

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Кафедра комп'ютерної інженерії

МЕЛЬНИЧЕНКО Олександр Сергійович

**Модель та програмний засіб музичного асистенту на
основі машинного навчання / Software system of music
assistant based on machine learning**

спеціальність: 123 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерна інженерія
Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КІм-21
О. С. Мельниченко

Науковий керівник:
к.т.н., О.Й. Піцун

ТЕРНОПІЛЬ – 2023

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему “Розробка інформаційної системи "Музичний асистент" з використанням штучного інтелекту” зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «магістр» написана обсягом 83 сторінки і містить 24 ілюстрацій, 3 таблиці, 2 додатки та 40 джерел за переліком посилань.

Метою роботи є розроблення інформаційної системи “Музичний асистент” з використанням штучних нейронних мереж.

Методи досліджень. Для розв’язання поставлених задач у кваліфікаційній роботі використано: методи: музичної теорії, аналізу аудіо-спектру; об’єктно-орієнтованого програмування (для розробки програмної системи).

Результати дослідження: архітектура згорткової нейронної мережі для навчання та визначення жанрової вибірки композиції, програмний модуль розробки.

Результати роботи можуть бути використані в розробці інформаційної онлайн платформи вивчення музичної освіти.

Орієнтовні напрямки розвитку досліджень: розроблення спеціалізованих програмних інтерактивних навчальних засобів та алгоритмів програмних модулів; розширення функціоналу інформаційно-навчальних систем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МУЗИЧНА ОСВІТА, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ.

RESUME

Qualification work on the topic "Development of the information system 'Music Assistant' using artificial intelligence" in the field of 123 "Computer Engineering," at the educational level of "Master," consists of 83 pages and includes 24 illustrations, 3 tables, 2 appendices, and 40 sources according to the bibliography.

The aim of the work is to develop an information system "Music Assistant" using artificial neural networks.

Research methods. To solve the tasks set in the qualification work, the following methods were used: methods of music theory, analysis of audio spectra; object-oriented programming (for the development of the software system).

Research results: architecture of a convolutional neural network for training and determining the genre selection of a composition, software development module.

The results of the work can be used in the development of an informational online platform for studying music education.

Potential research directions: development of specialized interactive educational software tools and algorithms for software modules; expansion of the functionality of information and educational systems.

KEYWORDS: MUSIC EDUCATION, NEURAL NETWORKS, SOFTWARE MODULE.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз сучасних систем онлайн-навчання в сфері музичної освіти	8
1.1 Аналіз методології онлайн освіти	8
1.2 Специфіка методології музичної освіти з використанням онлайн платформ	14
1.3 Аналіз програмних засобів.....	23
1.4 Постановка задачі роботи.....	27
1.5 Висновки до розділу	28
2 Алгоритми навчання та формування композицій.....	29
2.1 Алгоритм підбору композицій.....	29
2.2 Алгоритм визначення жанру.....	34
2.3 Алгоритм генерації композицій.....	40
2.4 Висновки до розділу	48
3 Програмна реалізація музичного асистента	49
3.1 Структура програмного модулю	49
3.2 Тестування модулю визначення жанру	57
3.3 Порівняльний аналіз аналогів програмних модулів.....	62
2.5 Висновки до розділу	69
Висновки	70
Список використаних джерел	71

ВСТУП

Питання якості освіти в сучасних тенденціях нарощування технологічних можливостей, методичних та практичних відкриттів в даній сфері, спрямованих на покращення засвоєння інформації в закладах, що надають освітні послуги та безперечні вимоги ситуацій, що унеможлиблюють вікові традиції їх постачання в умовах теперішнього світу відкрили простір новим можливостям та змінам, що раніше навіть не піддавались раціональному судженню.

Онлайн платформи, де-факто зайнявши віху в історії освітнього сектору, також стали новим інститутом, де кожен хто має доступ до Інтернету та всесвітньої павутини з цим наділяється правом отримати знання та освіту за бажанням. Не розділяючи заклади, де ця форма поширена як другорядна, чи то тимчасова, з суто спрямованими на мережу, ми можемо надати їм категорії за формою здобуття, де основою навчання та критерієм прогресу отримання знань буде лише зацікавленість студента досліджувати власні можливості.

До більшості природніх сучасних інноваційних процесів в описаній сфері є використання візуальних технік, вибір форм опрацювання інформації, можливість перегляду прогресу опрацьовуваного курсу. Розділ на застосування стороннього оцінювача чи надання цієї привілеї отримувачу освіти, є питанням не лише винятковим, але й ключовим в стані освіти сьогодні.

Винятковість ситуації полягає, що невід'ємна роль категорії викладача є незмінною через потреби незалежної оцінки, унеможливленої односкладною результативною вибіркою чи то корективах результатів осягнення програми, що не в ряді з естетичними судженнями викладачів студентів певних освітніх напрямків.

Дослідження можливостей надання засобів та форм, прогресу володіння рудиментами в музичній сфері дозволить нам краще розуміти природу, способи навчання в умовах технологічного прогресу, допоможе визначити межі розподілу між ролями та напрямками, якими може користуватись кожна

категорії учасників процесу.

Основною метою інформаційної системи є надання можливостей самостійного оволодіння знаннями сфери вивчення та допомога відстежування прогресу сфери. Важливим завданням постає вибір найкращої форми подання освітнього матеріалу, вивчення рольової сегментації та впливу надання контролю оцінки отримувача освітньої програми.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка інформаційної системи «Музичний асистент», що надає перелічені послуги учасниками системи.

Для виконання мети потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати методики онлайн-навчання;
- проаналізувати специфіку онлайн-навчання в сферах естетичного судження;
- розробити алгоритми та способи надання засобів оволодіння музичної освіти;
- програмно реалізувати інформаційну систему;
- провести порівняльний аналіз створеної системи з іншими онлайн-платформами;

Об'єктом дослідження є системи опрацювання музичної інформації.

Предметом дослідження виступають алгоритми навчання нейронної мережі на визначення жанрої вибірки за допомогою спектрограми, визначення навчальних матеріалів та створення програмованих класичних композицій.

Інформаційна система музичного асистента, що використовує штучний інтелект, відзначається науковою новизною завдяки розробці унікального алгоритму присвоєння навчальних матеріалів, що дозволяє персоналізувати навчання для користувачів.

Додатково, система впроваджує інноваційний підхід до визначення жанру музики, використовуючи алгоритми аналізу звуку та музичних характеристик для точного визначення стилю та настрою композицій.

Наукова новизна розроблених алгоритмів полягає здатності генерувати програмовані класичні композиції, що базуються на вивчених знаннях та стилістиці музичних шедеврів.

Результати кваліфікаційної роботи призначені для використання в навчальному процесі як додаткова ланка навчальних інститутів або для самостійного опанування музичної навчальної дисципліни.

Кваліфікаційна робота складається із трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

У першому розділі було проаналізовано існуючі методи онлайн освіти, було виділено основні переваги та недоліки. Також були проаналізовані наявні онлайн системи.

У другому розділі були наведені алгоритмічні розробки інформаційної системи. Алгоритм підбору композицій, визначення жанру та інтерактивного створення класичних творів були сформульовані, визначені та розроблені.

У третьому розділі були програмно реалізований модуль визначення жанру з використанням згорткової нейронної мережі та проведено аналіз результатів роботи розробленого програмного забезпечення.

Результати роботи знайшли своє відображення у роботі VIII Науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» (Тернопіль, Україна, 5 грудня 2023 року).

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОНЛАЙН-НАВЧАННЯ В СФЕРІ МУЗИЧНОЇ ОСВІТИ

1.1 Аналіз методології онлайн освіти

Аналіз праць на тему онлайн освіти не надає однозначної відповіді в праві використання специфічних термінів щодо форм проведення даного виду надання освітніх послуг. Фактично використання двох термінів – online-learning та e-learning є підтвердженими щодо використання в даному контексті аналізу. Тематика онлайн освіти постає все гостріше, проте характеристика підвидів даного виду все ж досі є інклюзивною та варіюється від цілі використання. Для уточнення приведемо таблицю, де ми можемо спостерігати варіативність доставки онлайн матеріалів та категорію, до якої причисляється дана форма.

Таблиця 1.1 - Різновидність форми подання освітніх матеріалів

Пропорція контенту, що постачається онлайн	Тип курсу	Типовий опис
0%	Традиційна	Курс, в якому не використовується жодна онлайн-технологія; Інформація передається письмово чи то усно
Від 1 до 29%	Часткове використання web	Курс, в якому використовується технологія, заснована на web, зазвичай обличчям до обличчя
Від 30 до 79%	Змішаний або гібридний	Курс, в якому співіснує онлайн-навчання та навчання обличчя до обличчя. Значна частина змісту передається онлайн, як правило використовується онлайн-обговорення та зменшена кількість занять обличчя до обличчя
80+%	Онлайн	Курс, де більша частина контенту передається онлайн

Розглянувши затвердженні типи, ми можемо краще розглянути методики, що поширені серед даних форм, проте краще всього визначити типи навчального контенту, щоб краще оперувати визначеннями при оцінці методів, зважаючи на тип поданої інформації. Насамперед, існує декілька типів навчального контенту:

1) Вміст, орієнтований на учня.

Навчальна програма електронного навчання має відповідати потребам, ролям та обов'язкам учнів у професійному житті. Цей вид вмісту, як-от навички, знання та всі види навчальних засобів, надані, щоб зосередитися на цілі учня.

2) Захоплюючий контент.

Навчальні методи та прийоми слід використовувати творчо, щоб розвивати захоплюючий і мотивуючий досвід навчання. Це залежить від розробки розкадровки, яка має бути заснована на дуже привабливому способі навчання програм[1].

3) Інтерактивний контент.

Для підтримки уваги та сприяння навчанню необхідна часта взаємодія з учнями. Навчання на основі сценарію є хорошим прикладом для такого типу навчальних медіа.

4) Персоналізація.

Самостійні курси мають бути налаштованими відповідно до інтересів та потреб учнів; на курсах, які ведуть інструктори, репетитори та оцінювачі усі учасники повинні мати можливість окремо стежити за прогресом та результативністю учнів.

Дані типи є вибіркковими та зокрема акцентованими на досвід отримання освіти, як процес винятковий та необмежений в формах надання інформації, що бере за мету лише якість засвоєння та сфери використання знань. Методологія онлайн освіти також підтримує дані підходи, проте несе більш фактичні форми втілення інструментарію сфери. Для аналізу методів звернемось до Піраміди Навчання.[2]

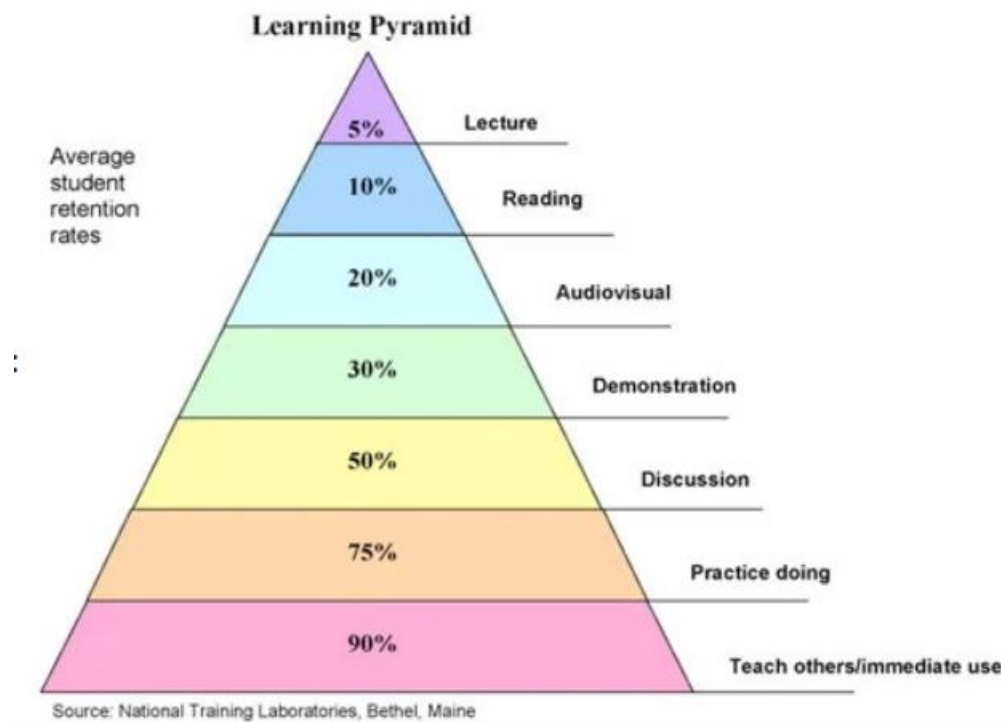


Рисунок 1.1 – Піраміда Навчання

Піраміда навчання, досліджена та створена Національними навчальними лабораторіями в Бетелі, штат Мен, ілюструє відсоток запам'ятовування учня, який пов'язаний з різними підходами. Перші чотири рівні: лекція, читання, аудіовізуальний та демонстраційний методи – це пасивні методи навчання. На відміну від цього, дискусійна група трьох нижніх рівнів, практика на практиці та навчання інших є методами навчання за участі (активних). Піраміда навчання має на мету визначити правильні методи при виборі методів електронного навчання. Звернення до піраміди під час аналізу ефективного способу викладання може забезпечити успіх у багатьох аспектах проведення надання освітніх послуг.

Багато типів електронного навчання можна створити за допомогою передових інструментів розробки, які відповідають потребам сучасних учнів на робочому місці. Існують різні типи рішень для електронного навчання, які можна використовувати для навчання учнів. Більшість методів електронного навчання є синхронними та асинхронними за своєю природою, що корелюється потребами учня та цілей навчання, які ви переслідуюємо.

Синхронне навчання.

Синхронні події відбуваються в режимі реального часу. Синхронне спілкування між двома людьми вимагає, щоб вони обидва були присутні в певний момент часу. Прикладами синхронного навчання є чат і миттєві повідомлення, відео- та аудіо-конференції, пряма веб-трансляція, спільний доступ до програм, дошка, опитування та віртуальні класи.

Асинхронні події навпроти вагу не залежать від часу. Самостійний курс є прикладом асинхронного навчання, оскільки онлайн-навчання відбувається в будь-який час. Прикладами інструментів асинхронного спілкування є електронна пошта або дискусійні форуми. У таких випадках студенти в ідеалі закінчують курс у власному темпі, використовуючи навчальну платформу, як-от LMS. Прикладами асинхронного навчання є самостійне навчання (SCORM), аудіо/відео, електронна пошта, дискусійний форум, вікі/блог, веб-трансляція/конференції, СВТ і WBT, моделювання, навчання на основі ігор.

Більшість розробників інструкцій зараз вибирають методи навчання з асинхронного режиму навчання. Області вибору методі онлайн освіти:

- Самостійна робота. На сьогоднішній день це найпоширеніший метод, який використовує вікі, блог та будь-які матеріали для читання, такі як файли ppt, pdf, щоб запропонувати початкові знання. Це також дозволяє експертам з предметних питань групі учнів, які навчаються в класі, вирішувати їхні запитання та сумніви.

- СВТs і WBTs. У цьому типі навчання електронні курси надаються учням у формі компакт-диска або комп'ютерного навчання (СВТ), яке можна запустити в системі учня. Електронні курси також можуть бути доступними через веб-навчання (WBT), які використовують Інтернет як платформу, як-от систему управління навчанням. Курси проводяться самостійно, і учень не спілкується з викладачем або іншими студентами. Це дуже добре підходить для старших категорій здобувачів освіти, які більш мотивовані навчатися, щоб опанувати нові навички, оновити своє резюме та досягти професійної досконалості.

- Змішане електронне навчання / під керівництвом інструктора (ILT). Це поєднує як синхронний, так і асинхронний способи навчання. Тут найкраще працює змішаний підхід, коли навчальна група використовується для проведення вправ і взаємодій. Ці вправи не можна проводити під час eLearning, оскільки взаємодія з однолітками обмежена. Короткі електронні курси можуть бути створені, щоб допомогти здобувачам освіти підготуватися до уроку перед тим, як вони прийдуть на заняття.

- Мобільне навчання. Легка доступність і доступність мобільних пристроїв створили простір для навчання з підтримкою мобільних пристроїв або мобільного навчання. Просто конвертувати електронні курси в мобільні модулі недостатньо. Необхідно враховувати можливості мобільного пристрою, зокрема дисковий простір, підключення до Інтернету та розмір екрана. Інструменти для розробки, такі як Captivate 8, забезпечують адаптивний дизайн електронного курсу. Це величезна перевага, оскільки скорочується витрати на виробництво, а також час, який витрачається на розробку електронних курсів для мобільної доставки.

- Соціальне навчання. Вплив соціальних медіа дуже сильний, і його також можна використовувати для корпоративного навчання. Все більше і більше організацій усвідомлюють справжню силу соціального навчання і заохочують своїх співробітників більше взаємодіяти з собою та іншими однодумцями. Співробітники співпрацюють і спілкуються на соціальних платформах, щоб обговорювати проблеми, запити та досвід. Платформи соціальної співпраці також створені в рамках LMS, щоб учням не доводилося обговорювати на загальнодоступних платформах, а навчання, яке впливає із взаємної співпраці, знаходиться і розвивається в LMS.

- Моделювання.

Симуляційне електронне навчання є дуже інтерактивним і в значній мірі покладається на графіку, відео, аудіо. Важливо, що часто існують спеціальні відео-симуляції або ігри, які цілком можуть включати 3D-компоненти. Навчання з нового програмного забезпечення є прикладом курсу, який часто включає високий рівень інтерактивності та симуляції.

- Ігрове навчання. Усі вважають ігри веселими, але вони також можуть бути потужним засобом навчання. Сьогодні багато організацій зосереджуються на терміні гейміфікації, який допомагає їм підвищити продуктивність і знання співробітників, мотивуючи їх навчатися за допомогою ігрових курсів. Такі курси зосереджені на створенні зацікавленості та мотивації учнів вивчати речі під час гри[3].

Вибір правильних методів електронного навчання повністю залежить від належного аналізу потреб організації та від природи аудиторії та методів їхньої співпраці. Знаючи всі переваги вибору методів електронного навчання, які відповідають вашим потребам, можна сміливо впроваджувати та експериментувати з методами - це може не тільки зробити процес навчання більш спрощеним і продуктивним, але також забезпечить кращий досвід електронного навчання для аудиторії.

При виборі методів електронного навчання важливо враховувати специфіку навчальної програми та визначати, які конкретні навички чи знання необхідні учням. Крім того, важливо адаптувати методи до особливостей аудиторії, зокрема, до їхнього рівня експертизи та відомостей.

Під час аналізу потреб організації, важливо визначити, чи необхідно акцентувати на інтерактивних завданнях, самостійному вивченні чи колективній роботі. Це може допомогти підібрати оптимальні методи, що забезпечать максимальну ефективність навчання.

Експериментування з різними методами навчання дозволяє отримати збалансований підхід та визначити, які конкретні стратегії найкраще сприймає аудиторія. Важливо поєднувати традиційні підходи з новаторськими електронними методами для створення комплексної системи навчання, що задовольняє різноманітні потреби учнів. Такий підхід не лише полегшить процес навчання, але й підвищить рівень зацікавленості та залученості аудиторії до вивчення матеріалу.

1.2 Специфіка методології музичної освіти з використанням онлайн платформ

Музична освіта ХХІ ст. вирізняється попитом нових ідей, розробок, концепій, що враховують реалії сьогодення: активізацію творчих форм роботи та широке використання музично-комп'ютерних технологій, зокрема інструментарію електронної музичної творчості та інтерес до онлайн форм викладання, що демонструється на рис 2.1 . При цьому сучасні напрями освіти намагаються не відриватися від високих культурних традицій художнього осмислення дійсності, що дісталися йому в спадщину, а підтримувати духовно-моральну планку процесу навчання творчості. Ультимативність даних компромісів призводить до появи рішень, що не можуть покривати цілу сферу розробки, проте вдало охоплюють низку потреб націлених на протидію ступору якісного підходу до питання загалом.



Рисунок 1.2 – Графік охоплення інтересів по Google за тегом “online music lessons”

У зв'язку зі специфікою музичної вищої освіти існує дві основні категорії дисциплін — кожна зі своїми особливостями та проблемами: теоретичні уроки та уроки виконання/прикладні навички. Теоретичні уроки легше передавати та організовувати в онлайн-середовищі через переважно інформаційний вміст, на

відміну від прикладних, в яких акцент робиться на розвиток індивідуальних та групових естетично-музичних навичок. На викладенні практичного матеріалу викладач не може виправити поставу або положення пальців учня на онлайн-уроках і не може підійти до таких прийомів, як гра на інструменті чотирма руками, які необхідні для демонстрації звуку, ритму та фраз, але не адаптуються до віртуального контексту. Для колективних уроків виконавства, таких як камерна музика, струнні квартети, хори та оркестри, адаптація до онлайн-середовища означає втрату специфіки цих дисциплін, оскільки такий підхід призводить до втрати рис динамічності, експресивності та інтерактивності, які є вирішальними факторами для підвищення виконавських навичок учнів.

Викладачі закладів музичної освіти переважно не володіють досвідом дистанційного навчання, а виконавське мистецтво чи композиція менш пристосовані до онлайн-освіти. Згідно з останніми дослідженнями, предметами, які відповідають цій системі, будуть теоретичні, групові (теорія музики, композиція, історія музики, антропологія, освіта вчителів, естетика, семантика тощо).

Щодо дистанційних занять з використанням музичного інструменту через Skype та MIDI було розглянуто переваги та проблеми трьох різних підходів до дистанційного навчання: синхронного (у реальному часі), асинхронного (у реальному часі) та поєднання синхронного з асинхронним. Таким чином, повідомлялося про декілька переваг таких уроків, але було зазначено, що можуть виникнути практичні проблеми, пов'язані з технологічними ускладненнями

Щодо гри на музичному інструменті з повним оркестром через індивідуальні дистанційні репетитори, зазначимо, що однією з обмежень такого способу навчання найчастіше є відсутність технічних навичок як у категорії викладачів, так і в учнів, які заважають виключно зосередитися на експресивній інтерпретації. Навіть у випадку студентів із передовими технічними навичками фізична взаємодія необхідна для їхнього прогресу. Таким чином, важливим предиктором задоволеності учнів є усвідомлена сумісність методів електронного навчання зі змістом навчання музичної освіти. Відчутна сумісність – це ступінь, до якого система електронного навчання сприймається як відповідна існуючим

цінностям, потребам і досвідом студентів і є важливим предиктором поведінкових намірів і усвідомленої корисності.

Іншим параметром, який необхідно враховувати під час онлайн-освіти, є кількість часу, який використовується для будь якого виду навчання, у трьох різних контекстах навчання (індивідуальному, груповому та теоретичному), специфічних для музичної сфери. Важливим фактором, який впливає на параметр часу, є експериментування перед вибором правильних налаштувань для онлайн-викладання та навчання, особливо для адаптації до музичної діяльності, а також той факт, що цей процес займає багато часу. З посиланням на взаємозв'язок між навичками управління часом та їх впливом на навчання та результати студентів, низка досліджень виділяє цей зв'язок як позитивний. Дослідження 2019 року показує, що ефективне управління часом пов'язане з кращою академічною успішністю і звертає увагу на труднощі, які виникають у студентів у пошуку балансу між особистим життям і професійною діяльністю.

Для чіткої характеристики ми можемо звернутись до останніх досліджень використання музичних інформаційних технологій, що зпираються на як на власні розробки так і на загальні типові рішення у цій сфері. Одне з досліджень, акцентоване на аналіз ефективності в сприйнятті онлайн освіти в умовах освоєння мистецьких навичок та зокрема кореляцією показників між видами цих форм набуття освіти, виявило інклюзивно необхідні данні про результати проведення сучасних освітніх курсів з використання онлайн-платформ зі сторони здобувачів освітніх програм.

Описовий аналіз показав, що студенти мали середній рівень задоволеності використанням платформ електронного навчання та онлайн-освіти загалом (27,3%); 34% студентів були задоволені і 15% дуже задоволені, тоді як лише 33,7% повідомили про нижчий рівень задоволеності. Проте більшість з них вважали, що онлайн-освіта мала великий внесок у їх професійний розвиток, а саме: 20% вважають, що онлайн-освіта мала дуже великий внесок, 24,5 – високий, 27,7 – середній, а 27,8 % вважають, що онлайн-освіта мала низький (17,3%) і дуже низький внесок (10,5%).

Щоб перевірити відмінності між сприйнятою корисністю методів онлайн-навчання в різних контекстах (індивідуальне, групове та теоретичне навчання) та сумісністю методів електронного навчання зі специфічними характеристиками музичної освіти, вони використовували повторні вимірювання ANOVA (Таблиця 1). Повторні вимірювання ANOVA виявили значні відмінності для двох вимірів, усвідомлена корисність була значно вищою для окремих предметів, ніж для групових предметів, і значно вищою для теоретичних предметів, ніж для індивідуальних і групових предметів. Така ж закономірність була отримана для сумісності методів електронного навчання з музичною освітою, показуючи, що онлайн-навчання та методи викладання сприймалися як більш придатні для індивідуального та теоретичного навчання, ніж для групового навчання.

Таблиця 1.2 - Відмінності між сприйнятими характеристиками методів онлайн-навчання в різних контекстах і між кількістю часу, присвяченого навчанню в трьох різних контекстах.

	Bonferroni comparisons	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>Mean diff.</i>	<i>F</i>	η^2
Characteristics of online learning						
Perceived utility	Individual—group	3.09 (1.38)	2.57 (1.42)	0.51***	61.38***	0.21
	Individual—theoretical	3.09 (1.38)	3.34 (1.27)	-0.25***		
	Group—theoretical	2.57 (1.42)	3.34 (1.27)	-0.76***		
Compatibility	Individual—group	2.43 (1.30)	2.19 (1.18)	0.24***	134.25***	0.33
	Individual—theoretical	2.43 (1.30)	3.18 (1.28)	-0.74***		
	Group—theoretical	2.19 (1.18)	3.18 (1.28)	-0.98***		
Learning context						
Individual	Before—During	3.48 (1.54)	3.52 (1.27)	-0.04	0.15	0.001
Group	Before—During	2.94 (1.49)	2.95 (1.54)	-0.005	0.002	<0.001
Theoretical	Before—During	2.56 (1.25)	2.65 (1.44)	-0.08	1.14	0.005

*F: Repeated measures ANOVA, η^2 : Eta squared, *** $p < 0.001$, $N = 220$. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.*

Посередницька модель для прогнозування задоволеності використанням методів і платформ електронного навчання виявила позитивний прямий вплив на сумісність онлайн-методів із контекстами музичної освіти та передбачуваної корисності, показуючи, що вища сумісність і вища усвідомлена корисність передбачають вищі рівні задоволеності. Нетерпимість до невизначеності в лоні онлайн-освіти не мала суттєвого впливу на задоволеність ($\beta = -0,10$, $p = 0,070$) (Рис. 1.2). Сумісність онлайн-методів і часу, проведеного в Інтернеті,

передбачили 35% загальної дисперсії передбачуваної корисності, тоді як сприйнята корисність, сумісність онлайн-методів, нетерпимість до невизначеності та час, проведений онлайн, передбачили 25% задоволення від використання методів електронного навчання. Час, проведений в Інтернеті, також мав значний позитивний вплив на задоволеність ($\beta = 0,13, p = 0,023$), але не мав суттєвого впливу на сприйняту корисність ($\beta = 0,05, p = 0,318$)., непрямий вплив часу, проведеного онлайн, також не є значущим ($\beta = 0,02, p = 0,285$). Відчутна корисність мала значний позитивний вплив на задоволеність ($\beta = 0,28, c < 0,001$).

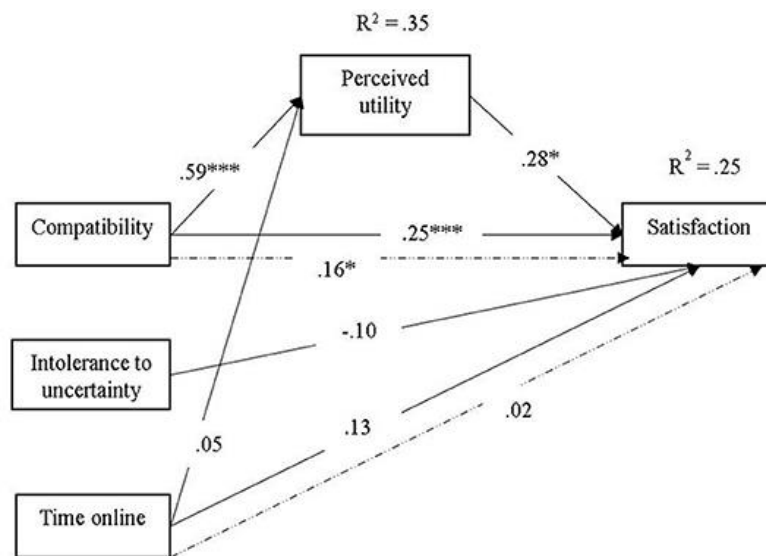


Рисунок. 1.3 - Посередницька модель для прогнозування задоволеності використанням методів та платформ електронного навчання (* $p < 0,05$ *** $p < 0,001$). → Прямий ефект --> Непрямий ефект.

Проте взаємозв'язок між сумісністю онлайн-методів та задоволенням від використання методів електронного навчання опосередковувався передбачуваною корисністю, непрямий ефект був позитивним і значним ($\beta = 0,16, p = 0,011$) (Таблица 1.3). Відчутна сумісність онлайн-методів мала позитивний значний вплив як на сприйняту корисність ($\beta = 0,59, p < 0,001$), так і на задоволеність використанням методів електронного навчання ($\beta = 0,25, p < 0,001$). Таким чином, вища сумісність, що сприймається, призвела до вищого сприйняття корисності, що, у свою чергу, призвело до більшого задоволення

студентів від використання засобів електронного навчання. Посередництво було частковим, враховуючи значний прямий вплив сумісності на задоволення.

Таблиця 1.3 - Оцінки шляху та пояснена дисперсія для задоволення від використання онлайн-методів.

	<i>Path</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²
Predicting perceived utility			0.35
Compatibility of online methods	0.59	<0.001	
Time spent online	0.05	0.318	
Predicting satisfaction toward the use of e-Learning methods			0.25
Perceived utility	0.28	<0.001	
Compatibility of online methods	0.25	<0.001	
Intolerance of uncertainty	-0.10	0.070	
Time spent online	0.13	0.023	
Indirect effect of compatibility through Perceived utility	0.16	0.011	
Indirect effect time spent online through Perceived utility	0.02	0.285	

N = 220.

Результати дослідження висвітлили кілька переваг онлайн-освіти. По-перше, ми відзначаємо доступність та гнучкість курсів, портативність та сприйнятливність, оскільки здобувачі мають можливість отримати доступ до курсів у будь-який час і в будь-якому місці та зменшити витрати на проїзд, проживання та навчання в кампусі. Завдяки використанню технологій можна розвивати нові навички. Інший аспект стосується інструменталістів, які мають робити записи своїх виступів, щоб їх оцінили. Таким чином, завдяки повторюваності він сприяє кращому засвоєнню репертуару, а також самоаналізу та більш точному оцінюванню. Дослідження підтвердило той факт, що для теоретичних та індивідуальних предметів онлайн-методики викладання та навчання можуть бути ефективнішими та більш прийнятними для музичної освіти, ніж для окремих предметів, перша гіпотеза підтверджується отриманими даними. Тому ми маємо можливість розгляду використання платформ

електронного навчання для теоретичних предметів музичної освіти як можливості для посилення музичного обміну та культурної взаємодії.

У виделіній специфіці розвитку стосунків учень–інструмент–викладач учень розвиває музичну ідентичність завдяки репертуару засобів експресії. Більшість музикантів і вчителів музики вважають експресію найважливішою навичкою яка є основним засобом для того, щоб зробити виступи цікавими та музично задовільними. Виразність створюється варіаціями в музиці, не зазначеними в написаній партитурі, такими як темп, динаміка, артикуляція, тембр, фразування, інтонація, вібрато, орнаменти та інші. Це не можна розуміти як вивчений шаблон, а має бути згенерований розумінням музичної структури. Під час навчання та гри на інструменті в режимі онлайн існують різноманітні елементи вираження, які можна змінити під час відеоконференції:

1. Висота та інтонація: для струнних і духових музикантів співзвучна гра є основним аспектом володіння інструментом. Регулювання положення руки на струнному інструменті або амбушюра на духовому інструменті викликає зміни висоти. Навички розрізнення на слух важливі для студентів, щоб виявити та виправити проблеми з інтонацією. Стимулювання внутрішнього слуху, плескання в долоні та спів мелодій, а також розбиття їх на коротші сегменти – це деякі з рішень, які пропонують вчителі. Існують певні аспекти, пов'язані з висотою та інтонацією, які можна змінити за допомогою відеоконференції. Тонкі зміни частоти, як у техніках вібрато чи трелі, можуть бути замасковані ефектом спрямованої динаміки мови та обробки частоти.

Наприклад, невеликі зміни частоти вібрато навколо ноти D2 може бути неможливо сприйняти через звичайну установку відеоконференції. Подібним чином, ноти поза межами діапазону інтересу для мови можуть бути замасковані до точки, що їх ледь сприймають. Наприклад, інструмент, який грає в середньому діапазоні і раптово змінюється на низький регістр, зберігаючи постійну інтенсивність, може створити враження раптового зниження інтенсивності через підвищення частот мовлення. Це може викликати плутанину між вчителем і учнем, якщо це явище невідоме, оскільки вчитель очікує збільшення або зменшення інтенсивності, що вже відбувається.

2. Тембр: інструменти виробляють певну схему частот гучних або тихих обертонів, які надають їм характерного кольору. Наприклад, чистий звук створюється кількома обертонами, а насичений – багатьма обертонами. Ключовим елементом тембру є атака ноти що використовується (атака смичком у струнному інструменті або формування тиску повітря на тростину в дерев'яному духовому інструменті) є настільки характерними, що є критичними для розпізнавання одного інструменту від іншого. Іншим важливим елементом у визначенні тембру є огинаюча напад-затухання. Він стосується часу, який потрібен для того, щоб звук досяг максимальної гучності, потім згас і, нарешті, припинився.

Зазвичай інструменти досягають максимальної гучності за кілька мілісекунд (час трохи відрізняється один від одного). Затухання означає час, потрібний для припинення звуку після припинення руху, який викликав вібрацію. Залежно від резонансу інструмента та атаки на ноту, ці часи змінюватимуться. Останнім відмітним елементом тембру є чистота тону, або кількість і тип шуму, властивого гри на інструменті. Такі шуми, як дихання, скрегіт смичка або клацання клавіш, важливі для того, щоб відрізнити один інструмент від іншого. Тембр інструменту залежить не лише від самого інструменту, а й від того, як на ньому грають (на тому самому інструменті, на якому грає початківець і професійний музикант звучить дуже по-різному). Виконавець протягом усієї своєї кар'єри намагатиметься розвинути найбагатшу різноманітність кольорів для застосування в різних творах і стилях і створити власну відмінну палітру тембрів. Завдання вчителя полягає в тому, щоб учень ознайомився з можливостями інструменту та як їх технічно розвинути. Подібно до того, що відбувається з висотою та інтонацією, конкретні частоти, які характеризують даний інструмент, навряд чи збігаються з частотами типові для мовлення. Таким чином, знову буде посилення частот, що може істотно змінити тембр інструменту. Це ускладнить завдання навчання шляхом імітації руху та звуку, оскільки учні не зможуть почути точну якість ноти чи фрази.

3. Динаміка: зміни в динаміці є потужним інструментом експресії у виконанні музики. Композитори знають, що максимальний ефект досягається

там, де динаміка змінюється в конкретному музичному контексті. Це поєднується з тим, що виконавці усвідомлюють, що збільшення їхнього динамічного діапазону підвищить їх музичну виразність. Студенти зазвичай проводять важливу частину уроку, розробляючи широкий діапазон інтенсивності для застосування в репертуарі.

Завдяки вирівнюванню та стисненню, які зазвичай застосовуються в програмному забезпеченні для відеоконференцій, зміни в динаміці, як правило, значні. зменшений. Стиснення сигналу може ускладнити або навіть унеможливити сприйняття різниць між інтенсивностями, такими як фортепіано, мецопіано або мецофорт; компресія підвищить сприйнятий рівень найнижчих звуків і обмежить найгучніші. Це означає, що на синхронному онлайн-уроці буде важко працювати з тонкими змінами в динаміці.

4. Темп і ритм: Це пов'язано з розумінням ритму та здатністю підтримувати рівномірний пульс під час руху або частини. Його також модифікують, щоб виконати вимоги композитора або з міркувань виразності. Ритм пов'язаний із моделями тривалості. Будь-яка музика має тривалість, і тому якийсь ритм, навіть якщо тривалість нерегулярна, може не давати відчуття темпу або підтримувати послідовність. Для студентів інколи нездатність зіграти вчасно буде пов'язана з технічними труднощами або недбалістю, а не з відсутністю розуміння. Роль вчителя полягає в тому, щоб передати важливість і деталі виразного ритму. Темп і ритм не змінюються програмним забезпеченням для відеоконференцій. Це означає, що точна тривалість нот буде чути через динаміки, коли їх захоплює мікрофон, якщо немає проблем із з'єднанням. Затримка не змінює темп; зазвичай це лише додає затримку сигналу, яка не вплине на жоден із згаданих параметрів.

5. Артикуляція та фразування: Фразування пов'язане з артикуляцією, як спосіб групування кількох нот для створення музичної ідеї. Разом вони надають музичного «сенсу» потоку інакше недиференційованих нот. Як правило, фрази створюють напругу до середини та розв'язуються до кінця. Це вимагає не тільки динамічної модуляції (голосніше в середині, тихіше в кінці), а й незначних змін тривалості ноти (у кульмінації фрази ноти зазвичай подовжуються, а в кінці

фрази скорочуються). Таким чином, артикуляція і фразування - це елементи, за які виконавці несуть найбільшу відповідальність.

Це також ознака, за якою можна відрізнити одного виконавця від іншого. Артикуляцію з її тонкощами іноді важко помітити, і вона зазвичай передається усно. Крім того, різні музичні стилі та музичні періоди потребують специфічних типів артикуляції, які вимагають точних знань та вказівок щодо їх застосування. Крім того, вони змінюються залежно від середовища виконання та акустичного оточення. Наприклад, щоб досягти чіткості в ревербераційній кімнаті, виконавець повинен буде використовувати енергійну артикуляцію та повільніший темп, ніж зазвичай.

Ось чому роль вчителя є незамінною - вирішувати конкретні проблеми, що виникають під час вивчення твору, і надавати знання досвіду виконання.

1.3 Аналіз програмних засобів

Можливості цифрових технологій сьогодення можуть забезпечити необхідні фундаментальні стовпи розвитку музичної освіти в цифровому просторі. Вони можуть виходити як і з традиційних феноменологічних принципів, практики осягнення відчуття музичної матерії в підтримках вікових установ та втілювати себе в широкому діапазоні засобів підкріплення цих емпіричних субстанцій. Потрібне значне поглиблення логічного, конструктивного початку у його обов'язковому взаємодії з естетичною складовою музичної мови, що зумовлює виникнення та розвиток й застосування нового інформаційного підходу до всіх сфер теорії музики.

Нажаль, всі категорії програмних засобів не виділяються комплексністю вирішень в питаннях всіх аспектів освітніх програм, що акцентуються на естетичних судженнях. Розробки, що базуються на практичній стороні покриття та забезпечення необхідних матеріалів для відточування не спрямованих на теорію, навиків можуть здивувати варіативністю, проте водночас обділяють час

та увагу на розгляд музичної теорії, сольфеджіо, історії музики. В той самий час вирішення для підкріплення теоретичних знань не можуть спрямувати доречний контроль за прогресом у володінні самого інструменту.

Серед засобів, що заслуговують на увагу можна виділити LearnWorlds, де є можливість пропонувати індивідуальні уроки, створювати онлайн музичну академію. Платформа обладнана інструментарієм для швидкого запуску онлайн школи, створенням унікального типу контенту для здобувачів освіти, підтримує низку навчальних блоків і видів діяльності. Відео, PDF-файли, електронні книги, SCORM, HTML5 та інші типи мультимедіа можна додавати у музичні курси, при плануванні роботи з особливими категоріями здобувачів вам може знадобитися H5P, який підтримує використання карток та інші види гейміфікації, які можуть зробити навчання веселим та інтерактивним.

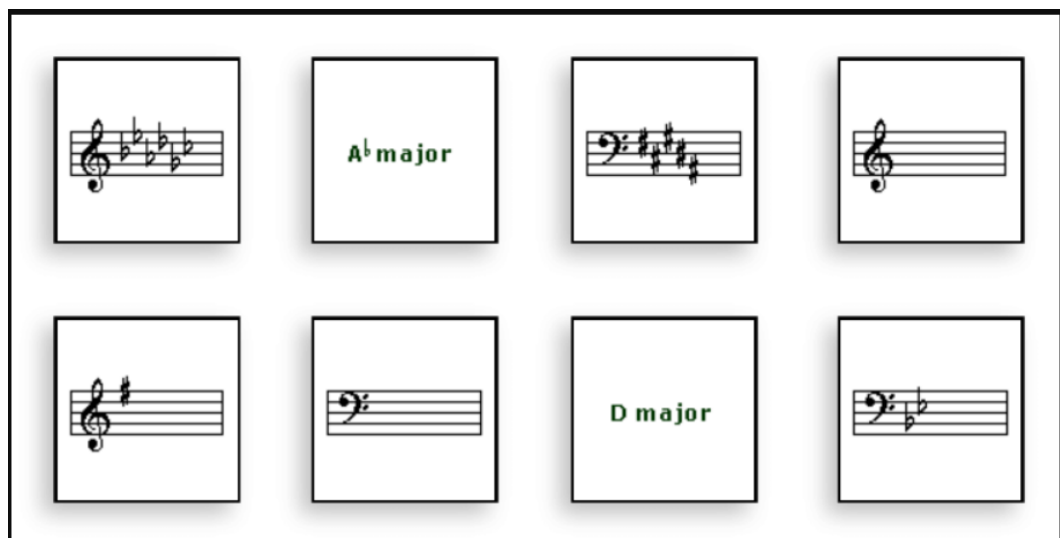


Рисунок 1.4 - Приклад роботи з картками з теорії музики

Щодо використання відео існує два варіанти - або завантаження записаних відео на платформу безпосередньо або за допомогою коду вставки. Планування та проведення уроків живої музики також можливе безпосередньо на платформі LearnWorlds - використання інтеграції Zoom дозволяє легко керувати майбутніми сеансами в прямому ефірі, надаючи повний перегляд календаря з усіма запланованими музичними курсами та зустрічами на місяць.

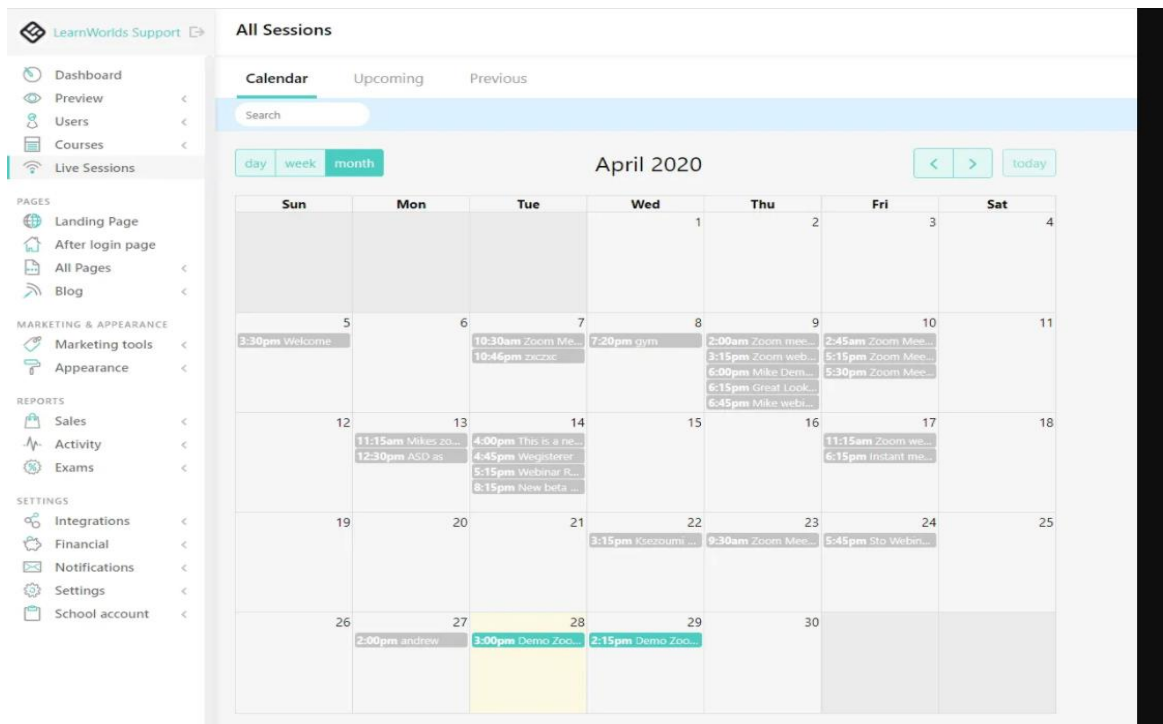


Рисунок 1.5 – Демонстрація календарю

Журнал оцінок дозволяє записувати й редагувати оцінки, скидати іспити та переглядати відповіді студентів на контрольні роботи та завдання. Він також може розповісти вам, хто закінчив курс і отримав сертифікат .

Gradebook Export Grades Export Grades with all tries

Search for a user Courses: Photography Ma

	Quiz	Quiz	Quiz	Assignm...	Certifica...
	Fundamentals ...	Advanced Lenses	Professional Ph...	Your Portrait	Certification
	Average				
Becky	100	90	95	80	91
Elisabeth	100	100	66	ungraded	88
Mike	100	81	85	100	91
Nick	100	50	33		61

Рисунок 1.6 – Демонстрація журналу оцінювання

Серед більш практичних засобів можливо виділити програмні вирішення спрямовані на контроль ритму, такту, акуратності виконання музичних композицій, що базуються на програмованому записі втілення твору та аналізі діапазону тональностей звуків й подальшій її обробці. Зокрема, можна виділити Yousician – аплікація, що користується популярністю у студентів, що бажають розвинути практичні навички в таких музичних інструментах, як бас, гітара, фортепіано або укулеле. Однією з особливостей, які виділяють Yousician, є вичерпний вибір варіантів навчання, також існує режим тренувань, щоб сповільнити пісні - це допомагає розвинути координацію, необхідну для швидкого відтворення композицій. Також можна розучувати музичний витвір частинами; потім, після освоєння кожної частини, можна спробувати все.

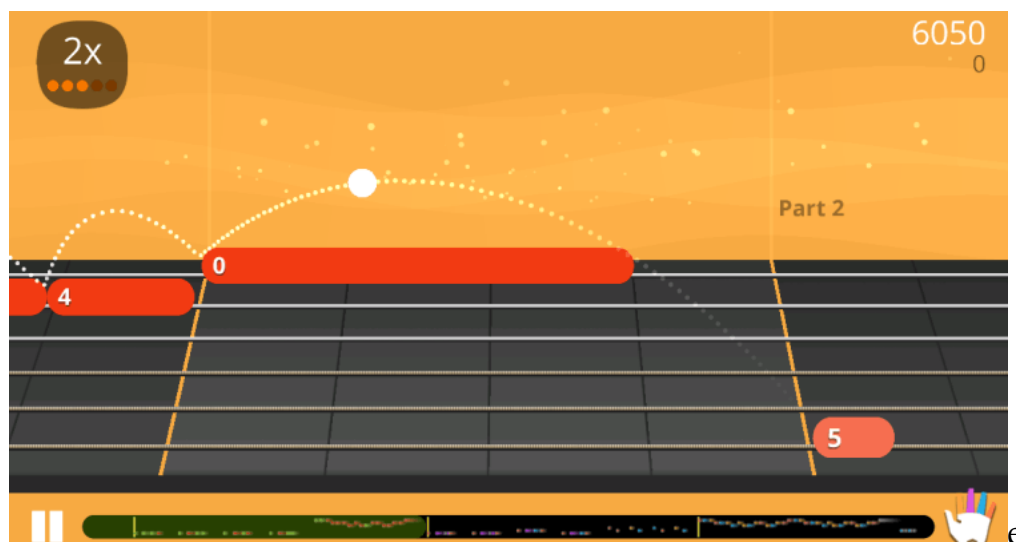


Рисунок 1.7 – Програмний інтерфейс

Додаток розроблено, щоб дати учаснику процесу можливість вдосконалюватися через практику та змагання.

Незважаючи на численні переваги, інформаційні системи музичної освіти стикаються з деякими викликами. Одним із найважливіших є потреба в постійному оновленні та модернізації платформ для забезпечення актуального та високоякісного навчання. Технічні аспекти, такі як безпека та стабільність, також є критичними у роботі інформаційних систем.

Додатковим викликом є збільшення вартості доступу до високотехнологічних ресурсів для музичних навчальних закладів та студентів. Переважаючі можливості інформаційних систем пов'язані з необхідністю інвестицій у технічну інфраструктуру та навчальні програми.

Усупереч цим викликам, з вдосконаленням технологій та залученням фахівців у галузі музичної освіти до розробки і впровадження інформаційних систем, можна очікувати подальший розвиток та покращення у сфері музичної освіти.

Дані технічні розробки унікальні для сегменту програмного забезпечення значенням та інклюзивністю підходу, а результати аналізу мають різноманітні шляхи та способи збагачення навчальних вирішень та сприяють інфраструктурному розвитку навчальної організації загалом.

1.4 Постановка задачі роботи

На основі аналітичного підходу було проведено аналіз методології онлайн освіти, специфіки методології музичної освіти з використанням онлайн платформ . В результаті аналізу можна зробити висновок, що даний підхід до трактування майбутнього освітньої сфери має весь потенціал збагатити межі підходів до науки навчання в цілому, так і надати зручні рішення для одиночних випадків .

Проведено аналіз програмних вирішень в області. Аналіз дозволив виділити основні переваги та недоліки кожного з алгоритмів.

Метою даної роботи є інформаційної системи “Музичний асистент”.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні задачі:

- Проаналізувати специфіку методології музичної освіти з використанням онлайн платформ
- Провести порівняльний аналіз вирішень в сфері

– Розробити алгоритми присвоєння рейтингу індивідуального навчального процесу, визначення музичного жанру та програмованих класичних композицій.

– Програмно реалізувати алгоритми.

1.5 Висновки до розділу

Використовуючи аналітичний підхід, був проведений порівняльний аналіз методологій онлайн освіти, що дозволило визначити їх переваги та недоліки на різних етапах та формах навчального процесу.

Було здійснено аналіз специфіки методології музичної освіти в онлайн сфері.

За допомогою порівняльного аналізу були виділені сучасні програмні засоби впровадження музичної освітньої форми, зокрема в системах, що фокусуються на інтерактивність та здобування навичок гри. Це дозволяє визначити ефективні інструменти для впровадження у онлайн-платформи.

2 АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙ

2.1 Алгоритм підбору композицій

Автоматичний підбір композицій за допомогою аналізу персональних даних в інформаційних системах музичної освіти є інноваційним напрямком, спрямованим на індивідуалізацію та оптимізацію навчального процесу. Цей підхід передбачає систематичний збір та обробку даних, таких як музичні вподобання, рівень майстерності та темп навчання користувачів. Аналіз отриманих даних дозволяє розробляти алгоритми, які на основі індивідуальних характеристик визначають оптимальні композиції для навчання та розвитку музичних навичок. Такий підхід сприяє персоналізації освітнього процесу та підвищує ефективність музичної освіти, сприяючи більш повному задоволенню потреб користувачів у сфері навчання музиці.

В основі підходу до програми вивчення, орієнтованої на персоналізацію вибірки композицій, що залежна та статично сформована параметрами оцінювання кожного користувача, ми можемо посилатись на використання особових даних. Розробка алгоритму даного відбору нот для вивчення передбачає врахування різних факторів:

- Профілі користувача:

Збирання інформації про музичну освіту учня, рівень його володіння, жанровий вибір, доступний навчальний час студента та обмеження розкладу.

- Оцінка складності:

Класифікація музичних композицій за рівнями складності на основі таких факторів, як темп, тональність, тактовий розмір і складність музичних фраз.

Прив'язка кожної композиції з оцінкою складності.

- Оцінка часу:

Врахування часу, необхідного студенту для вивчення кожної композиції, виходячи з рівня його знань і оцінки складності композиції.

Врахування розпорядку дня, розподіляння часу практики.

- Оцінка ефективності:

Стеження за прогресом учня та адаптація рівню складності наступних композицій на основі їх виконання.

Використання механізмів зворотного зв'язку, такі як самооцінка чи зворотній зв'язок учителя, щоб оцінити ефективність учня у вивченні певних видів музики.

- Адаптивне навчання:

Впровадити адаптивну систему навчання, яка регулює складність рекомендованих композицій на основі успішності учня, динамічно оновлювати оцінку складності композиції на основі прогресу студента.

- Постановка цілей:

Дозвіл учням встановлювати короткострокові та довгострокові музичні цілі. Узгодження вибору композицій із цими цілями, забезпечуючи поступовий прогрес у складності.

- Інтеграція ресурсів:

Додаткові навчальні ресурси, такі як навчальні посібники, ноти та практичні вправи, щоб підтримати навчальну подорож учня.

- Візуалізація та аналітика:

Візуалізація прогресу студента, виділяючи сфери вдосконалення та пропонуючи області для цілеспрямованої практики.

Використання аналітики, щоб виявити шаблони в успішних стратегіях навчання та відповідно вдосконалити алгоритм рекомендацій.

Всі відповідні критерії можуть зібрані в узагальненому формулу присвоєння оцінки користувача, яка має призначення у застосування дій, що можуть

покращити прогрес та просування у вивченні за допомогою підбору композицій, згідно жанрового вибору та оцінки, вирахованої нижче

$$S = \frac{P^2 + \sqrt{I}}{D * (C + 1)} \div (\sqrt[3]{T} * e^{IF} * (TF + 1))$$

де, P – майстерність – зведення в квадрат має важіль існуючої підготовки перед початком занять

I – інтерес

$D - C$ – складність, креативність – в нелінійному виразі висловлює відповідні коефіцієнти, креативність в головній мірі відповідає за підбір композицій, що не є в списку очікуваних та стандартизованих програмах. Може також слугувати в підборі тренувальних вправ, спрямованих на покращення розробки аплікатури перед початком занять.

T - час

IF – інструментальний фактор – кожен інструмент має мати відповідний коефіцієнт врахований для загального обчислення. Певні інструменти можуть бути виключно важкими в освоєнні, що повинно бути враховано в загальному прогресі

TF – відгук викладача – загальний критерій оцінювання просування студента з точки зору викладача. Додавання позитивної оцінки має на меті залишати простір для оцінювання як суб'єктивної, проте важливої для загального стану оцінки.

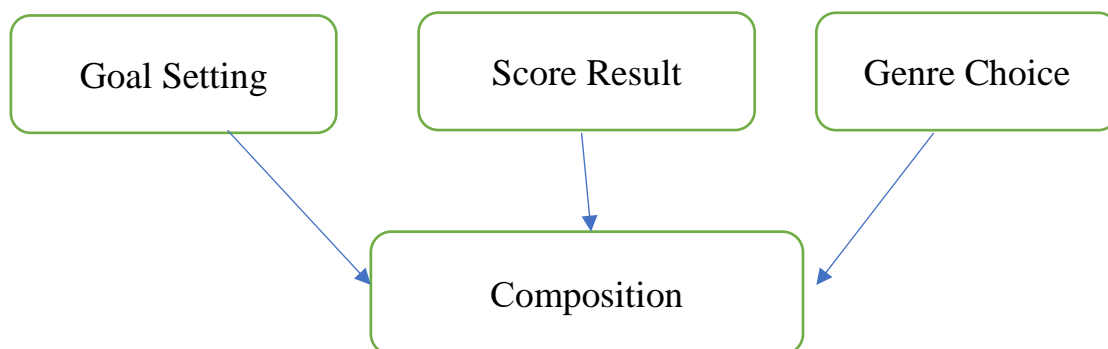


Рисунок 2.1 – Змінні, що відіграють найбільшу роль в алгоритмі визначення навчальних матеріалів

Постановка чіткої мети у вивченні є вирішальним кроком у навчанні музичних інструментів. Цільове орієнтування допомагає учням зосередитися на конкретних завданнях та досягати поставлених результатів. Наприклад, ціль може бути сформульована як досягнення певного рівня виконавської майстерності або вивчення конкретного музичного твору. Постановка цілей також допомагає підтримувати мотивацію та систематичність у вивченні.

Проте процес навчання повинен бути не лише стимулюючим, а й оцінюваним. Оцінка досягнень дозволяє учням визначити свій прогрес та виявити області для подальшого вдосконалення. Систематичні оцінки можуть бути інструментом мотивації, спонукаючи учнів до більш вдосконаленого виконання. Також, вони служать орієнтиром для вчителя, що дозволяє адаптувати навчальний процес до індивідуальних потреб кожного учня.

У підході системи ключовою характеристикою є адаптація до індивідуальних потреб учня. Кожен студент має свої унікальні цілі, інтереси та темпи навчання, що збирається, аналізується та пристосовується з ексклюзивною цінністю для кожного. Система має здатність враховувати ці фактори та надавати персоналізовані завдання, матеріали та методи навчання, підбирати цікаву літературу, рекомендувати поради щодо вивчення.

Вибір жанру має величезний вплив на спосіб вивчення та розвиток музичних навичок. Різні жанри вимагають різних технічних і творчих навичок. Наприклад, класична музика може висувати вимоги до точності і виразності, тоді як джаз може висувати вимоги до імпровізації та ритмічної стійкості. Вибір жанру дозволяє учням розкрити свій творчий потенціал та розвивати унікальний стиль.

Вивчення різних музичних інструментів включає в себе також ряд складнощів, які варто розглядати з урахуванням низки аспектів. Різноманіття інструментів вносить велике розмаїття в технічні вимоги та особливості виконання, що може ускладнювати вибір інструменту та методу навчання.

Технічна складність гри та необхідність високого рівня координації рухів визначають важливі аспекти вивчення музичних інструментів. Спрямованість на

правильну техніку та систематичні тренування стають визначальними на перших етапах навчання.

Психологічні аспекти, такі як стрес та тривожність, можуть супроводжувати вивчення музичних інструментів. Висока самооцінка та внутрішній тиск досягнення високих стандартів можуть призводити до емоційного навантаження, що впливає на успішність у вивченні.

Вибір оптимального методу навчання має ключове значення. Сучасні технології вносять інновації у цей процес, проте важливо знаходити гармонію між традиційними методами та використанням нових можливостей.

Загальне розуміння складнощів, які виникають при вивченні музичних інструментів, є важливим для подолання труднощів та досягнення високого рівня майстерності. Наукові дослідження в галузі методів навчання та вивчення психологічних аспектів виграють значущу роль у подальшому розвитку музичної освіти.

Онлайн система ідеально підходить для врахування того, що навчання та викладання є взаємозалежними, переплетеними та взаємосплетеними. Учень може виступати як вчитель, будь то формально чи неформально. Учень може діяти як вчитель, особливо в контексті парного обміну, менторства чи навчання. Крім того, учневі може бути запропоновано або власноруч дозволено прийняти участь у веденні онлайн-модулю, живого уроку чи керувати спільним музичним ансамблем, що також має бути враховано в навчальну програму, оскільки виступи є неодмінним критерієм готовності самостійного продовження покращення володіння інструменту.

Індивідуалізована система навчання, що заснована на врахуванні індивідуальних факторів відкриває нові перспективи для розвитку освіти. Адаптація до особистих чинників та потреб забезпечує ефективніше засвоєння знань та сприяє розвитку унікальних здібностей кожного учня. Цей підхід визнає різноманіття учнів та надає їм можливість досягти найкращих результатів у своєму навчанні.

2.2 Алгоритм визначення жанру

Однією з основних функцій розробки також має слугувати алгоритм музичного помічника, розроблений для цілей аналізу та класифікації музичних жанрів, що включає кілька ключових кроків для ефективної ідентифікації та позначення музичних творів. Релевантність даної розробки полягає у визначенні об'єктивних орієнтирів, які допоможуть у написанні власних творів або ж класифікувати вже готові. Особливість проблематики також може бути у визначенні жанрової вибірки в умовах розростання популярності музики створеної за допомоги штучного інтелекту, що часто містить жанрову різноманітність та нестандартні вирішення в ритмічних малюнках.

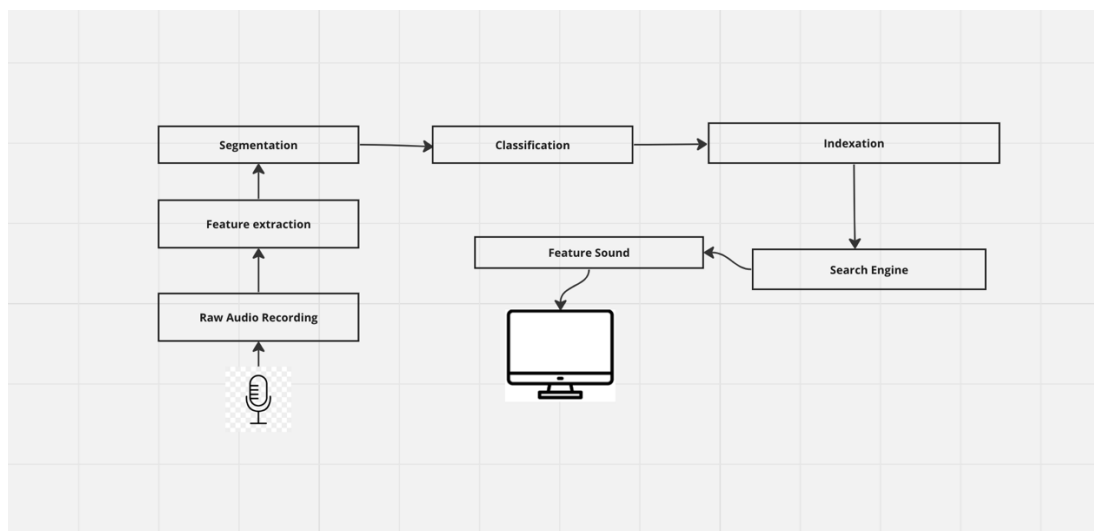


Рисунок 2.2 – Концептуальне позначення сегментування аудіо

Спектр биття обчислюється з аудіо за допомогою трьох основних кроків. По-перше, аудіо параметризується за допомогою спектрального чи іншого представлення. Це призводить до послідовності векторів ознак. По-друге, міра відстані використовується для обчислення подібності між усіма попарними комбінаціями векторів ознак, отже, часу в аудіо. Це вбудовано в двовимірне представлення, яке називається матрицею подібності. Спектр биття є

результатом знаходження періодичності в матриці подібності за допомогою діагональних сум або автокореляції. [6]

Спектрограма візуалізувала спектральну еволюцію в послідовних вікнах. Подібним чином, спектрограма ударів візуалізує спектр ударів у послідовних вікнах, щоб показати ритмічні зміни з часом. Спектрограма биття — це зображення, утворене послідовними спектрами биття. Час відкладається по осі x, а час затримки – по осі y. Кожен піксель на спектрографі биття забарвлюється масштабованим значенням спектра биття в цей час і затримку, так що піки спектру биття видно як яскраві смуги на спектрограмі биття. Спектрограф ударів показує, як темп змінюється з часом. Наприклад, прискорений ритм буде видно як яскраві смуги, які нахилені вниз, оскільки час затримки між ударами зменшується з часом.

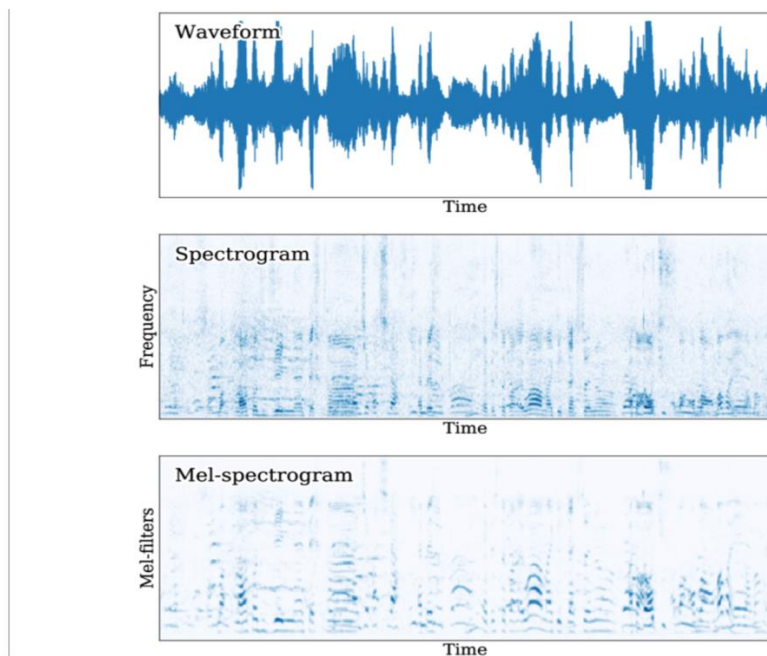


Рисунок 2.3 – Порівняння аудіо-сигналу, спектрограмми та мел-спектограми

У контексті аудіо-аналізу, спектрограма, мел-спектрограма та аудіохвиля є ключовими засобами візуальної та кількісної оцінки аудіосигналів. Спектрограма, яка відображає частотні компоненти відносно часу, забезпечує загальний огляд спектральної інформації. Мел-спектрограма, у свою чергу, використовує шкалу мела для представлення частот, що віддзеркалює сприйняття звуку людським вухом. Обидві ці форми графічного представлення

дозволяють аналізувати структуру та динаміку звукових матеріалів, зокрема в музичній аналітиці та обробці мови.

Незважаючи на спільні переваги спектрограми та мел-спектрограми, такі як відображення спектральних особливостей та динаміки сигналу, кожен метод має свої унікальні переваги та недоліки. Звукова хвиля, в свою чергу, є часовим представленням сигналу та надає прямий вигляд на зміни амплітуди в залежності від часу. Втім, вона менш придатна для аналізу частотної інформації порівняно з графічними представленнями[7].

Спектрограма та мел-спектрограма є потужними інструментами в аудіо-аналізі, проте вибір між ними визначається конкретними завданнями та потребами дослідження, враховуючи їхні переваги та обмеження в контексті аналізу аудіосигналів.

Спектрограма, як засіб візуального відображення частотного та часового взаємозв'язку аудіосигналів, відзначається високою інформативністю та точністю. Вона дозволяє аналізувати динаміку частотного складу звукового сигналу в реальному часі, що є важливим для вивчення змін в аудіо-сигналі під час його відтворення чи запису. Крім того, спектрограма забезпечує можливість визначення точних частотних компонентів, що робить її незамінним інструментом для аналізу музичних та мовних сигналів. Інтеграція цього методу дозволяє досліджувати відмінності в акустичних характеристиках різних аудіозаписів та глибше розуміти їхню природу.

Оскільки для багатьох застосувань відстеження ритму потрібна оцінка не лише того, як часто, але й коли виникає ритм, ми використовуємо детектор початку, щоб точно визначити місце ритмічних подій у часі. Піки в спектрі ударів дають основну ритмічну періодичність, тоді як піки в кореляції дають точний час або фазу ударів. Співвідношення оцінки новизни з гребінчастою функцією з періодом із спектру биття дає сигнал, який має сильні піки на кожному такті [8].

Основою методи визначення буде використання бібліотеки `jLibrosa`, яка була розроблена для створення як еквівалент бібліотеки `librosa` Python.

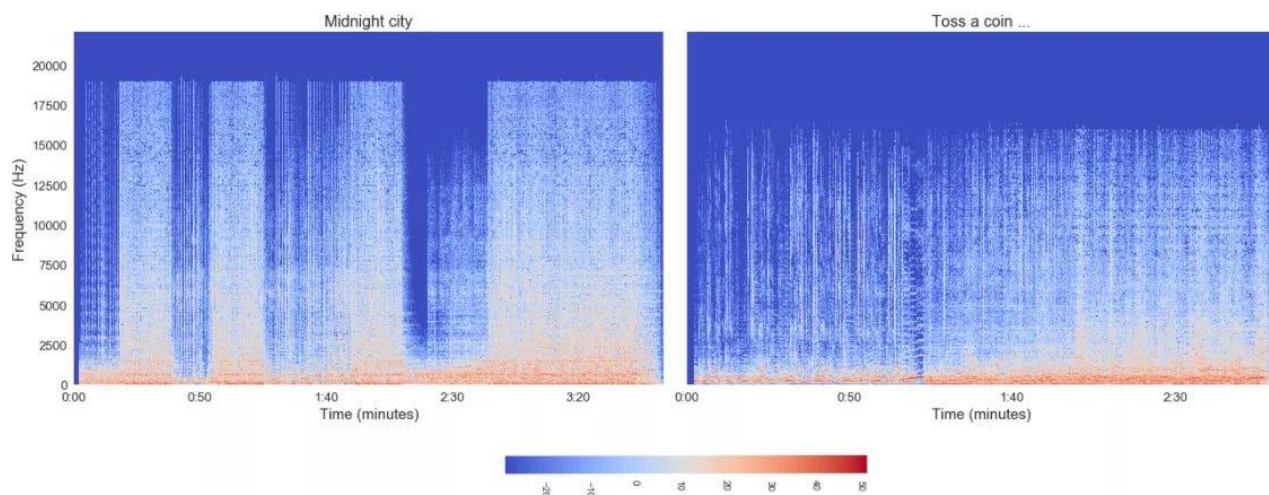


Рисунок 2.4 – Порівняння спектрограм на прикладі популярних композицій

Бібліотека Librosa широко використовується для обробки аудіофайлів для створення різних значень, таких як величина, stft, istft, mfcc тощо. Ці концепції широко використовуються в створенні систем прогнозування, пов'язаних із звуковою формою даних. jLibrosa можна використовувати в середовищі Java тому моделі глибокого навчання, побудовані в Tensorflow і перенесені на TFLite, можна використовувати в середовищі для створення додатків. В якості навчальної мережі ми можемо використовувати фреймворк TensorFlow2 для розробки нашої згорткової нейронної мережі (CNN) із декількома шарами згорток і остаточним повністю зв'язаним шаром із активацією softmax із 15 виходами (для 15 жанрів). Мітки жанрів кодуються в числовому форматі, щоб забезпечити сумісність з моделлю машинного навчання. Потім TensorFlow використовується для побудови моделі нейронної мережі для класифікації жанрів. Архітектура моделі охоплює шари, які відповідають формі вилучених функцій і кількості жанрів для точного прогнозування.

TensorFlow, як одна з передових платформ глибокого навчання, відзначається рядом особливостей та переваг, що роблять його ефективним інструментом для таких завдань - наприклад його гнучкість та масштабованість.

Бібліотека дозволяє створювати та налаштовувати моделі, враховуючи специфіку завдань розпізнавання музичних жанрів. Ця гнучкість робить TensorFlow відмінним інструментом для роботи з різними аспектами аналізу аудіоданих.

Другою важливою особливістю є здатність TensorFlow працювати з великими обсягами даних. Музичні файли можуть бути значущою за обсягом, та врахування цього фактора важливо для ефективного навчання моделей. TensorFlow забезпечує ефективну роботу з великими даними, що робить його ідеальним інструментом для завдань, пов'язаних з аналізом аудіоданих.

Крім того, ця бібліотека дозволяє використовувати готові моделі та навчальні набори даних, що прискорює процес розробки та забезпечує високу точність результатів. Це особливо корисно в області розпізнавання музичних жанрів, де доступні передові дослідження та моделі.

Нарешті, TensorFlow відкриває можливості для реалізації алгоритмів передового машинного навчання, таких як нейронні мережі, що дозволяють досягти високої точності у завданнях розпізнавання музичних жанрів.

Глибокі згорткові нейронні мережі (CNN) у TensorFlow в порівнянні з іншими типами нейронних мереж виявляються особливо ефективними у вирішенні задач обробки зображень. Наприклад, порівняно з повнозв'язаними нейронними мережами (FNN), які використовуються в багатьох задачах, CNN виправдовують себе завдяки їхній здатності автоматично виділяти та ієрархічно аналізувати локальні функціональні особливості в зображеннях.

У порівнянні з рекурентними нейронними мережами (RNN), які спеціалізуються на роботі з послідовністю даних, CNN в TensorFlow виявляються більш підходящими для обробки просторової інформації у зображеннях, так як вони здатні ефективно виявляти локальні шаблони та структури, що є важливим для багатьох завдань в області комп'ютерного зору.

Таким чином, CNN у TensorFlow вирізняються своєю здатністю автоматично вивчати та використовувати просторову ієрархію функцій у зображеннях, роблячи їх особливо потужним інструментом для завдань обробки та аналізу візуальної інформації[9].

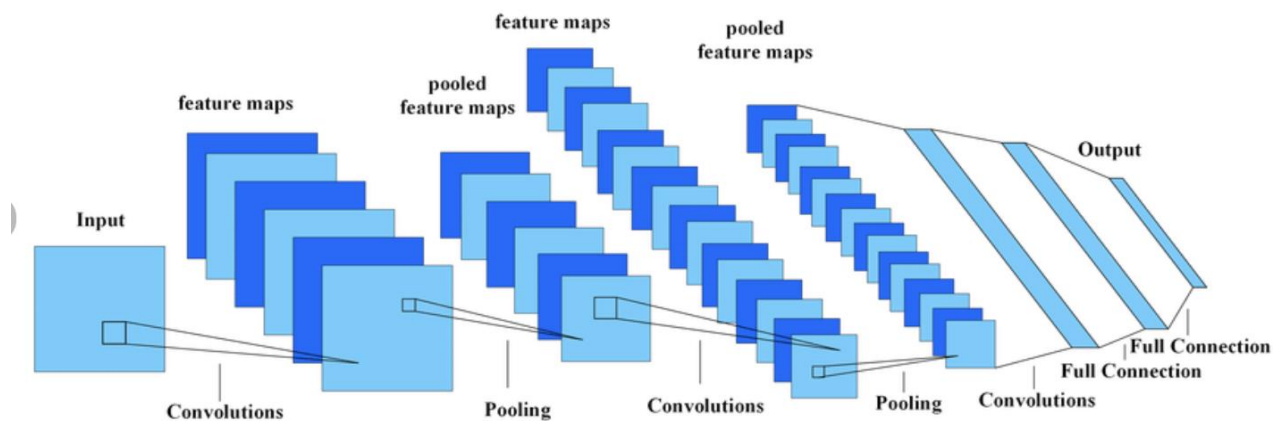


Рисунок 2.5 – Класична структура згорткової нейронної мережі [2]

Генерація згорткової нейронної мережі (CNN) для класифікації музичних жанрів вимагає детального узгодження кількох технічних аспектів. Початково, важливо визначити оптимальний формат даних, забезпечити їхню різноманітність та високу якість. Тут важливо врахувати варіації в тембрі, ритмі та інших аспектах музичних записів, щоб нейронна мережа була здатна визначати широкий спектр жанрів.

Спектрограми, які представляють собою графічне зображення часових-частотних характеристик сигналу, використовуються як вхідні дані для мережі. Перетворення аудіо в спектрограми дозволяє взяти до уваги часові та частотні особливості музики. Важливо експериментувати із розмірами вікна та кроком під час створення спектрограм для оптимального врахування характеристик сигналу.

Архітектура CNN включає згорткові та пулінгові шари. Згорткові шари виявляють локальні особливості у спектрограмах, а пулінгові шари зменшують розмірність та вирішують проблему варіантності розташування об'єктів у вхідних даних. Додавання повнозв'язних шарів та шару softmax завершує процес класифікації, призначеного для призначення ймовірностей кожного класу жанру[9].

Під час навчання моделі важливо визначити функцію втрат та оптимізатор. Зважена категоріальна кросс-ентропія є часто використовуваною функцією втрат

для багатокласової класифікації. Використання оптимізатора, такого як Adam, дозволяє швидко налаштувати ваги мережі для зменшення функції втрат.

Оцінка моделі виконується на тестовому наборі даних, і важливо враховувати регуляризацію та уникати перенавчання. Параметри, такі як розмір партії, кількість епох та швидкість навчання, підбираються експериментально для досягнення оптимальних результатів.

Усі ці технічні моменти взаємодіють для створення ефективної та точної системи класифікації музичних жанрів за допомогою глибокого навчання.

Фаза навчання передбачає представлення моделі з попередньо обробленими аудіофункціями та пов'язаними з ними жанровими мітками. Протягом епох модель вчиться розпізнавати закономірності та зв'язки в даних. Після навчання продуктивність моделі оцінюється на наборі для тестування, щоб оцінити її здатність узагальнювати невидимі дані.

На етапі прогнозування навчена модель може класифікувати нові, невидимі зразки аудіо. Вдосконалення та оптимізація моделі на основі показників оцінки та знань предметної області сприяє її точності та ефективності і коли продуктивність моделі буде задовільна, вона може бути дієвою в режимі постійного використання.

2.3 Алгоритм генерації композицій

Іншої перевагою розробленої системи має слугувати інтерактивна можливість створювати композиції в реальному часі за допомогою музичної теорії.

Композиція музики з використанням бібліотеки jMusic передбачає системний підхід до створення послідовних і естетично привабливих музичних творів, використовуючи символічне представлення музичних елементів, таких як ноти та акорди. Бібліотека забезпечує основу для створення структурованих композицій, а інтеграція попередньо визначених музичних шаблонів і структур

дозволяє користувачам визначати гармонічні послідовності, мелодичні мотиви та ритмічні рамки, встановлюючи основу для композиції.

Як синтезатор може використовуватися в комплекті з JDK 1.13 синтезатор Gervill, який дозволяє підключати зовнішні банки звуку у різних форматах— вони дозволяють досягти реалістичного звучання при мінімальному навантаженні на процесор і незначному обсязі завантаженої оперативної пам'яті.

Окрім прослухування, ще одним зручним способом ознайомлення з музичним матеріалом є візуальне відображення його в класичній нотній нотації. Сучасні нотні редактори вміють прямо конвертувати MIDI-файли в нотний запис, однак реалізація подібного є складною тому було вирішено скористатися вже наявними в пакеті методами jMusic для відображення, а не в класичному записі

Центральним у творчому процесі є включення механізмів рандомізації та варіювання в бібліотеку. Ці особливості вносять елемент непередбачуваності, дозволяючи створювати різноманітні та унікальні музичні фрази. Крім того, бібліотека може впроваджувати алгоритми, які дотримуються композиційних правил і принципів, забезпечуючи відповідність створених композицій певним стилістичним рекомендаціям.

Можливості інтерактивної композиції додатково розширюють можливості користувачів, дозволяючи їм брати активну участь у творчому процесі. Коригування параметрів у режимі реального часу, експериментування з музичними елементами та динамічний вплив на процес генерації сприяють спільному та захоплюючому досвіду композиції музики.

Крім того, бібліотека може надати користувачам можливість вводити дані та налаштовувати процес композиції. Це може передбачати вказівку жанрових уподобань, вибір інструментів або визначення конкретних музичних обмежень, таким чином пропонуючи персоналізований та індивідуальний досвід створення музики[10].

Загально процес створення мелодії повинен починатись з використання патернів. Музичний патерн – послідовність із двох або більше нот (або більш

дрібних патернів), що мають відносну тривалість, не прив'язану до якої-небудь тональності чи аккорду.

Простішими шаблонами є поєднання декількох нот, щорозпов'язані будь-якими з правил для зв'язку.



Рисунок 2.6 - Види простіших шаблонів.

Трансформація патернів у мелодію передбачає тонкий процес вливання варіацій, які вдихають життя та динамізм у музичну композицію. Ця складна спроба поєднує сфери структури та творчості, використовуючи прийоми, які підносять набір повторюваних елементів у яскраву музичну розповідь, що розвивається.

За своєю суттю патерн служить каркасом, музичним планом, який закладає основу для наступної мелодії, що розкривається в хитромудрому введенні варіацій. Ці відхилення від усталеного шаблону вносять в композицію характер, емоційність і непередбачуваність. Варіації можуть проявлятися в багатьох вимірах, кожен з яких сприяє багатству мелодії. Мелодичні варіації можуть передбачати зміну висоти, ритму чи інтенсивності певних нот у патерні. Вносячи тонкі відхилення, повторювана послідовність переростає в нюансну, виразну мелодію, яка привертає увагу слухача.

Процес конструювання мотиву включає два основні етапи.

Етап перший:

Визначення загальної тривалості мотиву в метричних одиницях.

Вибір ритмічної структури мотиву (тривалості опорних нот в метричних одиницях).

Вибір першої ноти, з якої розпочнеться мотив.

Застосовування простих патернів поетапно, вибираючи кожний наступний патерн довільним чином.

В результаті отримуємо мотив з нот однакової тривалості

Етап другий:

Розпочинаємо другий прохід по мотиву: на цьому етапі деякі ноти замінюються простими та складними патернами, обраними на основі відстані між сусідніми нотами.

У результаті отримується мотив, складений з нот різної тривалості, який вже може претендувати на звання завершеного мотиву.

Яскравим прикладом поділу предмета на його складові фігури з метою розвитку є трактування початку Пасторальної симфонії Бетховена, який він розбиває на три фігури, що відповідають першим трьом тактам.



Як приклад його ставлення до (a) можна взяти:



(b) повторюється двічі не менше тридцяти шести разів поспіль у розвитку руху; і (c) відображається на закритті таким чином:



Додавання акомпанементу до мелодії теж є важливим для збагачення загального музичного враження. У той час як мелодія служить основною, часто вокальною, лінією композиції, акомпанемент забезпечує гармонічну, ритмічну та структурну підтримку, яка підносить увесь твір. Акомпанемент не тільки

підсилює основну гармонію, але й посилює емоційну глибину та складність мелодії.

Генерація аккомпанементу може відбуватись за наступним алгоритмом:

- По основній мелодії шляхом гармонізації визначається набір аккордів для теперішнього такту.
- Із списку шаблонів довільним способом вибирається патерн .
- У якості опорної ноти використовується довільна ступінь аккорда, за яким ведеться побудоване, взяте з діапазону – таким чином, аккомпанемент не буде виходити за межі двох октав.

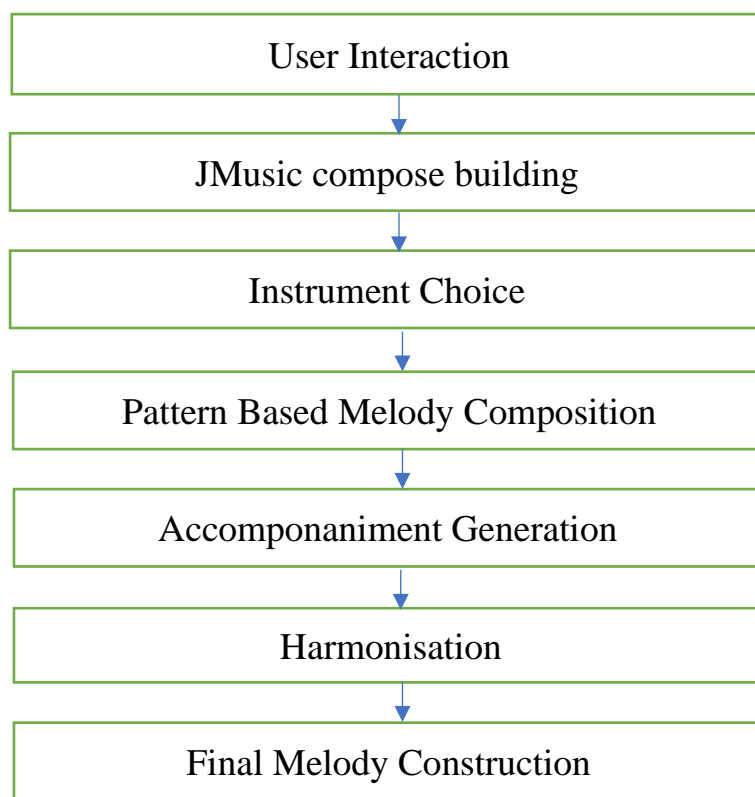


Рисунок 2.7 – Концептуальна схема роботи алгоритму

Кожен етап роботи алгоритму включає різні аспекти інтерактивного вибору та роботи системи у створенні готового музичного твору:

Взаємодія з користувачем: Користувач може інтерактивно виражати свої унікальні музичні ідеї та визначати стиль чи настрій, який бажає втілити у своїй музиці через онлайн редактор.

Далі система використовує JMusic для конструювання базових елементів композиції, враховуючи музичні теорії та структури. Це включає в себе визначення тембральних характеристик, темпу та динаміки, а також вибір основних гармоній та ритмів.

Пізніше користувач обирає інструменти, які відобразатимуть його музичні уявлення. Система може запропонувати різноманіття інструментів для створення різноманітних текстур та звучань, дозволяючи користувачеві експериментувати з музичною палітрою.

На етапі Pattern Based Melody Composition система використовує шаблони та структурні елементи для створення основної мелодії. Це може включати в себе використання музичних фраз, повторюваних мотивів чи тем, що сприяють логіці та легкості сприйняття музичного матеріалу.

В Accompaniment Generation система розробляє супровід, який відповідає обраному стилю та характеру композиції. Це насамперед автоматична генерація акордів, аранжування для інструментальних секцій та інші аспекти, що доповнюють мелодію.

За допомогою музичних теорій та правил гармонії система вирішує, як найкраще вплести гармонію в створену мелодію. Вона може використовувати арпеджі, обернені акорди та інші гармонічні методи для досягнення бажаного звучання.

Гармонізація мелодії при визначеному акомпанементу в програмах для створення музики є завданням, що стикається зі значними викликами і вимагає високого рівня алгоритмічної ефективності та музичного розуміння. Визначення правил гармонізації, які найкращим чином доповнюють мелодію, є складним завданням, оскільки воно вимагає комплексного аналізу музичних структур та гармонічних відносин.

Програми для автоматичної гармонізації повинні враховувати ряд аспектів, таких як темп, ритм, та музичний контекст. Алгоритми повинні мати здатність аналізувати та розпізнавати ключові елементи мелодії, враховуючи їхню віддаленість від основної тоніки та взаємодію з акордовою структурою.

У гармонізаційній частині алгоритму для музичної мелодії спостерігається детальний підхід до розбиття мелодії на такти та подальшої роботи з кожним тактом окремо. Процес гармонізації проводиться з урахуванням кількох ключових умов та аспектів, які дозволяють вибирати відповідні акорди для кожної ноти мелодії.

Гармонізація розпочинається з визначення тоніки для першого такту мелодії з метою демонстрації тональності та закріплення основного тону. На відміну від цього, гармонізація четвертого такту (кінцевий акорд першого речення) передбачає використання домінанти, що вказує на класичний закінчений характер першого речення та підготовку до переходу в іншу тонікальну область.

Зокрема, восьмий такт (закінчення другого речення) гармонізується тонікою, щоб наголосити завершеність мелодії. Уникання використання акордів V і I в третьому та сьомому тактах служить запобіганню повторенню гармонії для наступних тактів, які визначаються жорстко.

Алгоритм також встановлює обмеження на максимальну кількість акордів у такті – максимум є чотири, щоб уникнути перевантаження музичного матеріалу. Збереження поточного акорда має пріоритет над його зміною, зазначаючи, наприклад, якщо підряд йдуть ноти "до" і "мі", і перша гармонізована акордом C-мажор, то і "мі" буде гармонізовано таким самим акордом. Виняток становить ситуація, коли ноти належать різним тактам, тоді вимагається перелаштування гармонізації для уникнення конфліктів у подальшому.

Вищезазначений аспект гармонізації забезпечує систематичний та логічний підхід до вивчення та організації музичної мелодії, що визначає його значущість у контексті розвитку композиційної практики.

Додатковою складністю є потреба у врахуванні особливостей жанру, стилю та індивідуальних переваг користувача. Найбільш ефективні програми використовують технології штучного інтелекту для навчання на великому обсязі музичних даних[11], що дозволяє їм адаптуватися до різноманітних сценаріїв та створювати гармонізації, які відповідають високим стандартам музичної якості.

Такий підхід вимагає від програм великої обчислювальної потужності та складних алгоритмів, що орієнтовані на точність та естетичність музичного виразу, тому ми будемо використовувати лише жанр класичної музики, що є найбільш адаптованим до покладеної задачі.

На завершальному етапі система об'єднує всі створені елементи в завершену музичну композицію. Вона враховує усі коригування, які були внесені на попередніх етапах, і створює готовий музичний твір, який відповідає побажанням та стилістиці користувача.

У результаті включення генерації акомпанементу основна мелодія збагачується гармонійно та стає виразною. Даний підхід дозволяє створити комплексну музичну композицію, де додаткові інструменти гармонійно взаємодіють з основною мелодією, додаючи до неї витонченість та звучання. Акомпанемент, у свою чергу, забезпечує структурну підтримку та ритмічний фундамент, що підсилює емоційну глибину та комплексність музичної творчості. Узагальнено, введення додаткових елементів у генерацію музики підвищує її виразність та варіативність, надаючи можливість створення багат шарових та об'ємних музичних творів, а сама алгоритмічна розробка допомагає підвищити інтерес у вивченні музичної теорії.

Створення програмованих композицій у жанрах поза класичною музикою постає перед рядом складних викликів, що визначають унікальність та специфіку цього творчого процесу.

Однією з ключових проблем є адаптація технік та методів програмування до вимог різноманітних музичних жанрів. В кожному жанрі існують унікальні характеристики та стилістичні особливості, які вимагають від композитора глибокого розуміння та вміння впроваджувати їх у свою творчість.

Ще однією важливою аспектом є створення алгоритмів, які здатні утримати в собі емоційний заряд та вираження, характерне для різних жанрів. Програмована музика повинна здатися на відтворення широкого спектру емоцій та виразності, адже це один із ключових аспектів, що привертає слухачів.

Іншою важливою проблемою є пошук балансу між автоматизацією та креативністю. Використання програмних засобів для створення музики має свої

технічні обмеження, але в той же час, важливо не втрачати художній потенціал і індивідуальний підхід, які притаманні творчому процесу.

Також, однією з проблем може бути забезпечення музичної інноваційності в рамках програмованого підходу. Використання традиційних алгоритмів може призвести до створення стереотипних композицій, тому важливо розвивати та впроваджувати новаторські підходи для досягнення унікальності та свіжості в програмованих творах.

2.4 Висновки до розділу

У цьому розділі надано огляд складових алгоритмів, що будуть впроваджені в інформаційній системі, зокрема алгоритми присвоєння навчальних матеріалів, визначення жанру та створення програмованих класичних композицій

На основі результатів експериментальних досліджень подано крок за кроком кожен алгоритмічну розробку. У вигляді блок-схеми приведено узагальнену структуру адаптивного алгоритму створення класичних композицій, яка може бути використана для інтерактивного спонукання реалізації творчої частки студентів.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МУЗИЧНОГО АСИСТЕНТА

3.1 Структура програмного модулю

Створення інформаційних систем — завдання, що вимагає точного та систематичного підходу. Методологія SLDC (Software Development Life Cycle) виступає важливою складовою у забезпеченні успішності цього процесу. Її важливість полягає в забезпеченні структурованості, ефективності та контролю в усіх етапах розробки.

Для соло-розробки важливо виокремити методологію Kanban, яка виходить на передній план завдяки своїй практичності. Вона дозволяє деталізувати завдання, відстежувати прогрес та адаптуватися до змін у реальному часі, забезпечуючи оптимальний контроль та продуктивність у робочому процесі соло-розробника.

Поєднання методології SLDC для створення структурованих інформаційних систем та Kanban для практичної та гнучкої соло-розробки стає ключовим фактором у успішному завершенні проекту.

Структура програмного модулю використовує потужність Java для своїх внутрішніх операцій, можливості мови в логіці на стороні сервера та ефективно керування даними. Серверна інфраструктура розроблена таким чином, щоб бути масштабованою та стійкою, що забезпечує оптимальну продуктивність.

Spring є впливовим фреймворком для розробки Java-програм, вирізняючись своєю гнучкістю та модульністю. Його основні переваги полягають у використанні принципів Інверсії контролю та впровадженні залежностей, що робить код менш спряженим та полегшує тестування. Модульна структура фреймворку дозволяє використовувати тільки необхідні компоненти, спрощуючи утримання проекту.

Однією з ключових особливостей є підтримка транзакцій, що забезпечує консистентність та надійність даних у додатку. Використання аспектно-

орієнтованого програмування дозволяє винести загальні аспекти додатку в окремі компоненти, полегшуючи обслуговуваність коду.

Варто відзначити вбудовану підтримку для створення RESTful веб-сервісів, що робить Spring привабливим для розробки сучасних та ефективних додатків. Висока гнучкість та розширюваність фреймворку дозволяють розробникам вибрати лише ті частини, які необхідні для їхніх проектів. В цілому, Spring виступає як потужний інструмент для створення надійних, гнучких та ефективних Java-додатків.

На UI частині React займає центральне місце, забезпечуючи динамічний і чуйний інтерфейс користувача. Ця бібліотека JavaScript використовується для створення привабливої та інтерактивної взаємодії з користувачем, використовуючи її гнучкість для створення бездоганної навігації та візуально привабливого дизайну.

Доповнює ці технології Docker, який використовується для контейнеризації. Docker забезпечує послідовне розгортання в різних середовищах і спрощує керування залежностями, сприяючи більш плавній і надійній роботі програми.

Проект включає PostgreSQL як систему керування реляційною базою даних, бездоганно інтегруючи її в архітектуру серверної частини разом із Java. PostgreSQL, відомий своєю надійністю та надійними функціями, відіграє ключову роль в управлінні та зберіганні різноманітних даних, пов'язаних із музичними бібліотеками, інформацією про користувачів та освітнім вмістом.

Реляційна модель PostgreSQL дозволяє проекту встановлювати структуровані зв'язки між різними об'єктами даних, підтримуючи складні запити та підвищуючи загальну ефективність процесів пошуку даних. Ця інтеграція сприяє досягненню мети проекту — надати користувачам безперебійний і адаптивний досвід, гарантуючи організованість і доступність музичних бібліотек.

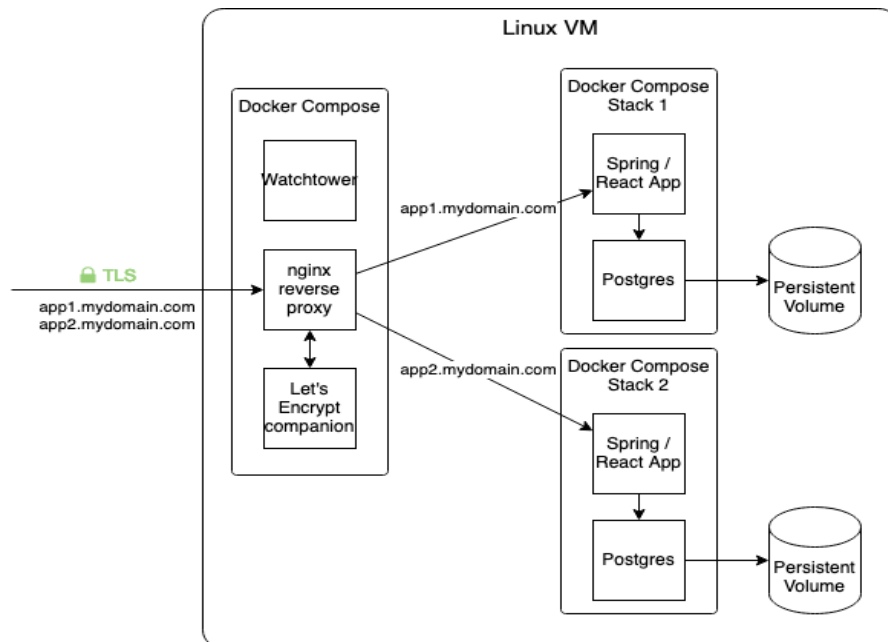


Рисунок 3.1 – Стек технологій та їх можливе розміщення з використанням Linux

У сучасному розробницькому контексті використання Nginx як оберненого проксі (reverse proxy) в програмах, розроблених на базі Spring Boot (Java) та React (JavaScript), стає невід'ємним елементом. Це обґрунтовано кількома ключовими аспектами.

Це дозволяє розподіляти трафік ефективно та оптимізувати використання ресурсів між серверами Spring Boot і React. Напрямування трафіку через Nginx стає надійним інструментом для забезпечення оптимальної продуктивності серверів, незалежно від їхнього розташування.

Окрім того, використання Nginx допомагає захистити програми від потенційних атак, фільтруючи та перенаправляючи трафік. Вбудований у Nginx захист від великої кількості типових атак допомагає забезпечити безпеку програм, особливо при експлуатації в Інтернеті.

Такий підхід також сприяє поліпшенню продуктивності та швидкодії React-застосунків, дозволяючи використовувати кешування та стискання ресурсів. Загалом, інтеграція Nginx як оберненого проксі є важливим стратегічним кроком для забезпечення ефективності, безпеки та високої продуктивності в програмах, побудованих на сполученні Spring Boot та React.

UML буде слугувати для схематичних позначень функцій та об'єктів визначених в процесі розробки. Мова моделювання UML (Unified Modeling Language) визначена для створення, візуалізації, проектування та документування об'єктно-орієнтованих моделей програмного забезпечення. Її конструкція базується на модельних елементах, що представляють частини програмної системи. Ці елементи використовуються для створення різних видів діаграм, які відображають різні аспекти системи.

У контексті дипломної роботи була використана діаграма класів, яка є основним інструментом для опису структури системи. Діаграми класів вважаються "статичними", оскільки вони відображають класи разом з їхніми методами та атрибутами, а також статичні взаємозв'язки між ними.

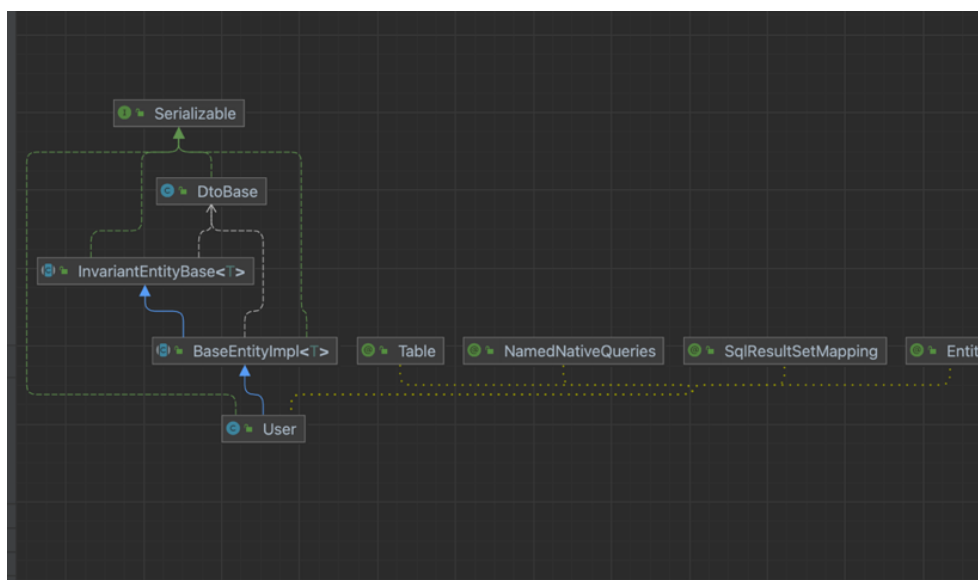


Рисунок 3.2 – UML діаграма зв'язків класу User

У мові UML термін "клас" використовується для позначення групи об'єктів, що мають спільну структуру, поведінку та взаємодії. Графічне представлення класу у вигляді прямокутника, який може бути поділений на різні секції. Діаграма класів є ключовим елементом об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування, відображаючи фізичну реалізацію системи через класи і компоненти.

Об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) є ключовим підходом до створення програмного коду, що дозволяє ефективно організувати та управляти складністю програмних проектів у високорівневих мовах програмування. Основними складовими ООП є об'єкти, класи, спадкування та інкапсуляція, які допомагають створювати гнучкі та легкозбережені системи.

У контексті ООП, класи служать як шаблони для створення об'єктів, які мають конкретні властивості та методи. Об'єкти, в свою чергу, можуть взаємодіяти між собою через виклик методів та обмін даними, що сприяє вищому рівню абстракції та зручній організації коду.

Спадкування дозволяє створювати нові класи на основі існуючих, використовуючи їх функціонал та додавати або змінювати його, що спрощує розширення функціоналу програми без повторного написання коду. Це сприяє повторному використанню коду та забезпечує зручний механізм для розвитку проекту.

Інкапсуляція дозволяє обмежувати доступ до внутрішніх деталей класу, забезпечуючи безпеку та виокремленість. Об'єкти взаємодіють між собою лише через публічні методи, що робить код більш стійким до змін та полегшує його розуміння.

ООП також впроваджує поліморфізм, який дозволяє використовувати об'єкти різних класів через їх загальний інтерфейс. Це спрощує обробку різних типів даних та розвиває гнучкість програмного забезпечення.

У великій мірі ООП пропонує використання об'єктів для моделювання реальних об'єктів та взаємодії між ними, що сприяє зрозумілості та природності коду. Цей підхід часто використовується в багатьох сучасних тенденціях програмування та дозволяє створювати добре структуровані та підтримувані програмні рішення.

Використання Docker у Java середовищах є перспективним напрямком, що дозволяє ефективно управляти та впроваджувати Java додатки. Однією з ключових особливостей використання Docker в Java є ізолюваність середовищ, що дозволяє запускати додатки в стандартизованому та незмінному середовищі, незалежно від конфігурації хост-системи. Це сприяє уникненню конфліктів та

непередбачуваних проблем, що можуть виникнути при різних налаштуваннях операційної системи або версіях Java.

Додатково, використання Docker у Java середовищах надає можливість легко масштабувати та розгортати додатки в різних середовищах, незалежно від їхньої внутрішньої структури чи конфігурації. Це робить Docker особливо корисним для розробників, які працюють у розподілених системах або використовують мікросервісну архітектуру.

Плюсом використання Docker в Java є також можливість ефективного управління залежностями та версіями бібліотек, що спрощує розгортання та утримання додатків. Загалом, інтеграція Docker у Java середовища дозволяє розробникам створювати надійні та портативні додатки, зменшуючи проблеми, пов'язані з різноманітністю робочих середовищ.

JUnit - це фреймворк для тестування в програмуванні на мові Java, який дозволяє розробникам писати тести для перевірки правильності функціональності їх програм. Використання JUnit є ключовим елементом у практиці тестування на основі єдиних інструментів та стандартів в екосистемі Java.

Основні переваги використання JUnit включають автоматизацію

тестів: JUnit дозволяє створювати автоматизовані тести, які можна легко виконувати під час розробки та в процесі збірки проекту. Це сприяє виявленню помилок та неполадок на ранніх етапах розробки.

Також можна виділити стандартизацію тестів: JUnit надає стандартний інтерфейс для написання тестів, що робить їх чіткими та однаковими для всіх учасників проекту. Це полегшує спільну роботу розробників та тестувальників.

Та спрощення перевірок - JUnit надає багато вбудованих методів для порівняння значень, що дозволяє швидко та просто перевіряти правильність виконання коду.

Інтеграція з іншими інструментами також присутня - JUnit може бути інтегрований з різними інструментами для збирання та аналізу результатів тестів, такими як Maven, Gradle, а також іншими інструментами для неперервної інтеграції.

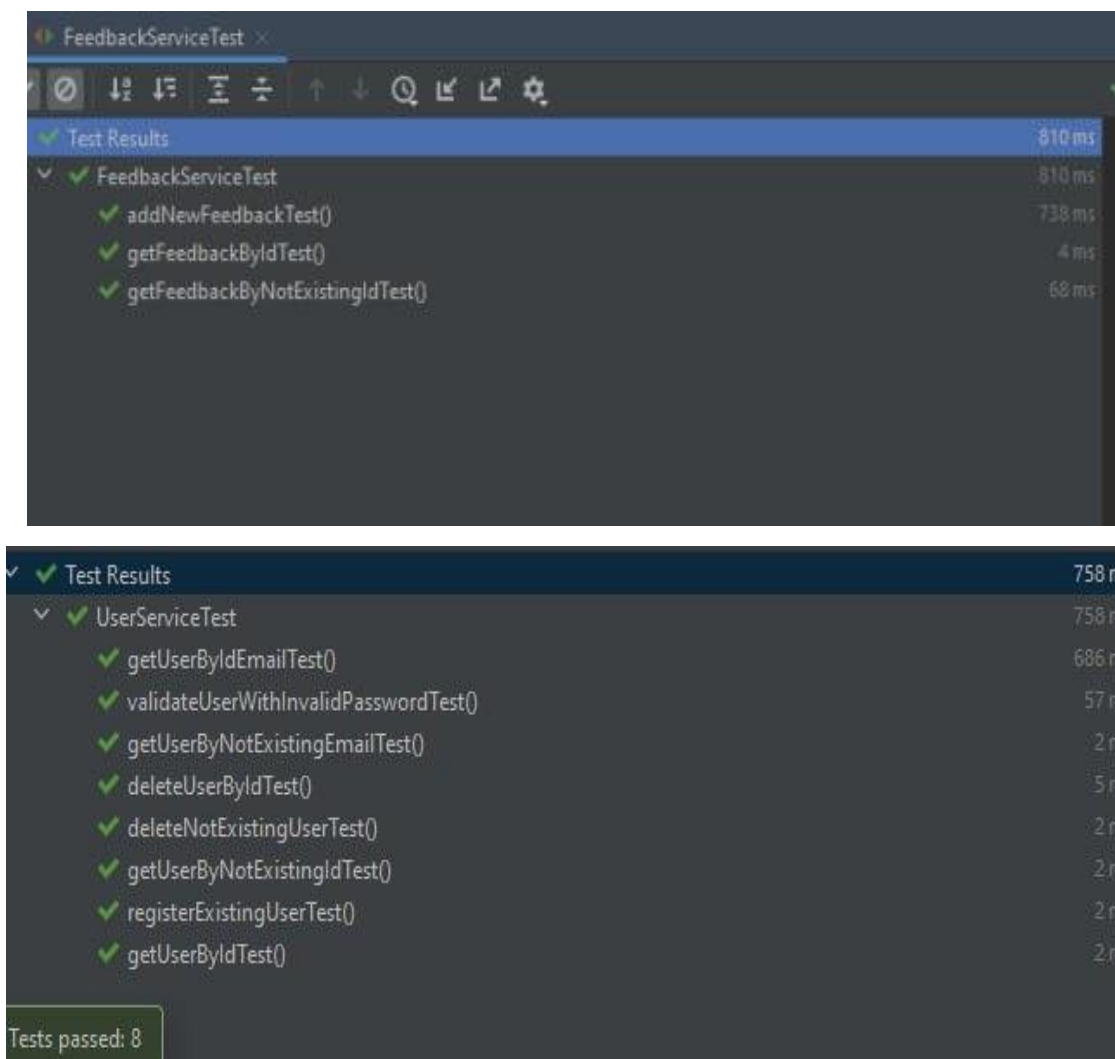


Рисунок 3.3– Тестування системи зворотнього зв'язку та користувацького сервісу за допомогою JUnit

Загалом використання JUnit сприяє покращенню якості програмного забезпечення, полегшує виявлення та виправлення помилок, а також забезпечує надійність та стабільність програмних продуктів на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

Навчальна інформаційна система призначена для надання доступу користувачам до навчальних інформаційних ресурсів, а також контроль знань студентів і учнів. Складовими НІС є навчальні інформаційні ресурси, інструментарій користувачів, інтерфейси користувачів, підсистема контролю успішності.

Структуру навчальних інформаційних ресурсів тут вище. В інструментарій

користувачів входять інструментарій викладачів та інструментарій студентів. До інструментарію користувачам належать інтерактивне створення музики, навчальна система з партитурою, інші прикладні програми тощо. Інтерфейси користувачів об'єднують інтерфейс викладача та інтерфейс студента.

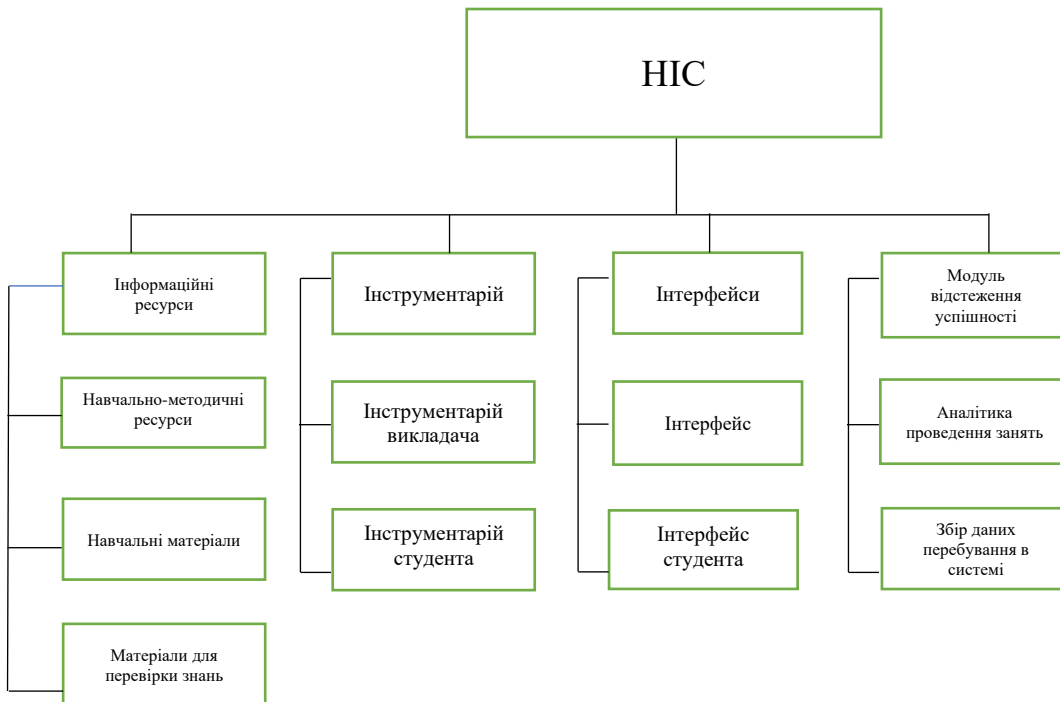


Рисунок 3.4— Модель інформаційної системи

Інтерфейс викладача дає можливість розміщувати навчальні матеріали, матеріали для контролю знань, отримувати доступ до результатів успішності тощо. Інтерфейс студента дає можливість користуватися навчальними матеріалами, проходити контроль знань тощо. Підсистема контролю відстеження успішності відповідає за забезпечення рекомендацій подальших навчальних матеріалів, коригування рівнів просування. Аналітика проведення занять дозволяє впливати на формулу присвоєння матеріалів, корегувати метадані студента. Збір даних про перебування дозволяє відстежувати інтерес в системі та цікавість у виборі матеріалів, підлаштовувати зручний формат до дисциплін.

3.2 Тестування модулю визначення жанру

Обробка аудіо - це складна галузь і не така пряма, як обробка тексту чи зображень. Основний виклик у обробці аудіо полягає в тому, що ми зазвичай не можемо візуалізувати дані - як у випадку зображень/тексту. Це робить дані важкими для обробки, але також стримує захоплення щодо їх можливостей.

Аудіофайли містять різноманітні бінарні дані, що представляють амплітуду, частоту та часову інформацію звукових хвиль, і відповідний аудіопрогравач читає ці дані для відтворення музики. Ці амплітуда, частота та час в своїй прямій формі можуть бути недостатніми для надання ключових рис аудіоданих. Ці атрибути даних можуть бути додатково оброблені для виведення додаткових характеристик, які будуть діяти як ключові вхідні дані для побудови моделей AIML.

Наведені нижче - деякі з ключових рис, які ми можемо витягти з аудіоданих шляхом їх обробки:

MFCC - Це найбільш поширена риса для побудови моделей передбачення на основі аудіо. Вона, в основному, представляє загальну форму аудіохвилі понад невеликим набором функцій.

STFT - STFT є ще однією часто використовуваною рисою, яка полягає в розділенні аудіоданих на кілька сегментів та обчисленні для них перетворення Фур'є.

Zero Crossing Rate - Це частота перетинання нуля - частота змін знаку вздовж сигналу, тобто частота, з якою сигнал змінюється від позитивного до нульового, від від'ємного до нульового або від від'ємного до позитивного

Як зазначено вище, JLibrosa - це відкрита бібліотека Java, яка була розроблена для вирішення проблеми в екосистемі Java щодо обробки аудіо. У поточній версії JLibrosa підтримує аудіофайли з розширенням файлу ".wav" і допомагає у наступній обробці:

→ Завантаження аудіофайлів у форматі ".wav" та зчитання значення амплітуди.

→ Генерація значення MFCC зі значень амплітуди.

→ Генерація значення STFT зі значень амплітуди.

→ Генерація значення MelSpectrogram зі значень амплітуди

Розберемо загальні класи, що використовуються у програмній вибірці

```
5 import java.nio.file.Files;
6 import java.nio.file.Path;
7 import java.nio.file.Paths;
8 import java.util.ArrayList;
9 import java.util.HashMap;
10 import java.util.List;
11 import java.util.Map;
12 import java.util.stream.Collectors;
13
14 no usages
15 public class DataProcessor {
16
17 no usages
18 @
19 public static Map<String, Integer> processAndLabelData(String datasetPath) {
20     Map<String, Integer> genreToLabelMap = new HashMap<>();
21     int labelCounter = 0;
22
23     // Iterate through each genre directory
24     for (String genre : getGenres(datasetPath)) {
25         genreToLabelMap.put(genre, labelCounter);
26         labelCounter++;
27     }
28
29     return genreToLabelMap;
30 }
31
32 1 usage
33 private static List<String> getGenres(String datasetPath) {
34     try {
35         return Files.walk(Paths.get(datasetPath), FileVisitOption.FOLLOW_LINKS).stream<Path>()
36             .filter(Files::isDirectory)
37     }
38 }
```

Рисунок 3.5– Клас DataProcessor

Клас DataProcessor відповідає за завантаження та попередню обробку даних. Він містить методи:

processAndLabelData(String datasetPath): Цей метод обробляє директорію датасету, визначає жанри та присвоює унікальний ідентифікатор кожному жанру. Він повертає відображення імен жанрів до відповідних ідентифікаторів.

loadData(String datasetPath, Map<String, Integer> genreToLabelMap): Цей метод завантажує аудіодані з вказаного шляху датасету, витягує ознаки за допомогою JLibrosa та створює об'єкти DataSample, які містять ознаки та мітки.

getGenres(String datasetPath): Допоміжний метод для отримання списку імен жанрів зі шляху датасету.

getAudioFiles(Path genrePath): Допоміжний метод для отримання списку аудіофайлів для заданого шляху жанру.

extractFeatures(String audioFilePath): Допоміжний метод, який використовує JLibrosa для вилучення ознак (MFCC) з аудіофайлу.

```

no usages
public class ModelTrainer {

no usages
public static <TFloat32> void trainModel(float[][] trainFeatures, int[] trainLabels)

// Define TensorFlow model graph
Placeholder featuresPlaceholder = Placeholder.clone(TFloat32.class, Placeholder
Placeholder labelsPlaceholder = Placeholder.clone(TFloat32.class, Placeholder

Variable<TFloat32> weights = Variable.clone();
Variable<TFloat32> biases = Variable.clone();

```

Рисунок 3.6– Клас ModelTrainer

Цей клас зосереджений на тренуванні моделі машинного навчання. Він містить методи для:

`trainModel(float[][] trainFeatures, int[] trainLabels)`: Цей метод налаштовує граф TensorFlow, визначає архітектуру моделі та тренує модель з використанням наданих ознак і міток тренування.

`buildModel(...)`: Допоміжний метод, який будує модель нейронної мережі з використанням TensorFlow Keras API. Він визначає заготовки, змінні (ваги та зсуви) та архітектуру моделі.

У цьому класі ModelEvaluator:

`evaluateModel(Graph graph, List<DataSample> testSamples)`: Цей метод приймає граф TensorFlow та список тестових семплів. Він підготує тензори для ознак та міток, передає їх до графа, виконує операцію оцінки. Завершально він викликає метод `calculateMetrics` для обробки прогнозів моделі та фактичних міток.

`prepareFeaturesTensor(List<DataSample> testSamples)`: Цей метод перетворює ознаки з тестових семплів в тензор TensorFlow.

`prepareLabelsTensor(List<DataSample> testSamples)`: Цей метод перетворює мітки з тестових семплів в тензор TensorFlow.

`calculateMetrics(TFloat32 predictions, List<DataSample> testSamples)`: Цей метод розраховує метрики оцінки на основі прогнозів моделі та фактичних міток. У цьому прикладі він розраховує точність.

```
import groovy.jar.jarantlr4.Runtime.Token;

no usages
public class ModelEvaluator {

    no usages
    public static <TFloat32, TInt32> void evaluateModel(Graph graph, List<DataSample>
        Session session = new Session(graph);
        // Prepare tensors for test data
        Tensor<TFloat32> featuresTensor = (Tensor<TFloat32>) prepareFeaturesTensor
        Tensor<TInt32> labelsTensor = (Tensor<TInt32>) prepareLabelsTensor(testSa

        // Define the input and output nodes in the graph

        Placeholder featuresPlaceholder = graph.opBuilder( placeholder: "Placeholder", fe
            .setAttr( s: "dtype", new ClassicToken( type: 2), token1: 3)
            .build()
            .output(0);

        Placeholder labelsPlaceholder = graph.opBuilder( placeholder: "Placeholder",
            .setAttr( s: "dtype", new ClassicToken( type: 2), token1: 3)
            .build()
            .output(0);
```

Рисунок 3.7– Клас ModelEvaluator

argmax(float[] array): Допоміжний метод для знаходження індексу максимального значення в масиві.

Аналіз спектрограми, критичний аспект визначення музичного жанру, передбачає візуальну інтерпретацію представлень частотного вмісту аудіосигналів у часі. Ці візуальні представлення дають змогу зрозуміти різні аспекти музики, зокрема моделі розподілу частот, часові структури, інструментування, тембр і розташування структурних елементів.

На початковому кроці клас DataProcessor працює з необробленими аудіоданими. Він призначає кожному музичному файлу мітку жанру та встановлює відображення назв жанрів із числовими мітками. Одночасно він виділяє релевантні характеристики, такі як Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) або короткострокове перетворення Фур'є (STFT), фіксуючи основні характеристики, що вказують на жанр. Оброблені функції разом із відповідними мітками жанру інкапсулюються в об'єкти DataSample, які служать основою для наступних етапів.

Потім оброблені зразки даних передаються до класу ModelTrainer. Тут дані додатково готуються для навчання, перетворюючи функції та мітки у формат, придатний для моделі машинного навчання. Клас визначає архітектуру моделі, вказуючи розмір вхідного шару, кількість вихідних вузлів (що відображають жанри), а також шари та вузли між ними. Модель проходить навчання, навчаючись пов'язувати ознаки з жанровими мітками через зворотне поширення. Після завершення ModelTrainer створює повністю навчену модель, здатну передбачати музичні жанри.

Навчена модель оцінюється за допомогою класу ModelEvaluator. Цей клас бере навчену модель і оцінює її продуктивність на тестовому наборі даних. Він розраховує показники оцінки, наприклад точність, порівнюючи прогнози моделі з фактичними жанровими мітками. Процес оцінювання дає змогу зрозуміти ефективність моделі в ідентифікації жанру.

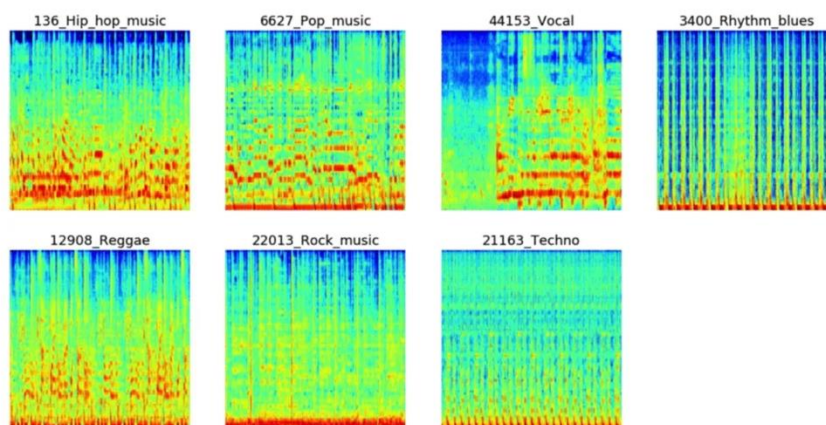


Рисунок 3.8– Результати визначені роботою моделі на тестових даних

У цьому спільному процесі функції, отримані з аудіоданих, відіграють вирішальну роль. Відмінні шаблони та характеристики, зафіксовані в цих функціях, дозволяють моделі машинного навчання вивчати та ефективно розрізняти різні музичні жанри. Об'єднані зусилля обробки даних, навчання моделі та оцінювання сприяють комплексному підходу до ідентифікації музичних жанрів.

На представленому зображенні верхній ряд вибірки становить спектрограми з успішністю $>73.05\%$ - дані жанри є досить гарно передбачуваними через такт та ритмічні патерни. Нижні вже становлюють меншу результативну вибірку через складні переходи та часті зміни в ритмічному малюнку, проте навчання на прикладах та ускладнення моделі через шари може покращити оцінювання до верхньої межі.

3.3 Порівняльний аналіз аналогів програмних модулів

На сучасний момент наявність власної онлайн системи для музичних академічних досліджень є невід'ємним інструментом для залучення цільової аудиторії, поліпшення ефективності навчання та обміну інформацією між студентами. Це стає особливо актуальним у зв'язку із зростанням інтересу до автоматизованого музичного навчання.

Багато музичних академічних груп та компаній створюючи свої веб-сайти, ведуть системно-організований процес навчання та досліджень. Кожне з цих рішень має свої унікальні переваги та обмеження, а їх структури можуть варіюватися від простих до складних.

У сфері музичної онлайн-освіти існує кілька платформ, які обслуговують початківців музикантів, кожна з яких має свої переваги та недоліки.

MusicTeachingOnline.com представляє собою спеціалізовану платформу, яка висвітлюється низкою онлайн-уроків музики. Значною перевагою цієї платформи є можливість отримання індивідуальних уроків, налаштованих планів навчання та різноманітних курсів. Такий індивідуальний підхід сприяє покращенню якості навчання, дозволяючи студентам вивчати матеріал у власному темпі та враховувати їхні особисті потреби.

Однак існує важливий момент, який стосується доступності докладної інформації про великий спектр курсів і повноважень викладачів на платформі.

Це може вплинути на здатність користувача ефективно обирати та оцінювати доступні опції, що є ключовим фактором при виборі музичного навчання.

Природньо, підвищення доступності інформації про навчальні можливості та кваліфікації викладачів може сприяти більш прозорій та інформованій прийняттю рішення стосовно участі в онлайн-навчанні на MusicTeachingOnline.com.

Загалом, ця платформа представляє собою цікавий експеримент у сфері музичної освіти, і вдосконалення процесу інформаційного представлення може сприяти подальшому її розвитку і привертанню більшої уваги аудиторії.

Berklee Online, що є продовженням Berklee College of Music, представляє собою важливий центр навчання, пропонуючи авторитетні навчальні програми через свої онлайн-курси та програми отримання ступеня. Цей інноваційний підхід до музичної освіти надає унікальні можливості для розвитку музикантів різного рівня кваліфікації, використовуючи гнучкість дистанційного навчання.

Однією з ключових переваг Berklee Online є можливість навчання в будь-якому місці світу, де є доступ до Інтернету. Це особливо важливо для студентів, які можуть знаходитися в різних географічних областях, та дозволяє їм створити графік, який відповідає їхнім індивідуальним потребам та обставинам.

Окрім того, Berklee Online сприяє розширенню музичних знань та навичок через використання різноманітних відмінних від інших онлайн-платформ ресурсів, таких як музичні записи, відео та анімовані графіки. Це допомагає студентам засвоювати матеріал більш ефективно та зацікавлено.

Необхідно відзначити, що Berklee Online виступає не тільки як засіб отримання знань, а й як важлива платформа для взаємодії музикантів з різних куточків світу. Онлайн-дискусії надають можливість учням обмінюватися досвідом та поглядами, створюючи віртуальне співтовариство, де кожен студент має можливість висловити свої думки.

Незважаючи на всі переваги, важливо враховувати потенційні недоліки Berklee Online. Одним із основних обмежень є вища вартість, пов'язана з програмами отримання ступеня, порівняно з іншими онлайн-платформами. Це

може визначати доступність для певної аудиторії та вимагати уважного розгляду вартості навчання.

Загалом, Berklee Online відіграє важливу роль у сучасному світі музичної освіти, вносячи значний внесок у розвиток музикантів через інноваційні методи та глобальну спільноту в онлайн-середовищі.

Yousician виокремляється завдяки своєму фокусу на наданні персоналізованих уроків музики через інтерактивну платформу з ігровим підходом. Такий підхід, що використовує стратегію гейміфікації, спрямований на створення привабливого навчального досвіду, особливо для початківців.

Одним із ключових елементів Yousician є можливість отримання зворотного зв'язку у реальному часі, що вирізняється серед інших онлайн-платформ. Інтерактивні завдання та взаємодія з користувачем створюють динамічний процес вивчення, де кожен крок супроводжується індивідуальними порадами.

Незважаючи на це, важливо враховувати, що підхід гейміфікації може виявитися несприйнятливим для тих, хто шукає більш серйозний і традиційний підхід до вивчення музики. Для деяких користувачів аспект гри може вважатися обмеженням у досягненні більш глибокого розуміння та майстерності у гри на інструменті..

Освіта в галузі музики через платформи, такі як Coursera, хоча надає велику кількість можливостей для дистанційного навчання, має свої недоліки, які варто розглядати. Низька інтерактивність та віддалена природа відносин між викладачем і студентом є серйозними обмеженнями цього підходу.

По-перше, відсутність фізичної присутності викладача учню ускладнює можливість надання конкретного та персоналізованого навчання. Учні можуть відчувати відсутність індивідуального підходу та підтримки, що зазвичай отримують на традиційних уроках.

По-друге, обмежена можливість взаємодії між учнями у платформах, таких як Coursera, може призвести до втрати можливостей для обміну досвідом та взаємопідтримки. Важливий аспект вивчення музики - це колективний досвід, який ускладнюється в умовах відсутності прямого спілкування.

По-третє, обмежені можливості для практичних вправ та взаємодії з реальними музичними інструментами можуть обмежити розвиток навичок учня. Зважаючи на те, що музика є високоемоційним виразом, безможливість безпосередньо відгукати на виконання учнів може ускладнити їхній творчий та артистичний розвиток.

В цілому, використання Coursera та подібних платформ у музичній освіті вимагає уважного врахування цих обмежень та пошуку компромісів для забезпечення якісного та ефективного навчання.

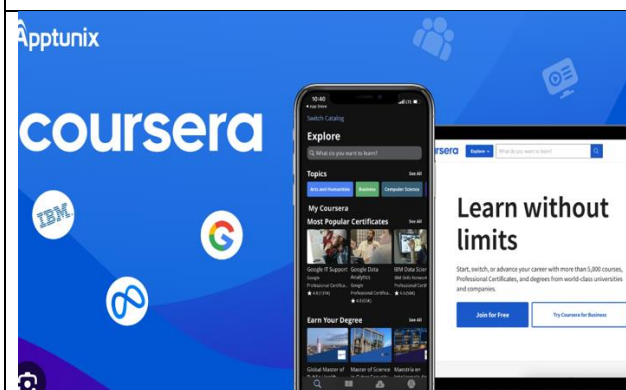
Вибираючи платформу музичної онлайн-освіти, користувачі повинні зважити всі «за» і «проти» на основі своїх індивідуальних уподобань, стилів навчання та довгострокових цілей. Будь то персоналізований підхід MusicTeachingOnline.com, престижна навчальна програма Berklee Online, різноманітність курсів Coursera чи захоплюючий досвід Yousician, кожна платформа має унікальні пропозиції, які відповідають різним музичним устремлінням.



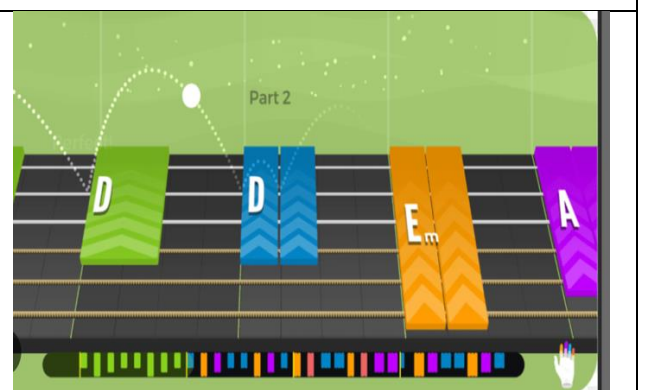
a) MusicTeachingOnline.com



б) Berklee College of Music



в) Coursera



в) Yousician

Рисунок 3.9– Популярні аналоги

У сфері музичної освіти розроблена комплексна платформа пропонує явні переваги порівняно з існуючими платформами. Включення інтерактивних інструментів для створення музики надає користувачам практичне застосування теоретичних знань, сприяючи творчості та практичному розумінню — аспект, який не завжди наголошується на інших платформах. Включення повної бібліотеки нот виділяється як цінний ресурс, що сприяє розвитку навичок і розширенню репертуару таким чином, що не має аналогів на деяких існуючих платформах.

Персоналізований досвід навчання завдяки плануванню індивідуальних уроків з інструкторами та ефективна організація за допомогою функцій календарного планування відрізняють передбачувану платформу. Ці аспекти сприяють більш індивідуалізованому та структурованому підходу, встановлюють тісніші стосунки між викладачем та учнем і допомагають користувачам ефективно керувати часом — функція, яка не завжди наголошується на існуючих платформах.

Інтеграція інструментів створення музики вирізняє платформу, заохочуючи користувачів досліджувати свій творчий потенціал, пропонуючи унікальний шлях для оригінального вираження. Крім того, реалізація алгоритмів визначення жанру сприяє більш повному розумінню музики, заохочуючи користувачів досліджувати різноманітні жанри та покращуючи їхні загальні музичні знання — функція, яка не є повсюдно доступною на сучасних платформах.

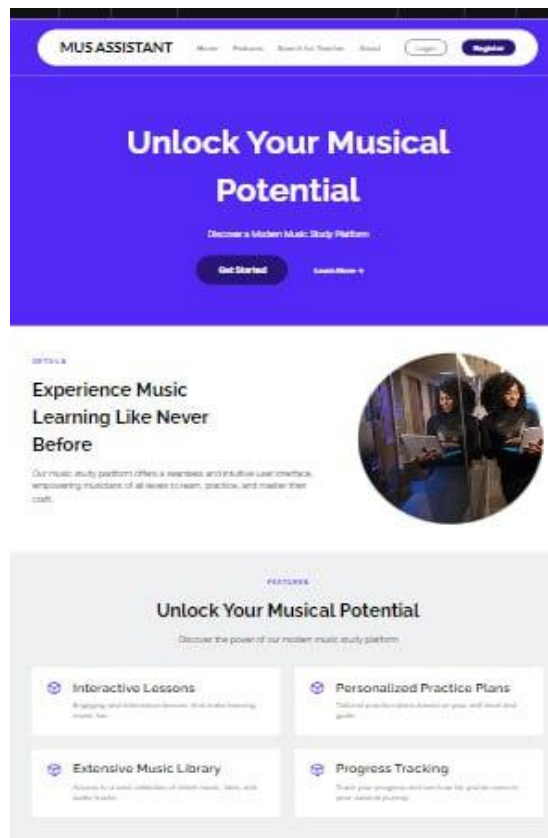


Рисунок 3.10 – Вигляд гостьової сторінки платформи

Добре розроблений інтерфейс користувача (UI) є ключовим аспектом у формуванні досвіду користувачів на цифрових платформах, виходячи за рамки простої естетики, щоб впливати на залучення користувачів, задоволення та загальну зручність використання. У сфері цифрових інструментів для музичної освіти продуманий розроблений інтерфейс користувача дає кілька переваг, які значно впливають на подорож користувача.

Інтуїтивно зрозуміла система навігації гарантує, що користувачі можуть легко досліджувати платформу, сприяючи позитивному досвіду. Візуальна привабливість і зручні взаємодії сприяють підвищенню залученості користувачів, заохочуючи користувачів глибше заглиблюватися в навчальну діяльність. Спрощений дизайн інтерфейсу користувача полегшує ефективне виконання завдань, дозволяючи користувачам швидко знаходити функції та переходити між уроками без зайвої складності.

Пророблений інтерфейс користувача зводить до мінімуму криву навчання, полегшуючи користувачам зрозуміти, як ефективно використовувати

платформу. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню задоволеності користувачів, оскільки користувачі можуть виконувати завдання без розчарування. Інклюзивний дизайн інтерфейсу користувача враховує доступність, забезпечуючи зручність використання для людей із різноманітними здібностями завдяки таким функціям, як опції перетворення тексту на мовлення та регульований розмір шрифту.

Чуйний дизайн має вирішальне значення, адаптуючи інтерфейс користувача до різних розмірів екрана та пристроїв для узгодженого використання. Ця адаптивність особливо важлива для користувачів, які отримують доступ до платформи з різних пристроїв. Крім того, добре продуманий користувальницький інтерфейс підтримує узгодженість бренду, зміцнюючи ідентичність платформи та зміцнюючи довіру серед користувачів.

Підсумовуючи, хороший підхід користувальницького інтерфейсу на платформах музичної освіти пропонує різноманітні переваги, починаючи від інтуїтивної навігації та підвищеного залучення користувачів до ефективного виконання завдань і узгодженості бренду. Ці міркування разом сприяють позитивному користувальницькому досвіду, що зрештою впливає на задоволеність користувачів і загальну ефективність платформи в сприянні музичній освіті.

Онлайн музична платформа відкриває перед нами широкий спектр переваг, що робить їх інноваційним та популярним інструментом для навчання та розвитку музичних навичок. Однією з ключових переваг є гнучкість та доступність. Студенти можуть отримати доступ до високоякісного музичного навчання в будь-який зручний для них час і місце, забезпечуючи максимальний комфорт та адаптацію до їхнього графіку.

Індивідуалізація та персоналізація навчання стають можливими завдяки інтерактивним функціям, що дозволяють адаптувати процес навчання до потреб кожного студента. Алгоритми визначення рівня вивченості та підбір оптимальних завдань сприяють ефективному засвоєнню матеріалу. Такий індивідуальний підхід підвищує якість освіти та робить її більш ефективною.

Завдяки використанню передових технологій, онлайн музичні платформи забезпечують можливість використання інтерактивних інструментів для творчості та спільного створення музики. Це розширює можливості вивчення та дозволяє створювати унікальний контент для студентів.

Крім того, онлайн музичні платформи забезпечують доступ до світових експертів та викладачів, що робить навчання більш різноманітним і збагачує досвід студентів. Взаємодія з музикантами із різних куточків світу додає нові виміри та культурний контекст до навчання.

2.5 Висновки до розділу

В цьому розділі представлені UML-діаграми класів для модулю, який реалізує алгоритм визначення жанру з використанням нейронної мережі. Проведено порівняльний аналіз результатів функціонування алгоритму визначення жанрової вибірки.

Виявлено, що використання програмного модулю на основі розробленого алгоритму виявляє легкі у визначенні жанри близько -70% у порівнянні з вибіркою композицій, де присутні пересічні композиційні моменти. Також проведений порівняльний аналіз з іншими програмними модулями, визначенні переваги та недоліки розробки з іншими онлайн-платформами

ВИСНОВКИ

На основі аналітичного підходу проведено порівняльний аналіз музичних освітніх платформ, що дало можливість виділити їх переваги та недоліки на етапі вибору системи навчання

1. Було проведено аналіз можливостей розробок, що дозволило виділити алгоритми обробки та модифікації даних користувача для покращення алгоритму подачі навчального матеріалу.

2. За допомогою порівняльного аналізу були визначені сучасні програмні засоби обробки музичних даних, зокрема в системах автоматизованої обробки аудіо, де досліджуються звукові репрезентації, отримані в результаті аналізу музичних композицій.

3. На основі теоретичної бази поетапно наведені адаптивні алгоритми підбору композицій для вивчення, визначення жанрової вибірки та можливості створення композицій в інтерактивному режимі в реальному часі.. У вигляді блок-схеми представлено узагальнену структуру адаптивного алгоритму створення музичних творів .

4. Наведено приклади класів для розробленого модулю, який реалізує адаптивний визначення музичного жанру. Проведено порівняльний аналіз результатів роботи програмного модулю визначення.

5. Визначені переваги розробки в області онлайн музичної освіти, сформована порівняльна база та затвердженні аспекти розробки. Сформовані навчальні моделі тренування нейронних мереж та підготовлені окремі модулі прототипу.

Список використаних джерел

1. Петренко, І. (2018). Аналіз можливостей використання неймереж у музичних додатках. Наукові праці Київського університету імені Тараса Шевченка. Серія: Проблеми інформатизації, 40, 88-94.
2. Піраміда навчання. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%B4%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F
3. Гладких, В. (2019). Штучний інтелект в обробці музичної інформації: переваги та виклики. Музична інформатика, 2(15), 21-33.
4. Kim, D. H., Lee, J. H., & Lee, J. W. (2017). Music recommendation system using deep learning based on recurrent neural networks. In Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC).
5. McFee, B., McVicar, M., Raffel, C., Liang, D., & Ellis, D. P. (2015). librosa: Audio and music signal analysis in Python. In Proceedings of the 14th Python in Science Conference.
6. Humphrey, E. J., Nieto, O., Bello, J. P., & Forsyth, J. (2013). JAMS: A JSON Annotated Music Specification for Reproducible MIR Research. In Proceedings of the 14th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
7. Коваль, Н., & Савченко, І. (2017). Розвиток музичних технологій в контексті штучного інтелекту. Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв, 2(40), 100-105.
8. Li, Y., & Yang, Y. (2019). Music emotion recognition using convolutional neural networks. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 10(10), 3973-3983.

9. Coviello, E., Chan, A. B., Lanckriet, G. R., & Lanckriet, G. R. (2012). Time–frequency audio–visual fusion for multimedia event detection. *Machine Vision and Applications*, 23(2), 245-257.
10. Лисенко, О., & Чернишова, О. (2016). Використання нейромереж для аналізу музичних емоцій. *Збірник наукових праць Харківської консерваторії*, 29, 66-74.
11. Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13(Feb), 281-305.
12. Pachet, F. (2017). Musical metadata: What is it, and where is it heading?. In *Proceedings of the 18th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*.
13. Sigtia, S., Benetos, E., Boulanger-Lewandowski, N., & Dixon, S. (2014). An end-to-end neural network for polyphonic piano music transcription. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 22(12), 2140-2153.
14. Jie Yang , Junhong Zhao, Lu Lu *, Tingting Pan and Sidra Jubair A New Improved Learning Algorithm for Convolutional Neural Networks. URL https://www.researchgate.net/publication/339708596_A_New_Improved_Learning_Algorithm_for_Convolutional_Neural_Networks
15. Scholler, M., & Schedl, M. (2018). Music genre classification with convolutional neural networks. In *Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*.
16. O'Hanlon, P., Hockman, J., & Burns, J. (2014). The role of artificial intelligence in musical emotion recognition: Conveying music emotion through software. In *Proceedings of the 40th International Computer Music Conference (ICMC)*.
17. Goto, M., Hashiguchi, H., Nishimura, T., & Oka, R. (2002). RWC music database: Popular, classical and jazz music databases. In *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*.
18. Van Den Oord, A., Kalchbrenner, N., & Kavukcuoglu, K. (2016). Pixel recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1601.06759*.

19. Burred, J. J., Lerch, A., & Friberg, A. (2010). A probabilistic model for audio thumbnailling. In Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
20. Pakdaman, M., & Ahmadi, M. (2018). Emotional music classification using deep learning. *Multimedia Tools and Applications*, 77(4), 4833-4852.
21. Scaringella, N., Zoia, G., & Mlynek, D. (2006). Automatic genre classification of music content: A survey. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 23(2), 133-141.
22. Hamel, P., & Eck, D. (2010). Learning features from music audio with deep belief networks. In Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
23. Henaff, M., & Szlam, A. (2011). Spectral pooling in convolutional neural networks. In Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS).
24. Boulanger-Lewandowski, N., Bengio, Y., & Vincent, P. (2012). Modeling temporal dependencies in high-dimensional sequences: Application to polyphonic music generation and transcription. In Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning (ICML).
25. Salamon, J., Jacoby, C., & Bello, J. P. (2014). A dataset and taxonomy for urban sound research. In Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia.
26. Yang, Y., & Li, Y. (2016). Design and implementation of an emotional intelligent music player. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 7(5), 695-703.
27. McVicar, M., & Duan, Z. (2017). Deep learning for music auto-tagging: Evaluation of convolutional neural networks. In Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx).
28. Dong, W., Charoenpornasawat, P., Veeramachaneni, K., & Zeng, W. (2018). Towards automated music composition using deep learning. In Proceedings of the 19th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
29. Eyben, F., Schuller, B., & Rigoll, G. (2009). Real-life voice activity detection with LSTM recurrent neural networks and an application to Hollywood movie audio

- description. In Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).
30. Carpentier, J. E., Manzolli, J., & De Poli, G. (2012). Music emotion recognition: A state of the art review. In Proceedings of the International Symposium on Computer Music Modeling and Retrieval (CMMR).
31. Методичні рекомендації до виконання дипломної роботи з освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр”. Спеціальність „Комп’ютерні системи та мережі”/О.М. Березький, Л.О. Дубчак, Г.М. Мельник /Під ред. О.М. Березького Тернопіль: ТНЕУ, 2018. 41с.
32. Schuller, B., Eyben, F., & Rigoll, G. (2009). Feature transformation and normalization strategies for voice activity detection. In Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).
33. Humphrey, E. J., & Bello, J. P. (2012). Rethinking the evaluation of audio onset detection. In Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
34. Van Den Oord, A., & Schrauwen, B. (2013). Factored three-way restricted Boltzmann machines for modeling music. In Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning (ICML).
35. Casey, M. A., Rhodes, C., & Slaney, M. (2008). Analysis of minimum and maximum pitch in a large database of music. In Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
36. Kim, Y., & Schmidt, E. M. (2018). Deep learning for music emotion recognition: A meta-analysis. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(4), 1103-1115.
37. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning* (Vol. 1). MIT press Cambridge.
38. Kameoka, H., Higuchi, T., & Kashino, K. (2018). The 2018 community-based signal separation evaluation campaign. In Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).

39. Humphrey, E. J., & Bello, J. P. (2013). Shazam music matching algorithm. In Proceedings of the 14th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR).
40. Malheiro, R., Guedes, C., & Panda, R. (2016). Music genre classification using LBP texture features. In Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICT