часі реагує на темп, агогіку й фразування виконавця. Система аналізує гру музиканта через мікрофон і «слідкує» за його інтерпретаційною манерою: прискорення, затримки на кульмінаціях, дихання у вокалі чи паузи в каденціях «підтримуються» інтерактивним акомпанементом в реальному часі. У цьому сенсі Metronaut наближається до концепції «інтерактивного ансамблевого партнера», що «дихає» разом із солістом, й наближає цифрове середовище до живого ансамблевого музикування. Ця функція є надзвичайно корисною для дистанційних репетицій соліста із інтерактивним «оркестром», чи в межах дисципліни Камерний ансамбль.

Для повсякденної практики важливою є також функція автоматичного перегортання сторінок та масштабування нот. Музикант може зосередитися на звуці й інтерпретації, не відволікаючись на фізичне перегортання нотних

аркушів. Це особливо актуально для піаністів та інструменталістів, які виконують великі форми з планшета або ноутбука. Окремо варто згадати можливості Metronaut для піаністів та викладачів. Додаток підтримує розділення фактури по руках, що дозволяє відпрацьовувати партії правої та лівої руки окремо з тим самим акомпанементом. Такий режим є методично доцільним на етапі первинного опанування фактури й допомагає уникнути перенавантаження уваги. Викладач, у свою чергу, може працювати з нотами студента на цифровій платформі, додаючи коментарі, позначки й рекомендації в режимі реального часу із синхронним відображенням на пристрої здобувача. Це створює умови для дистанційного формату «спільної партитури», коли педагог і студент, перебуваючи в різних локаціях, фактично працюють із одним і тим самим нотним текстом. У педагогічній практиці Metronaut виявляється корисним як інструмент для індивідуальних занять, самостійної роботи та дистанційного консультування. Він стимулює у студентів розвиток самостійності, відповідальності за якість власної гри та вміння критично аналізувати звукозапис, поєднуючи традиційні методи музичної освіти із сучасними цифровими рішеннями.

SmartMusic – це освітній застосунок на основі штучного інтелекту, розроблений компанією MakeMusic (США). Його призначення полягає в тому, щоб забезпечити інтерактивну взаємодію між виконавцем і цифровим акомпанементом, а також надати педагогу можливість аналізувати якість виконання у реальному часі. Система охоплює широкий спектр користувачів – вокалістів, інструменталістів, ансамблі та оркестрові колективи. У бібліотеці SmartMusic міститься понад 30 000 творів: вокальні вправи (Vocalize), класичні й сучасні твори для духових, струнних, ударних, а також фортепіанний та оркестровий репертуар. Проаналізувавши роботу Smart Music, я виявила для себе як переваги, так і недоліки. В першу чергу застосунок має суттєво більшу бібліотеку класичних і сучасних творів, але в той же час виявився не таким гнучким і досконалим в “диханні” із солістом, як Cadenza.

Однією з найпопулярніших функцій SmartMusic є модуль Vocalize, який розширює можливості для вокалістів і солістів, забезпечуючи «живий» акомпанемент під час співу. Програма слухає виконавця через мікрофон, аналізує інтонацію, ритм і динаміку, та синхронно коригує супровід. Таким чином, створюється ефект ансамблевої взаємодії між солістом і акомпанементом.

Після виконання система надає детальний звіт: точність інтонування (у відсотках), відхилення від темпу, ритмічну стабільність, середній рівень динамічного контролю, що дає можливість (наприклад вокалісту) проаналізувати свою репетиційну роботу вдома перед демонстрацією викладачеві. Також ці параметри дозволяють вокалісту аналізувати свої помилки, а викладачу – відстежувати прогрес студента у динаміці.

Для інструменталістів SmartMusic надає віртуальний акомпанемент, який реагує на гру музиканта. Наприклад, флейтист або скрипаль може виконувати сольну партію, а програма адаптує темп супроводу (фортепіанного чи оркестрового) відповідно до живого темпу. При цьому зберігається музична логіка – акомпанемент не “випереджає” соліста, а чекає його на сильних долях. Особливо ефективно SmartMusic використовують у навчанні ансамблевої гри: студент може тренуватись з цифровим акомпанементом, коли концертмейстер відсутній, або готуватись до виступу, відточуючи ритмічну точність.

Попри те, що SmartMusic орієнтований передусім на одноголосні інструменти, система також розпізнає фортепіанну гру через MIDI-підключення. Піаніст може виконувати вправи, етюди чи ансамблеві твори у форматі “duet”, отримуючи акомпанемент або другий фортепіанний парт. Однак, на відміну від вокалістів чи духових, підлаштування акомпанементу в реальному часі для фортепіано поки не є стабільним через поліфонічну складність сигналу. Варто зазначити, що в межах проведеного дослідження здійснювався пошук програм і застосунків, які могли би забезпечити функцію інтерактивного акомпанементу саме для фортепіано. Але попри

значний прогрес у сфері цифрових музичних технологій, на сьогодні, повноцінних систем, здатних у реальному часі реагувати на виконання піаніста й підлаштовувати оркестровий або камерний акомпанемент, поки що не існує у відкритому доступі. Саме тому останні дослідження та експериментальні розробки у цій галузі викликають особливий інтерес серед виконавців і педагогів, які хотіли би використовувати в своїй практиці такі інструменти вже сьогодні. SmartMusic справді “чує” фортепіано (через MIDI або мікрофон), але акомпанемент у ньому – переважно фортепіанний, камерний або оркестровий мінус, який не “дихає” так природно, як для голосу.

Тобто якщо ми граємо гамму чи вправу – він підлаштовується; якщо ми граємо концерт – акомпанемент реагує із затримкою або просто йде за фіксованим темпом. Для прикладу програма Flowkey може “чути” гру виконавця (через MIDI або мікрофон), відтворювати другу партію (дуєт), але не як “живий акомпанемент”, а синхронно за фіксованим темпом. В межах функціоналу програми можна обрати твір для фортепіано з оркестровим супроводом, під час виконання якого система відтворює партію оркестру синхронно з виконавцем. Водночас, якщо піаніст зупиниться або сповільниться, оркестр не зупиниться, акомпанемент продовжує звучання без реагування на зміну ритму. Таким чином, реалізується лише імітація ансамблевої взаємодії, але не забезпечується повноцінна «жива» реакція системи на виконавські дії музиканта.

Одним із перших експериментальних напрямів став проєкт “AI Duet” від Google Magenta. Цей застосунок дозволяє піаністу грати на MIDI-клавіатурі, а штучний інтелект у відповідь генерує музичну репліку, аналізуючи гармонію, ритм і динаміку гри. Хоча “AI Duet” не створює акомпанемент у класичному сенсі, він закладає основу концепції “інтерактивного музичного діалогу” – тобто співтворчості між музикантом і алгоритмом, що реагує на живе виконання.

Більш наближеним до реального акомпанементу є експериментальний проєкт “Accompanist AI”, який наразі перебуває у стадії бета-тестування. Його мета – створення віртуального оркестру, що реагує на фортепіанну гру у режимі реального часу. Система аналізує аудіосигнал або MIDI-дані з інструмента, прогнозує музичний розвиток фрази та динамічно коригує темп, ритм і баланс звучання оркестрових партій. Такі технології можуть відтворювати природну ансамблеву взаємодію, яка традиційно можлива лише під час живої гри з диригентом або оркестром.

Компанія Yamaha також проводить розробку професійної платформи Flowkey Pro, яка, за попередніми даними, орієнтована саме на фортепіано як солюючий інструмент. На відміну від поточних освітніх версій, Flowkey Pro планує реалізувати систему динамічного реагування акомпанементу – коли оркестрова або камерна партія синхронно підлаштовується під зміну темпу, динаміки та артикуляції фортепіано. Якщо проєкт буде завершено, це стане першим кроком до повноцінного “інтелектуального акомпанементу”, доступного для широкого кола виконавців.

Інтерактивні системи цифрових нот і автоматичного перегортання сторінок.

Окремий напрям становлять програми, які дозволяють використовувати електронні партитури під час концертів або репетицій, замінюючи традиційні паперові ноти та не прив’язуючись до пошука людини, яка могла би слідкувати за нотним текстом і перегортати в потрібний момент. Також такі технології відкривають нові можливості для дистанційного навчання та спільної роботи над партитурою, розширюють педагогічні інструменти викладача, який може контролювати прогрес учня або редагувати нотний текст у реальному часі. Або допомагати при роботі у камерному ансамблі чи роботі із вокальними творами.

До таких застосунків належать ForScore, Newzik, Tonara Studio. **ForScore і Newzik** підтримують технологію score following– розпізнавання

гри виконавця у реальному часі з подальшим автоматичним перегортанням сторінок нот. Це дозволяє уникнути потреби у перегортальнику під час виступу. Також обидві програми підтримують Bluetooth–педалі (AirTurn, PageFlip, iRig BlueTurn), що забезпечують безконтактне керування нотами, а також хмарне зберігання та спільне редагування партитур. Але окремо зазначу про деякі особливості кожної з точки зору практичного використання, зручності та окремих переваг. Програма ForScore дозволяє зберігати нотні файли у форматах PDF або MusicXML, а також додавати анотації, штрихи, динаміку, педалізацію за допомогою стилуса чи сенсорного екрана. Також програма може створювати колекції й сет–листки для концертів чи уроків. Автоматично перегортає сторінки за рухом голови чи руки через вбудовану камеру або, вже зазначених вище, Bluetooth–педалей.

Newzik є французькою професійною платформою, що орієнтована на ансамблеве й оркестрове виконання. Її особливість полягає у хмарній взаємодії між виконавцями:кожен музикант може отримати свою партію, а зміни диригента або концертмейстера миттєво синхронізуються у всіх виконавців;у режимі “Live Score” можна стежити за диригентським темпом, синхронізувати відео або метроном. Також система зберігає історію змін і дозволяє працювати одночасно кільком користувачам над однією партитурою. Окремо варто зазначити, що Newzik підтримує AI–аналітику виконання, зокрема: відстеження темпоритму та динаміки, порівняння темпового балансу між виконавцями, автоматичне підсвічування поточного такту під час гри.

Tonara Studio поєднує функції навчальної платформи та «розумного слухача». Вона фіксує відхилення від нотного тексту, реагує на темп і динаміку, пересуває курсор по нотах синхронно з виконанням. Для педагогів і студентів це створює ефект “живих нот”, що реагують на виконавця.

Таким чином, цифрові нотні технології стають невід’ємною складовою сучасного музичного процесу– як у виконавській, так і в освітній діяльності,

забезпечуючи новий рівень інтерактивності та зручності роботи з партитурою.

Використання ІІІ сприяє формуванню нових професійних компетентностей:

- розвитку самостійності й критичного слухового аналізу;
- підвищенню якості індивідуальних занять;
- створенню інтерактивних освітніх середовищ;
- розширенню творчих можливостей у виконавстві та педагогіці.

Штучний інтелект не замінює живу інтерпретацію, але стає надійним партнером музиканта, допомагаючи зробити процес навчання й виконавства більш гнучким, технологічним і мотивуючим. А також використання подібних інструментів свідчить про тенденцію до демократизації звукозапису – перехід від студійного виробництва до індивідуальних цифрових рішень, доступних кожному музиканту. Такі застосунки сприяють розвитку навичок самостійного аудіомонтажу й постпродукції, що є важливою компетенцією сучасного виконавця

Висновки до розділу 2

У розділі 2 інформаційні технології, залучені до професійної діяльності академічного музиканта, були систематизовані за низкою практичних напрямів:

Дистанційне музикування та цифрова взаємодія (JamKazam, JackTrip, SoundJack, Jamulus, FarPlay, Rehearsal Live Share (RLS)). Основною функцією даних спеціалізованих платформ і інструментів є вирішення проблеми затримки звукового сигналу та розсинхронізації при дистанційному ансамблевому виконанні чи репетиційній роботі(онлайн). Ці цифрові рішення забезпечують спільну гру у форматі, наближеному до «живої» репетиції, і відкривають можливості для віддалених майстер–класів, та концертних виступів. Проведене тестування зазначених платформ і застосунків показало, що сервіси для дистанційного музикування здатні забезпечити реальну

ансамблеву взаємодію за умови високоякісного інтернет-з'єднання, правильно налаштованого обладнання та, у більшості випадків, дротового підключення. Технічні вимоги й чутливість до латентності поки що обмежують їх масове використання у щоденній педагогічній практиці, однак роблять їх цінним інструментом для професійних майстер-класів, міжнародних проєктів та експериментальних форм дистанційної співтворчості.

Застосування технологій штучного інтелекту у професійній діяльності музиканта. У межах дослідження інструменти на основі ШІ були поділені за трьома піднапрямами:

1) ШІ-програми та застосунки для роботи зі звуком та автоматичної транскрипції (Moises, ScoreCloud, AnthemScore, Melody Scanner). Сюди належать програми, що забезпечують розділення аудіодоріжок для виокремлення вокальної партії, або розділення по групах інструментів, корекцію балансу, створення акомпанементу й автоматичне перетворення аудіо у нотний текст. Вони розв'язують проблему ручного нотного запису, дають змогу швидко фіксувати імпровізації, вокальні лінії або фактуру твору. Практичний аналіз інструментів для роботи зі звуком і автоматичної транскрипції показав, що жоден із протестованих застосунків поки не забезпечує ідеально точну транскрипцію складної фортепіанної фактури в автоматичному режимі. Програми на кшталт ScoreCloud виявилися більш придатними для лінійних, одноголосних фактур (вокал, духові, струнні соло), тоді як AnthemScore та подібні рішення продемонстрували вищу ефективність у роботі з поліфонічним матеріалом, але все одно потребують подальшого ручного редагування. Застосунок Moises у практичній роботі продемонстрував високу ефективність: він дає змогу виділяти окремі шари (вокал, інструменти, метроном), змінювати темп без викривлення тональності та коригувати баланс звучання, що в реальних навчальних і концертних ситуаціях суттєво скорочує час підготовки й у ряді випадків дозволяє уникнути повторних записів.

2) III–інструменти для ансамблевої взаємодії та інтелектуального акомпанементу (Metronaut, SmartMusic, Cadenza). Їхнє головне завдання – частково компенсувати відсутність живого акомпаніатора чи ансамблю під час підготовки до виступу чи практичної репетиційної роботи: вони надають оркестровий або фортепіанний супровід, дозволяють регулювати темп, повертатися до окремих фрагментів, моделювати ситуацію репетиції з партнером.

Cadenza продемонструвала зразкову модель інтерактивного віртуального акомпаніатора: програма в режимі реального часу здатна аналізувати гру соліста через мікрофон, реагувати на паузи, прискорення, каденції та агогіку живого виконавця. Практичне використання Cadenza зі скрипковим репертуаром (зокрема, Сонатина Дворжака G–dur op. 100) показало, що така система є ефективним інструментом формування навичок ансамблевої взаємодії й темпо ритмічної стійкості за відсутності живого концертмейстера.

Metronaut у ході практичного використання зарекомендував себе як універсальна платформа для щоденної ансамблевої та сольної практики: режим Play–along і Magic Mode дозволяють відпрацьовувати партії з оркестровим чи фортепіанним супроводом, поступово змінювати темп, автоматично перегортати сторінки нот, працювати з транспозицією та розділенням фактури по руках, що було особливо корисним у роботі з камерним репертуаром і зі студентами.

SmartMusic, у свою чергу, показав високий потенціал у педагогічному аспекті: модулі для вокалістів та інструменталістів забезпечують не лише акомпанемент, а й детальну аналітику інтонування, ритму й динаміки, що робить його дієвим інструментом дистанційного контролю якості виконання.

3) Інструменти для роботи з нотним текстом і цифровими партитурами (ForScore, Newzik, Tonara Studio). Дані платформи розв’язують практичні завдання концертної і педагогічної діяльності: систематизацію репертуару, автоматичне перегортання сторінок, швидкий доступ до партитур на різних

пристроях, спільне редагування нотного тексту викладачем і студентом. Цифрові системи для роботи із нотним текстом підтвердили свою практичну цінність у концертній та педагогічній діяльності: насамперед спрощення організаційної роботи з репертуаром, автоматизованого перегортання нот під час концертних виступів, та зручні умови для спільної роботи диригента та оркестра над партитурою.

Практичний досвід використання ШІ-застосунків засвідчив, що вони трансформувалися з допоміжних засобів на *інтелектуальних партнерів* ансамблевої взаємодії, музичного аналізу та планування занять. Водночас виявлені технічні обмеження (зокрема, у роботі зі складною фактурою) та етичні виклики підтверджують, що алгоритмічні системи не можуть підміняти собою творчий внесок музиканта. Важливою складовою нової професійної культури стає чітке розмежування індивідуальної творчості та автоматизованої генерації в межах академічної доброчесності. Таким чином, цифрові технології суттєво підсилюють професійну діяльність академічного музиканта, формуючи фахівця нового типу, здатного критично оцінювати результати автоматизації та зберігати художню суб'єктність.

Розділ 3 МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ІНТЕГРАЦІЇ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТА ШІ ТЕХНОЛОГІЙ У АКАДЕМІЧНУ МУЗИЧНУ ОСВІТУ ТА ВИКОНАВСЬКУ ПРАКТИКУ

3.1. Ключові напрями та кейси міжнародного досвіду впровадження мультимедійних і ШІ-технологій у діяльність академічного музиканта.

У сучасному міжнародному освітньому та мистецькому просторі дедалі помітнішою стає тенденція до інституційного осмислення штучного інтелекту як складової академічної музичної підготовки та виконавської практики. Провідні консерваторії світу переходять від експериментального використання окремих цифрових інструментів до створення системних моделей інтеграції ШІ у композицію, виконавство, сценічні практики та педагогічні методики. У цьому контексті особливого значення набувають кейси, що демонструють цілісний підхід до поєднання традиційної академічної музичної культури з алгоритмічними технологіями.

Одним із найбільш показових міжнародних прикладів такої інтеграції є діяльність Центральної консерваторії музики (Central Conservatory of Music, Пекін, Китай)¹. На базі цього закладу функціонує відділ **Music Artificial Intelligence and Music Information Technology**, у межах якого реалізуються дослідницькі та творчі проєкти, спрямовані на поєднання академічного музикування з алгоритмічними технологіями. Одним із найбільш відомих експериментів став концертний проєкт,² який відбувся 12 жовтня 2024 року. Сьомий China Now Music Festival зі спільною участю Bard College (US–China Music Institute) та Центральної консерваторії музики (CCOM) відбувся в Нью-Йорку 12–19 жовтня 2024 року, з двома концертами в Carnegie Hall (Stern Auditorium –12 жовтня; Zankel Hall– 19 жовтня). Темою сезону було Composing the Future, тобто перетин академічної музики й новітніх технологій (зокрема ШІ).

¹ <https://theviolinchannel.com/ai-assisted-compositions-to-be-featured-at-china-now-music-festival/>

² https://www.chinadaily.com.cn/a/202410/14/WS670c82cda310f1265a1c76d9_1.html

У концерті виконавці взаємодіяли з системою штучного інтелекту, що генерувала гармонічні й ритмічні елементи в реальному часі. Алгоритм реагував на емоційний стан аудиторії, тембр виконання і контекст композиції, створюючи унікальний інтерактивний досвід. У системі, яку розробила кафедра Music Artificial Intelligence and Music Information Technology, використовувалася технологія оптичного motion capture – тобто зчитування рухів диригента або виконавця через камери та сенсори. Тобто, AI «спостерігав» за диригентом (і частково за виконавцями) через камери, аналізував їхні жести – підняття руки, швидкість, амплітуду рухів, напрям – і інтерпретував ці сигнали як команди для запуску звукових шарів, гармонічних змін або тембрових ефектів.

Технічні ролі ІІІ: від «композитора-аналітика» до «виконавця-партнера»:

1) *Композиційний рівень.* За матеріалами фестивалю та інтерв'ю з директором департаменту Li Xiaobing, AI-композиція в CCOM ґрунтується на «музичних великих даних» і моделях, які оперують символічним представленням музики (ноти, ритми, гармонія), передбачаючи «наступний символ» (подібно до прогнозування наступного слова в тексті). Власне AI Suite ілюструвала застосування цих підходів у симфонічному форматі. (World's Leading Classical Music Platform)

2) *Виконавський рівень.* Сценічна реалізація проекту Центральної консерваторії музики (CCOM) у межах фестивалю China Now Music Festival відзначалася унікальним поєднанням диригентського мистецтва й алгоритмічної технології. Під час концерту в Carnegie Hall диригент Цай Цзіньдун працював не лише з оркестром, а й із підключеною до ноутбука системою штучного інтелекту. У ключовий момент виконання він взаємодіяв із пристроєм, задаючи команди, які синхронізували електронні звукові шари

з живим симфонічним звучанням. Це демонструвало повноцінне злиття людського виконавства й алгоритмічного середовища (China Daily, 2024).

Особливу увагу привернув твір *Starry Night* композитора Сун Юміна, у якому використано технологію *motion capture* як інструмент музичної взаємодії. На основі комп'ютерного зору система «зчитувала» рухи виконавця— положення рук, напрям і швидкість жестів— перетворюючи їх на сигнали для запуску окремих звукових подій. Таким чином, штучний інтелект реагував на кожен рух, активуючи або модифікуючи певні тембри, гармонії чи шумові ефекти. Кожна частина композиції мала власну «тригерну логіку», що забезпечувала динамічний діалог між людиною та машиною (The Violin Channel, 2024).

Інтерактивність системи проявлялася в тому, що ШІ реагував на диригентські сигнали в режимі реального часу: зміна амплітуди або характеру жестів могла викликати збільшення інтенсивності звучання, появу нового тембрового шару або поступове затухання звукової хвилі. За свідченням очевидців, у моменти різкої паузи диригента електронний сигнал згасав природно, створюючи ефект «*reverb tail*»— ніби цифровий оркестр підкорявся тим самим законам дихання, що й живий ансамбль.

У результаті сформувалася нова виконавська модель—диригент як інтерфейс між людським і машинним світом. Його жести координували дві системи одночасно: симфонічний оркестр і цифровий інструмент, що діяв як рівноправний партнер у процесі творення музики. Такий підхід не лише розширив межі концертної практики, а й створив підґрунтя для майбутніх освітніх експериментів у галузі інтерактивного диригування.

3) *Звуково-візуальний рівень*. Штучний інтелект не лише реагував на жести диригента чи виконавця, а й формував власну темброву палітру, імітуючи або розширюючи звуки оркестрових груп. Одним із найпомітніших

прикладів стала так звана «цифрова тінь оркестру» – шар синтетичних текстур, який дублював струнні й духові інструменти, посилюючи звучання у кульмінаційних моментах. Такий ефект виникав завдяки моделі real-time timbre rendering, коли електроніка «дихає» в унісон із традиційним оркестром (China Daily).

Ще однією виразною лінією став хоровий пласт, створений системою Cloud Chorus – віртуальним «хором» із тисячі оброблених голосів, який формував навколо оркестру просторову вокальну ауру. Цей багат шаровий звук поєднував елементи електронного семплування й вокальної синтези, розширюючи акустичні межі симфонічного виконання (The Violin Channel, 2024).

У творі *Starry Night* композитора Сун Юміна поєднано традиційні китайські інструменти – два гучжені (з пента-і гептатонічною настройкою) – з цифровими ефектами, що створювали нові, нетипові тембри. Система motion capture у реальному часі зчитувала рухи виконавця й запускала електронні модифікації звуку, завдяки чому AI фактично «варіював» тембр гучження, перетворюючи його на «футуристичний» інструмент. Такий синтез традиції й технології надавав виконанню водночас національного колориту й авангардного звучання (The Violin Channel, 2024).

Таким чином, у межах звуково-візуального рівня відбулося органічне злиття акустичної матерії, цифрової оркестрової палітри й сценічних проєкцій, що вивело академічну музику в простір сучасних мультимедійних практик.

4) Педагогічний та методичний рівень. Інтеграція штучного інтелекту у виконавські практики Центральної консерваторії музики (CCOM) має не лише експериментально-естетичне, а й чітко педагогічне значення. Вона відкриває новий формат навчання, у якому студент не лише відтворює

готовий музичний матеріал, а взаємодіє з алгоритмічною системою в реальному часі, усвідомлюючи себе учасником процесу спільного творення.

Використання технологій motion capture та AI-інтерпретації жестів сприяє розвитку точності диригентських і виконавських рухів. Студент може спостерігати, як кожен його жест, темпова зміна чи амплітуда руху безпосередньо впливають на тембр, динаміку або електронний супровід. Такий досвід формує глибше розуміння причинно-наслідкових зв'язків між фізичною дією та звуковим результатом, що особливо важливо для розвитку професійної координації й темпоритмічного чуття.

Крім того, система, розроблена в межах кафедри Music Artificial Intelligence and Music Information Technology, розглядається як навчальна лабораторія нової генерації. Вона дозволяє викладачеві створювати симуляційні моделі концертного простору – з візуальними проєкціями, просторовим звуком і реакцією системи на рухи студента. У перспективі подібні модулі можуть бути інтегровані у віртуальні VR-студії для тренування диригентів, що замінюватимуть або доповнюватимуть живі оркестрові репетиції.

З методичного погляду, подібний формат дає змогу поєднати традиційні принципи інтерпретаційного навчання з елементами інтерактивного цифрового самоконтролю. Студенти можуть аналізувати не лише звуковий результат, а й візуальну реакцію системи, вчитися «читати» алгоритм як партнера у виконавському діалозі. Це формує нову педагогічну парадигму – від «пасивного наслідування» до активного співавторства з технологією, що відповідає викликам сучасної цифрової епохи музичної освіти.

Професор Лі Сяобін (Li Xiaobing), директор кафедри Music Artificial Intelligence and Music Information TechnologyCCOM, у тому ж інтерв'ю (The Violin Channel, 2024) наголошує, що головною метою таких експериментів є

освітня інтеграція технологічної обізнаності в музичну освіту. Він описує навчальну концепцію як “AI–assisted composition and performance system”, що поєднує роботу з великими музичними даними, символічними моделями та алгоритмами прогнозування музичних структур. Для студентів це означає засвоєння не лише художніх принципів, а й логіки цифрового мислення.

5) *Авторство й академічна доброчесність: позиції розробників, композитора та диригента.* Питання авторства в умовах інтеграції штучного інтелекту у музичну творчість набуває особливої актуальності. У Центральній консерваторії музики (ССОМ, Пекін) його осмислюють через концепцію «співтворчості людини й алгоритму», де композитор, виконавець і технологічна система взаємодіють як рівноправні партнери.

Директор кафедри Music Artificial Intelligence and Music Information Technology професор Лі Сяобін визначає три головні складові музичного штучного інтелекту – дані, алгоритми та обчислювальні ресурси. За його словами: «ШІ спочатку “слухає” музику, навчаючись її мелодіям, ритмам і стилям. У процесі самонавчання він поступово розуміє внутрішню логіку музики й здатний створювати нові твори, подібно до людини» (The Violin Channel, 2024). Разом із тим дослідник підкреслює етичний вимір цієї взаємодії: «Штучний інтелект у музиці покликаний допомагати й розширювати можливості людини, а не замінювати її» (The Violin Channel, 2024). Таким чином, у ССОМ AI розглядається як творчий інструмент і аналітичний партнер, що посилює інтуїцію композитора, допомагаючи йому працювати з великими обсягами даних, прогнозувати музичні структури та досліджувати нові звукові моделі.

Композитор і викладач електронної композиції Сун Юмін наголошує, що технології штучного інтелекту розширюють можливості музичного мислення, але не скасовують ролі автора. В інтерв'ю China Daily він пояснює:

«Звук має безліч форм вираження, і за допомогою технологій ми створюємо віртуальні інструменти, які поєднують електронну й традиційну музику. Такий підхід дозволяє інтегрувати ІІІ у весь процес – від створення звуку до візуальних ефектів на сцені» (China Daily, 2024).

У The Violin Channel Сун Юмін уточнює, що під час виконання його твору *Starry Night* «традиційні звуки гучження виконуються наживо, а нетрадиційні – з ефектами та електронними елементами – активуються системою motion capture» (The Violin Channel, 2024). Отже, ІІІ виступає співтворцем, який модифікує тембр, простір і динаміку, але не замінює композитора у формуванні художнього задуму.

Художній директор фестивалю China Now Music Festival і диригент Цай Цзіньдун бачить у ІІІ насамперед можливість оновлення музичного мислення й залучення нових поколінь до сучасної музики. Під час відкриття фестивалю він зазначив: «Ми володіємо такою технологією, і хочемо, щоб усе більше талановитих китайських композиторів представляли свої твори перед широкою аудиторією» (China Daily, 2024). У коментарі агентству Xinhua News він додав: «Ми багато слухаємо Бетховена й Моцарта, але у ХХІ столітті нам потрібно, щоб молодь звертала більше уваги на музику сьогодення» (Xinhua News, 2024). Таким чином, диригент розглядає взаємодію людини й технології як засіб розширення комунікаційного простору музики – між культурами, поколіннями й художніми системами.

Зіставлення цих позицій показує спільну тенденцію: усі учасники проєкту підкреслюють співпрацю людини й алгоритму як основу творчості. Це вимагає від музичних інституцій прозорого визначення ролі ІІІ у створенні твору, чіткого позначення його внеску й збереження академічної доброчесності.

Модель «композитор+алгоритм», яку демонструє CCOM, передбачає, що естетична відповідальність залишається за людиною, а технологія виступає як партнер, здатний аналітично підсилити процес мислення. Такий підхід формує нову етику творчості, де цифрові інструменти не нівелюють авторство, а роблять його більш багатовимірним і свідомим. Досвід Центральної консерваторії музики є показовим у контексті трансформації академічної освіти: впровадження ШІ розглядається не лише як технологічне нововведення, а як нова форма інтерактивного виконавського середовища, що відкриває перспективи для міждисциплінарних досліджень і нових моделей музичної комунікації. Завдяки цьому напрямку Китайська консерваторія стала однією з перших у світі інституцій, які активно впроваджують штучний інтелект у навчальні, дослідницькі та концертні практики, формуючи цілісну систему «AI & Music» у межах академічного мистецького простору.

Ще одним із найпотужніших європейських прикладів інтеграції штучного інтелекту у музичну освіту, дослідження та творчу практику є діяльність PRiSM – Centre for Practice & Research in Science & Music, що функціонує на базі Royal Northern College of Music (RNCM) у Манчестері (Велика Британія). Цей міждисциплінарний центр було засновано з метою об'єднання музикантів, математиків, інженерів, дослідників у галузі когнітивних наук та технологій задля розробки нових підходів до творчості в добу цифрової трансформації.

PRiSM реалізує низку інноваційних напрямів, серед яких–Music & Mathematics, Music & Artificial Intelligence, Music & Wellbeing та Music & Environment. Особливо значущими є дослідження у сфері «Music & Artificial Intelligence», де викладачі, композитори та студенти RNCM працюють із алгоритмами глибинного навчання, системами автоматичного аналізу аудіо, синтезу звуку та генеративної композиції. В межах цього напрямку

створено інструмент SampleRNN – систему нейронного синтезу аудіо, здатну генерувати оригінальні музичні тексти на основі навчання на великих масивах даних.

Крім того, у PRiSM розробляються технології автоматичного розпізнавання музичних жестів, AI–партитури, а також алгоритми спільного створення музики (co–creation systems), у яких виконавець і машина взаємодіють у режимі реального часу. У 2024 році PRiSM презентував серію світових прем'єр у співпраці з International Contemporary Ensemble (Нью–Йорк)– концертну програму, створену на основі експериментів з неймережевими моделями генеративної музики (Music, AI and Co–Creation).

Значення діяльності PRiSM виходить за межі суто технічних інновацій. Її педагогічна складова спрямована на формування нового типу музиканта–дослідника, який володіє не лише виконавськими навичками, а й компетенціями у сфері аналізу даних, програмування та алгоритмічної творчості. Завдяки цьому RNCM стає одним із перших консерваторських центрів, що формує освітню модель «музикант 4.0», де інтеграція штучного інтелекту розглядається як частина творчого мислення, а не як зовнішній технологічний додаток.

Таким чином, досвід PRiSM демонструє стратегічну трансформацію класичної консерваторії у дослідницько–технологічний простір, де навчання, наука і виконавство утворюють єдину систему. Це яскравий приклад того, як у постковідний період музичні академії світу переосмислюють власну роль, поєднуючи академічні традиції з інноваційними цифровими практиками.

Серед провідних світових консерваторій, що активно реагують на технологічні зміни у сфері мистецької освіти, особливе місце посідає **The Juilliard School (Нью–Йорк, США)**. Визнана як один із найавторитетніших навчальних закладів світу у галузі музики, театру та танцю, школа упродовж останніх років демонструє стратегічний курс на поєднання традиційної виконавської майстерності з цифровими та штучно–інтелектуальними

технологіями. На базі закладу функціонує Center for Creative Technology (CCT) – інноваційний осередок, створений для розробки міждисциплінарних освітніх і творчих програм у галузі музичної технології, цифрового виробництва, інтерактивних середовищ і генеративного мистецтва. Центр співпрацює з факультетами музики, хореографії та драми, забезпечуючи студентам доступ до технологій, що формують нову парадигму сценічного мистецтва у добу штучного інтелекту.

Серед ключових напрямів діяльності CCT – впровадження III – асистованих практик у навчальний процес, зокрема AI–assisted role preparation (допоміжне використання алгоритмів під час опанування виконавських ролей), immersive performance environments (занурювальні мультимедійні сцени) та virtual world–building (створення віртуальних сценічних просторів для музично–театральних проєктів). Завдяки цьому Juilliard поєднує класичну виконавську школу з найновішими технологічними можливостями, що відкривають нові горизонти для навчання й творчої самореалізації студентів.

У 2025 році Центр презентував Future Stages Festival – серію виступів і перформансів, присвячених темі синтезу мистецтва, технології та штучного інтелекту. У межах цього фестивалю студенти й викладачі Juilliard продемонстрували роботи, що використовують генеративні алгоритми для візуального та звукового оформлення, інструменти машинного навчання для аналізу виконавського жесту, а також цифрові системи реального часу для побудови мультимедійних композицій. Значення цього досвіду полягає не лише у впровадженні нових технологій, а й у переосмисленні самої філософії мистецької освіти. Juilliard демонструє, що штучний інтелект може стати не лише інструментом оптимізації чи аналізу, а повноцінним компонентом творчого процесу – у ролі аналітичного партнера, візуального дизайнера чи генератора художніх ідей.

У глобальному контексті діяльність Juilliard School свідчить про зміну освітньої парадигми в мистецтві: цифрові технології та III–інструменти

інтегруються у структуру підготовки виконавця, не замінюючи людину, а розширюючи її творчий простір. Це підтверджує, що провідні консерваторії світу розглядають технологічний прогрес не як загрозу традиції, а як її природне продовження— шлях до нових форм музичної комунікації, педагогіки й міждисциплінарної співпраці.

Порівняння досвіду Китаю, Великої Британії та США свідчить, що використання штучного інтелекту в академічній музичній освіті набуває глобального характеру, охоплюючи різні рівні – від сценічних експериментів (як у Центральній консерваторії) до міждисциплінарних досліджень і навчальних моделей (як у PRiSM та Juilliard). ШІ у цих прикладах виступає не як заміна людської творчості, а як партнер, каталізатор і розширення музичного досвіду, що формує нову культуру мислення сучасного музиканта.

3.2. Віртуальна та доповнена реальність у музичній освіті й виконавській практиці: педагогічні та художні виміри

Сучасний етап розвитку цифрових технологій позначився стрімким поширенням віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності, які відкривають нові горизонти для музичної освіти й виконавської практики. Вони дозволяють створювати віртуальні сцени та інструменти для практики та репетицій, даючи студентам, академічним музикантам, виконавцям можливість взаємодіяти з ними без необхідності мати доступ до фізичних інструментів або сценічних майданчиків. Ці технології забезпечують не лише технічне вдосконалення процесу навчання, але й сприяють формуванню нової парадигми художнього мислення, у якій слухове, зорове й просторове сприйняття об'єднуються в єдине синестетичне середовище.

Virtual Reality (VR) – це технологія повного занурення у цифрове середовище, де користувач за допомогою шоломів (Oculus Quest, HTC Vive, Sony VR) та сенсорних контролерів взаємодіє з віртуальними об'єктами, акустичними просторами й інструментами. Augmented Reality (AR), натомість, не ізолює людину від реального простору, а накладає на нього

цифрові елементи— нотні проєкції, інтерфейси для аналізу звуку чи візуалізацію партитури у реальному часі. Таким чином, VR створює новий художній простір, а AR— розширює межі реального, інтегруючи цифрову взаємодію в живий процес виконання чи навчання.

У світовій практиці VR/AR—технології вже стали повноцінним компонентом освітнього та концертного процесу. Проєкт **The Virtual Orchestra**³ (Philharmonia Orchestra, Велика Британія)— це інноваційна VR-ініціатива, розроблена з метою дати слухачеві можливість опинитися «всередині» симфонічного оркестру. За допомогою 360°-відео, стереоскопічного зображення та просторового звуку користувач спостерігає за диригентом і музикантами з позиції виконавця, переміщуючись серед інструментальних груп у віртуальному просторі. Такий досвід, за заявою розробників, формує у студентів і слухачів просторове відчуття ансамблю, допомагає усвідомити архітектоніку оркестрового звучання та дослідити взаємодію між групами інструментів зсередини процесу виконання. Проєкт має також педагогічний вимір: у ньому вбачають потенціал для навчання диригування, оркестрового слуху й розвитку здатності аналізувати музичну фактуру у тривимірному середовищі. Цей досвід формує у студентів просторове відчуття ансамблю, дозволяє вивчати взаємодію інструментальних груп і сприймати музику з точки зору виконавця.

Подібну мету переслідує проєкт **Beethoven Immersive Experience**— віртуальний концертний формат, створений із застосуванням VR-технологій та просторового звуку. У межах цього досвіду користувачі можуть “прожити” Симфонію № 9 Людвіга ван Бетховена, перебуваючи у тривимірному звуковому середовищі, де звук змінюється залежно від позиції слухача.

За описом розробників, система забезпечує інтерактивне занурення у виконання: користувач може спостерігати оркестр і хор під різними

³ <https://youtu.be/-9sESRXHUgw?si=ZjtmPS8IS98K0hpX>

ракурсами, відчуваючи зміни динаміки, тембру та просторової перспективи. Такий формат сприяє формуванню нового типу музичного сприйняття, у якому слухач не лише чує, а й переживає музичну форму через простір і рух. Одним із найгрунтовніших наукових досліджень у галузі використання віртуальної реальності (VR) у музичній освіті та творчості є проєкт Keep the VRhythm Going⁴ (Ppali, Staneva & Gatzidis, 2022). Це перше системне дослідження, у якому VR розглядається не як інструмент для глядача, а як активне середовище для виконавця, здатне підтримувати творчий процес, імпровізацію, репетиції та самонавчання.

Дослідники виходили з концепції, що музиканти постійно взаємодіють із простором, у якому виконують музику: акустика, візуальні параметри та просторові відчуття безпосередньо впливають на виразність виконання, інтонацію, темп, вібрато та навіть рівень натхнення. У реальному житті доступ до професійних залів обмежений фінансовими, часовими чи технічними чинниками, а пандемія COVID-19 ще більше ускладнила процес репетицій у фізичних просторах. Тому вчені поставили питання: чи може VR компенсувати ці обмеження та створити для музикантів інтерактивне, сенсомоторно насичене освітнє середовище?

Результатом стала розробка VR-платформи Rehearse & Perform, створеної за принципом musician-centred design – орієнтації на потреби виконавця, а не публіки. У цій системі поєднано візуальну тривимірну модель концертного простору та реалістичну симуляцію акустики завдяки просторовому звуку (spatial audio). Користувач міг переміщатися у віртуальному середовищі, змінювати параметри залу, взаємодіяти з інструментами та оцінювати звучання з різних позицій сцени.

У дослідженні взяли участь 19 музикантів різного профілю (піаністи, струнники, духовики, вокалісти), а також 15 фахівців з музичної науки та

⁴ https://youtu.be/IJwHZCZ2Jpc?si=P_tXHRpg8fgm6K77

психології виконання, які допомогли сформулювати критерії ефективного VR–дизайну. Результати показали, що VR дає змогу:

- репетирувати у просторах, недоступних у реальному житті (великі концертні зали, історичні сцени, церкви);
- адаптувати гру до різних акустичних параметрів залу;
- розвивати просторове мислення, слух і оркестровий баланс;
- знижувати сценічну тривогу через безпечне багаторазове «занурення» у ситуацію публічного виступу;
- стимулювати креативність, оскільки нові просторові умови викликають інтуїтивне переосмислення тембру, фразування та динаміки.

Значну увагу автори приділили теоретичній ідеї “музичного простору як інструмента”, що бере свій початок у дослідженнях Шерера, Уено й Рейбрука. У VR–середовищі ця концепція отримала практичне втілення: музикант не лише грає у просторі, а «грає сам простір», моделюючи звук і світло як компоненти виконавського процесу. Таким чином, Rehearse & Perform створює середовище повного сенсомоторного залучення– слух, зір, рух і когнітивне реагування працюють одночасно, що активізує механізми імпліцитного навчання, інтуїції й «потoku» (flow state), характерного для найвищих рівнів творчої продуктивності.

Автори роблять висновок, що VR може стати ефективним педагогічним інструментом у консерваторіях і музичних академіях майбутнього, оскільки дає змогу поєднати реальну техніку виконання з цифровим експериментом, розвиваючи у студентів просторове мислення, художню уяву й стійкість до сценічного стресу.

Завдяки таким розробкам музична освіта переходить на рівень immersive learning, у якому занурення у віртуальне середовище сприяє глибшому розумінню музики, а VR–технології стають не лише інструментом симуляції, а повноцінним простором творчості й педагогічної рефлексії.

Педагогічні та виконавські аспекти.

З педагогічного погляду, VR/AR–середовища сприяють індивідуалізації навчального процесу та створенню умов для безпечного моделювання сценічних ситуацій. Викладач може організовувати симуляції концертних виступів, що дозволяють студентів практикуватися в умовах, максимально наближених до реальної сцени. Це відкриває можливості для аналізу власної поведінки, розвитку концентрації, сценічної постави та психологічної стійкості. Окрім цього, VR–технології сприяють розвитку просторового слуху–здатності орієнтуватися у тривимірному звуковому полі, що має ключове значення для диригентів, ансамблістів і звукорежисерів. Такі навички формуються завдяки симуляції акустики різних залів і можливості взаємодії з цифровими звуковими об’єктами у просторі.

З виконавського боку, VR/AR відкривають нові можливості для репетицій у віртуальних просторах. Музиканти можуть моделювати сцену, розташування інструментів, освітлення й акустику, експериментуючи з балансом ансамблю та сценічною взаємодією без потреби у фізичній присутності колективу. Показовим прикладом є програма Digital Performance Studio (NTNU, Норвегія), у межах якої створюються VR–проекти для моделювання історичних концертних залів – таких як Віденська філармонія чи Карнегі–Хол. Ці віртуальні середовища дозволяють виконавцям аналізувати акустичні параметри простору й готуватися до виступів у реальних умовах, оптимізуючи баланс звучання та психологічну готовність до сцени.

Отже, VR/AR–технології формують нову естетику музичного виконавства й педагогіки, у якій цифрове середовище постає не лише як технічний інструмент, а як простір творчості та художнього досвіду. Вони поєднують академічні традиції з інноваційними форматами занурення, стимулюючи розвиток синестетичного мислення, креативності та сценічної присутності.

Як зазначають дослідники (Kartal Satır, Koç та Canbek 2024), VR/AR не замінюють живе мистецтво, а розширюють його межі, формуючи новий

вимір музичної освіти – віртуально-реальне виконавство, у якому навчання, досвід і технологія зливаються в інтегроване, динамічне ціле.

3.3. Сенсорні студії в музичній освіті та виконавській практиці: тілесний, фізіологічний і сценічний виміри

Якщо VR/AR-технології моделюють для музиканта передусім простір і публіку, то сенсорні студії додають ще один вимір – тілесність та фізіологію виконання. У таких лабораторіях аналізується не лише звучання, а й траєкторії руху, постава, погляд, показники стресу. Упродовж 2020 – 2025 рр. саме у провідних консерваторіях та музичних центрах світу було запущено кілька проєктів, які демонструють, як сенсорні технології можуть радикально змінити як аудиторне, так і дистанційне навчання.

Один із найяскравіших прикладів – Performance Laboratory⁵ Королівського коледжу музики в Лондоні, створена на базі Центру науки про виконання (Centre for Performance Science, CPS). У 2023 році RCM отримав грант у розмірі 1,9 млн фунтів від Arts and Humanities Research Council та World Class Laboratories Fund для масштабної модернізації існуючого Performance Simulator, про який ми вже зазначали в попередньому розділі дослідження про VR/AR технології, і перетворив його на пару високотехнологічних сенсорних лабораторій. Performance Laboratory складається з двох пов'язаних між собою просторів: великої студії – концертної зали та меншого залу для індивідуальної роботи.

На стіни проєктуються віртуальні зали, сцени, оперний театр, екзаменаційні аудиторії – усе зібрано в Unreal Engine, тобто фактично це 3D – двигун для академічної музики. У візуалізації – реалістична публіка й екзаменаційні комісії: можна змінювати «доброту»/«холодність» залу,

⁵ https://futurumcareers.com/learning-in-the-spotlight-cutting-edge-technology-to-help-performers-reach-their-full-potential?utm_source=chatgpt.com

додавати «відволікання» (кашель, телефон, людина, що виходить, суворий член журі тощо). Обидва приміщення обладнані екранами висотою до стелі, на які проєктуються віртуальні сцени, екзаменаційні аудиторії та концертні майданчики, змодельовані в ігровому рушії Unreal Engine на основі тривимірних сканів реальних залів .

Ключовим елементом студії є акустична система Meyer Sound Constellation: десятки динаміків у стінах і стелі дають змогу миттєво змінювати акустику приміщення чи настрій публіки – від «сухої» аудиторії до великої філармонічної зали або храму. Студент може виконати той самий твір у різних акустичних моделях, відчуючи, як змінюється баланс, педаль, динаміка.

У лабораторію інтегровано концертний рояль Steinway Spirio R, який здатний записувати й відтворювати точні параметри гри (рух клавіш, педалей), а також розширений комплекс performance capture: системи захоплення руху (motion capture), трекінг погляду (eye-tracking), а також фізіологічні сенсори для вимірювання частоти серцевих скорочень, дихання та інших показників стресу. Усе це синхронізується з аудіо– й відеозаписом, що перетворює кожен виступ на об'єкт детального наукового аналізу.

Педагогічний потенціал Performance Laboratory проявляється в кількох напрямках:

1) Подолання сценічної тривоги. Симуляція «стресових» ситуацій (конкурс, екзаменаційна комісія, публіка, що реагує) у контрольованих умовах дає змогу студентам поступово звикати до тиску сцени, відстежуючи зміни у фізіологічних показниках, темпі, стабільності інтонування.

2) Підготовка до конкретних майданчиків. Завдяки акустичному моделюванню можливо наблизити умови реального залу, у якому

заплановано виступ; студент і викладач працюють над балансом, динамікою й педаллю з урахуванням саме цих акустичних параметрів.

3) Міждисциплінарний тренінг. Лабораторія використовується не лише музикантами: у ній проводять репетиції актори, викладачі, керівники центрів, де відпрацьовують навички сценічної гри на сцені чи публічного виступу. Це демонструє, що інфраструктура, створена в музичному виші, стає моделлю для ширшого поля «performance science».

Таким чином, Performance Laboratory поєднує імерсивну візуальну симуляцію сцени з сенсорним аналізом руху й фізіології, перетворюючи процес підготовки до виступу на комплексний науково–педагогічний експеримент. Для дистанційного навчання ця платформа є орієнтиром: частина її функцій (зміна акустики, аналіз відео– та аудіоданих, моделювання публіки) може бути адаптована у спрощеному форматі в онлайн–середовищах.

Центр Music Performance Science and Musicians' Medicine⁶ (Ченду, Китай). Інший полюс сучасних сенсорних студій демонструє перший у Китаї Центр науки про музичне виконання та медицини музикантів, описаний у статті Q. Yang, C. Mibu та Y. Zhang «Motion Capture System in Performance Assessment of Playing Piano: Establishing the Center for Music Performance Science and Musicians' Medicine in China» (2025).

Цей центр зосереджений передусім на біомеханіці та фізичному здоров'ї піаністів. Ядром лабораторії є високоточна оптична система motion capture (MoCap) з кількома інфрачервоними камерами, які фіксують просторове положення рефлексивних маркерів, закріплених на тілі піаніста (хребет, плечовий пояс, лікті, зап'ястя, пальці). Додатково використовуються

⁶ https://www.mdpi.com/2673-4591/98/1/28?utm_source=chatgpt.com

цифрове піаніно, аудіорекордери та програмне забезпечення для синхронізації звуку та руху.

На основі цих даних дослідники розробляють методологію оцінки фортепіанного виконання, у якій техніка аналізується через:

- кути згинання в суглобах, амплітуду та плавність рухів;
- симетрію постави й розподіл ваги тіла;
- зв'язок між руховими патернами й якістю звуку (динаміка, артикуляція, контроль атаки).

Окрема увага приділяється профілактиці професійних травм у підлітків—піаністів та студентів, для яких характерні великі обсяги щоденної практики. У співпраці з фахівцями з медицини музикантів центр досліджує опорно—рухові розлади, пов'язані з грою на роялі, аналізуючи, які типи руху й пози найбільше пов'язані з болями та перенапруженням, і формулює рекомендації щодо «здорових» рухових стратегій у фортепіанній грі.

Педагогічно сенсорна студія в Ченду змінює формат взаємодії «викладач—студент»:

- замість загальних формулювань («рука затиснена», «спина провисає») викладач оперує кількісними показниками (кут, швидкість, симетрія руху);
- студент бачить 3D—візуалізацію власного тіла під час гри, що підсилює рефлексію над технікою та полегшує зміну шкідливих звичок;
- дані MoCap можна використовувати і в дистанційному форматі: записані сесії аналізуються віддалено, а рекомендації обговорюються онлайн.

У ширшій перспективі цей центр демонструє, як сенсорні технології можуть інтегрувати мистецтво, науку й медицину, формуючи нову гілку музичної науки у структурі музичної освіти.

Розглянуті кейси показують два взаємодоповнювальні вектори розвитку сенсорних студій у музичній освіті 2020-2025 рр.:

- європейський (Performance Laboratory, RCM) акцентує сценічний вимір: симуляція залу, публіки, акустики, дослідження стресу й психологічної стійкості виконавця;
- китайський (центр у Ченду) зосереджується на тілесному вимірі: біомеханіка, здоров'я, профілактика травм, науково обґрунтована оптимізація техніки.

У межах даного дослідження сенсорні студії розглядаються передусім як інструменти підтримки академічного музиканта: зниження сценічної тривоги, безпечного опрацювання стресових ситуацій та своєчасної профілактики професійних травм. Сенсорні студії постають як додаткові ресурси підтримки академічного музиканта—поруч із викладачем, лікарем, психологом. Вони не замінюють живе спілкування «педагог—учень» і не скасовують художньої свободи, а дають можливість безпечніше готуватися до сцени, довше зберігати працездатність і будувати стійку виконавську кар'єру в умовах зростаючих вимог до психічної й фізичної витривалості музикантів.

Висновки до розділу 3

Міжнародні кейси інтеграції ІІІ в академічну музичну освіту. Аналіз міжнародного досвіду показав, що у провідних музичних закладах світу штучний інтелект уже використовується не лише як допоміжний інструмент, а як повноцінний учасник творчого процесу. Центральної консерваторії музики в Пекіні: на концертах China Now Music Festival ІІІ фактично виконував роль співкомпозитора й віртуального оркестру. Алгоритми ІІІ в реальному часі реагували на жести диригента (через систему motion capture), імітували звуки старовинних інструментів, накладали «цифрову тінь» оркестру, посилюючи звучання інструментальних груп, а також моделювали

віртуальний хор із тисячі голосів, створюючи ефект, який надзвичайно складно відтворити звичайними засобами. Позиція розробників і педагогів SSCOM підкреслює етичний вимір такого підходу: за словами керівника напрямку музичного ШІ Лі Сяобіна, штучний інтелект у музиці має «допомагати й розширювати можливості людини, а не замінювати її». У цьому контексті ШІ розглядається як творчий інструмент і аналітичний партнер, що працює з великими масивами даних, прогнозує музичні структури та пропонує нові звукові моделі, але не підміняє авторський задум. PRiSM (Велика Британія) реалізує низку інноваційних напрямів, серед яких— Music & Mathematics, Music & Artificial Intelligence і ін. Особливо значущими є дослідження у сфері «Music & Artificial Intelligence», де викладачі, композитори та студенти RNCM працюють із алгоритмами глибинного навчання, системами автоматичного аналізу аудіо, синтезу звуку та генеративної композиції. У європейському контексті центр PRiSM при Royal Northern College of Music демонструє формат роботи з ШІ, де алгоритми застосовуються для генерації нових звукових текстур, аналізу аудіо, формує тип музиканта—дослідника, який володіє як виконавською майстерністю, так і цифровими компетентностями. Таким чином, досвід PRiSM демонструє стратегічну трансформацію класичної консерваторії у дослідницько—технологічний простір, у якому навчання, наука й виконавство утворюють єдину систему та задають орієнтир для оновлення музичної академічної освіти.

Juilliard School (Нью-Йорк) інтегрує ШІ в освітній процес через міждисциплінарні проєкти Center for Creative Technology, де поєднуються музика, театр і танець. Студенти працюють із генеративною графікою, ШІ-партнерами у сценічних перформансах, віртуальними сценами та immersive-постановками, експериментують із AI-assisted role preparation та цифровими сценічними просторами. У глобальному вимірі досвід Juilliard засвідчує зміну освітньої парадигми в мистецтві: цифрові технології й інструменти штучного інтелекту вбудовуються безпосередньо в систему підготовки

виконавця, не підміняючи людську творчість, а розширюючи її межі. Це показує, що провідні консерваторії світу сприймають технологічний прогрес не як загрозу академічній традиції, а як її природне продовження й ресурс для нових форм музичної комунікації, педагогіки та міждисциплінарної співпраці.

VR/AR–технології у професійній діяльності академічного музиканта. (The Virtual Orchestra, Beethoven Immersive Experience, Rehearse & Perform, Digital Performance Studio). Дані інтерактивні рішення продемонстрували себе як новий інструмент музичної освіти й виконавської практики. Вони дають змогу моделювати присутність усередині симфонічного оркестру, працювати з віртуальними концертними залами, змінювати акустику простору, аналізувати баланс між групами інструментів і готуватися до виступу в умовах, максимально наближених до реальної сцени. Викладач може організовувати симуляції концертних виступів чи готувати студента до міжнародних конкурсів в умовах, максимально наближених до реальної сцени. Це відкриває можливості для аналізу власної поведінки, розвитку концентрації, сценічної постави та психологічної стійкості. Практичний досвід використання таких середовищ у навчальному процесі показує, що VR/AR сприяють розвитку просторового слуху, формуванню сценічної стійкості, зниженню рівня тривоги перед публічним виступом. У педагогічному вимірі ці технології підтримують індивідуалізацію навчання, дозволяючи студентам багаторазово «програвати» сценічні ситуації в безпечному режимі занурення.

Сенсорні студії та лабораторії музичного виконання. Performance Laboratory Королівського коледжу музики в Лондоні та Центр Music Performance Science and Musicians Medicine в Китаї продемонстрували два взаємодоповнювальні вектори розвитку цього напрямку: європейський – із фокусом на психологічному здоров'ї академічного музиканта в концертних умовах (симуляція залу, публіки, акустики, аналіз стресу й психологічної стійкості виконавця) та китайський – із акцентом на фізичному здоров'ї

виконавців–піаністів (motion capture, профілактика професійних травм, оптимізація техніки гри піаніста). Поєднання візуальної симуляції сцени, змінної акустики (ідентичної до реальних умов), фіксації рухів, погляду та фізіологічних показників перетворює підготовку до виступу на комплексний науково–педагогічний процес, у якому викладач працює вже не лише з вербальними характеристиками («рука затиснена», «спина провисає»), а з реальними даними. В межах даного дослідження сенсорні студії розглядаються передусім як інструменти підтримки академічного музиканта: вони сприяють зниженню сценічної тривоги, безпечному опрацюванню стресових ситуацій, своєчасній профілактиці опорно-рухових розладів і формуванню довготривалої стійкості до фізичних та психоемоційних навантажень. При цьому такі лабораторії не замінюють живе спілкування «педагог-учень» і не скасовують художньої свободи, а дають можливість безпечніше готуватися до сцени, довше зберігати працездатність і будувати стійку виконавську кар'єру в умовах зростаючих вимог до психічної і фізичної витривалості музикантів.

Узагальнення теоретичних і практичних результатів дослідження дає підстави стверджувати, що сучасна академічна музична практика перебуває у фазі системної трансформації, в межах якої цифрові та штучно-інтелектуальні технології функціонують як інтегральний елемент професійної ідентичності музиканта, зберігаючи пріоритет художньої суб'єктності, інтерпретаційної відповідальності та академічної доброчесності в умовах глобальних соціокультурних викликів.

ВИСНОВКИ

Опрацьована наукова література, залучена до дослідження, була систематизована за кількома взаємопов'язаними тематичними блоками, що дозволило комплексно осмислити трансформацію професійної діяльності академічного музиканта в умовах цифрових змін 2020-2025 років. Перший блок становлять праці, присвячені впливу пандемії COVID-19 та війни на музичну освіту і професійну діяльність музикантів. У цих дослідженнях аналізуються умови збереження безперервності освітнього процесу, адаптація до дистанційних і гібридних форматів, а також проблеми мотивації, психологічної стійкості та професійної ідентичності виконавців і студентів у кризових ситуаціях.

Другий блок джерел охоплює дослідження цифрового та гібридного навчання в музичних закладах вищої освіти, у яких розглядаються моделі поєднання синхронних і асинхронних форм, трансформація ролі викладача, зростання частки самостійної роботи здобувачів освіти та зміна структури навчальних курсів і репетиційної діяльності. Окрему групу становлять публікації, присвячені використанню штучного інтелекту в музичній освіті, виконавській та композиторській практиці, де порушуються питання алгоритмічного аналізу й генерації музики, розширення професійних можливостей музиканта, а також проблеми авторства, академічної доброчесності й етичних меж застосування алгоритмічних інструментів.

Ще один напрям досліджень пов'язаний із цифровими платформами та застосунками для роботи зі звуком, нотним текстом, дистанційним музикуванням і віртуальними концертами. У цих працях описуються технічні параметри сервісів для онлайн-ансамблевої взаємодії, інструменти автоматичної транскрипції, електронні нотні бібліотеки та платформи для спільної роботи над партитурою. Окремий сегмент літератури становлять дослідження VR/AR-середовищ і сенсорних студій, у яких музика розглядається крізь призму аналізу руху, просторового звучання, імерсивних мультимедійних форматів і профілактики професійних травм. Сукупність

цих джерел дозволила окреслити сучасний науковий дискурс цифрових трансформацій у музичній сфері та визначити місце даного дослідження в системі актуальних міжнародних підходів.

Проведене дослідження підтвердило, що період 2020-2025 років став переломним для академічної музичної сфери. Інформаційні технології еволюціонували з допоміжних інструментів у базове професійне середовище існування музиканта, спричинивши появу феномену «цифрової сцени» та нових форм комунікації з аудиторією. Слухач дедалі частіше постає не лише як пасивний реципієнт, а як активний учасник музичної події, залучений до інтерактивних і дистанційних форматів.

У сфері музичної освіти відбулася зміна педагогічної парадигми – від ієрархічної моделі «викладач – учень» до мережевої моделі «педагог-фасилітатор – студент-дослідник». Дистанційне та гібридне навчання стимулювали розвиток самостійності, навичок саморефлексії та аналітичного мислення здобувачів освіти, водночас актуалізувавши нову роль викладача як куратора й навігатора у цифровому освітньому просторі.

Дослідження практик дистанційного музикування засвідчило, що спеціалізовані платформи (JamKazam, SoundJack, FarPlay) здатні забезпечувати синхронну ансамблеву взаємодію з мінімальною затримкою звуку. Водночас їх масове впровадження обмежується високими технічними вимогами та складністю налаштування, що зумовлює їх використання переважно в професійних проєктах, майстер-класах і експериментальних форматах, а не у повсякденній педагогічній практиці.

Важливим результатом дослідження стало осмислення ролі штучного інтелекту як інтелектуального партнера академічного музиканта. Практичні кейси застосування програм Moises, Metronaut, Newzik, Cadenza, AnthemScore та інших доводять, що за умови свідомого й етичного використання ШІ значно підвищує ефективність індивідуальної підготовки, гнучкість репетиційного процесу, якість звукового аналізу та ансамблевої взаємодії. Водночас встановлено, що алгоритмічні інструменти залишаються

обмеженими у роботі зі складною поліфонічною фактурою та не можуть підміняти собою художню інтерпретацію й творчий вибір музиканта.

Аналіз міжнародного досвіду (Велика Британія, Китай, США) засвідчив глобальний характер інтеграції цифрових технологій у музичну освіту й виконавську практику. VR/AR-системи та сенсорні лабораторії (Performance Laboratory Королівського коледжу музики, Центр науки про музичне виконання в Ченду) демонструють нові підходи до підготовки музикантів: від моделювання акустики реальних залів і подолання сценічної тривоги до аналізу біомеханіки руху та профілактики професійних травм. Окрему увагу привертають експериментальні AI-перформанси, у яких штучний інтелект виступає співтворцем і реагує на диригентські жести в реальному часі, розширюючи межі концертної практики.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що цифрові технології не витісняють академічні традиції, а надають їм нових форм існування й розвитку. Формується музикант нового типу — технологічно обізнаний, адаптивний до сучасних викликів, здатний поєднувати виконавську, педагогічну, аналітичну та продюсерську діяльність. Водночас ключовою умовою такої трансформації залишається дотримання принципів академічної доброчесності та збереження художньої суб'єктності, за якої технологія постає не заміною, а партнером у творчому процесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановська, І. Г. (2022). Дистанційне навчання майбутніх учителів музичного мистецтва: виклики сьогодення. Магістерська робота. Український державний університет імені Михайла Драгоманова.
2. Долінна, Є. О. (2022). Інформаційна система прогнозування популярності музичного твору. Магістерська дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».
3. Зварич, О. Я. (2021). Використання технологій дистанційного навчання у галузі музичної освіти. Магістерська робота. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.
4. Калустьян, О., Остапчук–Будз, М., & Ковлева, М. (2023). Перспективи використання штучного інтелекту у професійній музичній освіті. Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку, 46, 153–158.
5. Калюжна, О. В. (2024). Методичні засоби дистанційного навчання в системі музично–теоретичної підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва. Актуальні проблеми гуманітарних і природничих наук, 75(1), 285–293.
6. Лі Хунянь. (2025). Формування мотивації до дистанційних форм навчання майбутніх бакалаврів музичного мистецтва в процесі виконавсько–інструментальної підготовки. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії. Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського.
7. Сироткіна, Ж. О. (2023). Використання штучного інтелекту у музичній освіті: освітні обрії. Освітні обрії, 57(2), 54–61.
8. Собченко, Т. В. (2024). Нова парадигма навчання майбутніх фахівців: поєднання штучного інтелекту, VR–технологій та аудіовізуальної аналітики. Педагогіка, комп'ютеризація, суспільство, 9(1), 112–118.

9. Яцителин, О., & Коваленко, О. (2024). Музична самоосвіта дорослих із застосуванням штучного інтелекту. Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України.
10. Aaberg, M. (2022). Virtual teaching in the applied string studio during the COVID-19 pandemic. *String Research Journal*, 13(1), 51–71.
11. Akarsu, S. (2021). Investigating secondary school music teachers' views about online music lessons during the COVID-19 pandemic. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 16(2), 160–178.
12. Anderson, A. (2024). Teaching music unmusically: The impact of the COVID-19 pandemic on secondary school music curricula in England. *The Curriculum Journal*, 35(3), 470–488.
13. Beirnes, S. (2022). Learner-centered pedagogy and student engagement in a virtual elementary instrumental music program. *International Journal of Music Education*.
14. Beirnes, S., & Randles, C. (2022). A music teacher's blended teaching and learning experience during COVID-19: Autoethnography of resilience. *International Journal of Music Education*.
15. Bezemchuk, L. (2023). Engaging music-pedagogy students in online learning in Ukraine. *The Modern Higher Education Review*, 8, 86–97.
16. Biasutti, M., Philippe, R. A., & Schiavio, A. (2021). Assessing teachers' perspectives on giving music lessons remotely during the COVID-19 lockdown period. *Musicae Scientiae*, 25(4), 1–19.
17. Bucura, E. (2022). Considerations with virtual secondary music students. *Journal of General Music Education*, 35(2), 29–35.
18. Cayari, C. (2021). Creating virtual ensembles: Common approaches from research and practice. *Music Educators Journal*, 107(3), 38–46.
19. Cheng, L., & Lam, C. Y. (2021). The psychological impact of COVID-19 on Hong Kong music teachers. *Music Education Research*, 23(2), 211–224.

20. Degli Innocenti, E., Ricci, D., & Petrucci, L. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*, 142, 103641.
21. Daubney, A., & Fautley, M. (2021). U-turns in the fog: The unfolding story of the impact of COVID-19 on music education in England. *British Journal of Music Education*, 38(1), 3–12.
22. Draper, E. A. (2021). Teaching music remotely: Strategies for students with disabilities. *General Music Today*, 34(3), 39–41.
23. Fitzhum, E. (2023). Mission impossible? The development of music therapy education in Ukraine in spite of pandemic and war. *Musik und Gesundheit*, 42, 1–15.
24. Goodman, S. L. (2020). Rehearsing ensembles online. *Music Educators Journal*, 107(1), 15–16.
25. Hash, P. M. (2021). Remote learning in school bands during the COVID-19 shutdown. *Journal of Research in Music Education*, 68(4), 381–397.
26. Hietanen, L., Sepp, A., & Ruismäki, H. (2021). Music lecturers' professional development through distant coteaching between two universities in Finland. *Research Studies in Music Education*, 44(2), 1–17.
27. Kaschub, M. (2020). Making music education future-ready. *Music Educators Journal*, 106(4), 19–20.
28. Kartal Satır, U., Koç, T., & Canbek, G. (2024). *Metaverse and music education: Expanding the boundaries of artistic learning*. *International Journal of Music and Technology*, 12(1), 45–59.
29. King, A., Prior, H., & Waddington-Jones, C. (2019). Exploring teachers' and pupils' behaviour in online and face-to-face instrumental lessons. *Music Education Research*, 21(2), 197–209.
30. Koner, K. M., & Weaver, A. (2021). Mindfulness techniques in a high school band program during the COVID-19 pandemic. *Update: Applications of Research in Music Education*, 39(2), 1–11.

31. Kong, S., & Wong, W. (2021). Stressors and psychological distress: Music listening as a coping strategy for pre-service kindergarten teachers. *International Journal of Music Education*, 39(3), 1–16.
32. Li, Z., & Anderson, M. (2022). *Spatial audio training and immersive learning in VR-based music education*. *Frontiers in Psychology*, 13, 845–861.
33. McClellan, E. R., Vestby, S., Lang, J., & Ehrlich, A. (2023). Sociological aspects of music education in higher education in Brazil, Canada, Israel, Norway, and the United States during the COVID-19 pandemic. *Visions of Research in Music Education*, 42(1), 1–30.
34. Mercado, E. M. (2022). Preservice music educators' perceptions of in-person and asynchronous online fieldwork experiences. *Journal of Music Teacher Education*, 31(2), 41–54.
35. Miksza, P., Parkes, K., Russell, J. A., & Bauer, W. (2021). The well-being of music educators during the pandemic spring of 2020. *Psychology of Music*, 49(4), 1–17.
36. Napoles, J. (2022). Burnout: A review of the literature. Update: Applications of Research in Music Education, 40(2), 19–26.
37. Nichols, B. E. (2020). Equity in music education: Access to learning during the pandemic and beyond. *Music Educators Journal*, 107(1), 68–70.
38. NTNU Digital Performance Studio. (2023). *Virtual Rehearsal and Performance Environments for Musicians*. Norwegian University of Science and Technology.
39. Oliveira, A., McPherson, G., Ribeiro, L. M., & Oliveira-Silva, P. (2021). Musical achievement during a lockdown: The parental support miracle. *Research Studies in Music Education*, 43(2), 1–16.
40. Onderdijk, K. E., Swarbrick, D., Van Kerrebroeck, B., Mantei, M., Vuoskoski, J. K., Maes, P.-J., & Leman, M. (2021). Livestream experiments: The role of COVID-19, agency and emotional responses. *Frontiers in Psychology*, 12, 647929.

41. Park, Y. J. (2021). Online music education for sustainable development: Analysis of music learning videos in e-Hakseupteo. *International Journal of Music Education*, 39(4), 1–12.
42. Ppali, S., Lalioti, V., Branch, B., Ang, C. S., Thomas, A., Wohl, B. S., & Covaci, A. (2022). Keep the VRhythm going: A musician-centred study investigating how Virtual Reality can support creative musical practice. *CHI '22: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–19. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501922>
43. Ristivojević, M. (2021). Realisation of online musical instrument instruction. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 53(2), 235–252.
44. Savage, J. (2021). Teaching music in England today. *International Journal of Music Education*, 39(4), 464–476.
45. Savage, J., & Others. (2023). “The barriers have been removed!”: The rise of digital music-making in schools during COVID-19. *International Journal of Music Education*, 41(2), 210–225.
46. Shaheen, M. (2021). Self-determination theory for motivation in distance music education. *Journal of Music Teacher Education*, 31(2), 1–12.
47. Spieker, B., & Koren, M. (2021). Perspectives for music education in schools after COVID-19: The potential of digital media. *Israel Studies in Musicology Online*, 18, 74–85.
48. Stramkale, L. (2022). The impact of COVID-19 pandemic on music education: A review of the literature. *Human, Technologies and Quality of Education*, 17, 855–870.
49. Students’ attitudes toward online music education during the COVID-19 pandemic. (2021). *Frontiers in Psychology*, 12, 753785.
50. Thorgersen, K. A., & Mars, A. (2021). A pandemic as the mother of invention? Collegial online collaboration to cope with the COVID-19 pandemic. *Music Education Research*, 23(2), 225–240.
51. Thornton, L. (2020). Music education at a distance. *Journal of Music Teacher Education*, 29(3), 3–6.

52. Tsugawa, S. (2022). Bridging the digital divide: Distance music learning among older adult musicians. *International Journal of Music Education*, 40(1), 1–17.
53. Ververis, A., & Apostolis, A. (2020). Online music education in the era of COVID-19: Teaching instruments in public music secondary schools of Greece during the 2020 lockdown. In R. Thripp (Ed.), *Proceedings of ICSES 2020 – International Conference on Studies in Education and Social Sciences* (pp. 1–9).
54. Yackley, A. (2021). Developing musicianship through chamber ensembles: A sequential unit design. *Music Educators Journal*, 108(1), 34–42.
55. Yang, Q., Mibu, C., & Zhang, Y. (2025). *Motion Capture System in Performance Assessment of Playing Piano: Establishing the Center for Music Performance Science and Musicians' Medicine in China*. *Engineering Proceedings*, 98(1), 28.
56. Yu, S. (2023). Promoting musical instrument learning in virtual reality. *Computers & Education*, 204, 104817.
57. Zabanal, J. R. A. (2021). Applying a self-care framework to music education. *Update: Applications of Research in Music Education*, 39(3), 1–6.