

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеська національна академія харчових технологій

**НА ШЛЯХУ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0:  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
МОДЕЛЮВАННЯ, ШТУЧНИЙ  
ІНТЕЛЕКТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ**

Монографія

За загальною редакцією  
**С. В. Котлика**

Одеса  
«Астропринт»  
2021

У монографії узагальнено і проаналізовано рівень сучасного стану розвитку інформаційних технологій, комп'ютерного та математичного моделювання, автоматизації процесів управління, штучного інтелекту, робототехніки, розпізнавання образів, 3D-прототипування, електромеханіки, мехатроніки — практично всіх напрямків, які об'єднуються терміном Індустрія 4.0.

Монографія буде корисною як для фахівців і працівників фірм, зайнятих в області IT і автоматизації, так і для викладачів, магістрів, студентів і аспірантів вищих навчальних закладів, і всіх, хто цікавиться питаннями, пов'язаними з Індустрією 4.0.

Колектив авторів

*В. Б. Артеменко, Л. В. Артеменко, О. В. Артеменко, В. М. Бажан, Р. І. Байцар, С. В. Бєз, А. П. Бойко, Н. І. Бойко, М. П. Бойцова, О. С. Бойцова, В. В. Борис, Н. В. Борисова, В. В. Борцов, С. М. Бурбело, А. А. Винар, В. В. Войтко, С. О. Войнова, С. І. Вяткіл, К. О. Габуєв, К. А. Гончаренко, В. Ф. Гречанинов, Д. К. Григорюк, В. Б. Єгоров, С. І. Єршова, О. М. Жигайло, С. Л. Жуковецька, І. М. Журавська, А. О. Журба, К. С. Завертайло, Р. С. Зацерковна, Р. Г. Зацерковний, А. Ю. Зимогляд, Х. В. Зуб, Л. В. Іванова, Л. О. Іванова, І. В. Ізюлін, Н. О. Клязєва, Ю. К. Корнієнко, Т. І. Коробейнікова, М. Т. Костюк, С. В. Котлик, Н. В. Краснісько, А. В. Кудряшова, І. В. Кулаковська, М. С. Куріний, В. П. Ларшин, Н. О. Лисенко, Н. В. Ліценко, Л. Б. Ліщицька, А. В. Лопушанський, О. В. Мазур, В. З. Майк, Н. Г. Малашова, А. В. Марущак, К. В. Мельник, П. І. Михайлов, Л. І. Мочурад, О. Л. Неню, І. В. Перун, І. В. Пік, М. С. Потокій, Н. О. Похлебіна, Н. О. Пунченко, О. В. Романюк, О. Н. Романюк, С. О. Романюк, О. Ю. Сакалюк, В. М. Сеньківський, О. Є. Сергєєва, І. І. Сидорюк, Ю. М. Скаковський, І. В. Скарський, О. В. Скоріякова, О. П. Соколова, К. В. Сологуб, П. В. Ставицький, М. Т. Степанов, О. В. Субботіна, Ю. Ю. Суліма, Ю. Є. Суліма, Р. О. Ткаченко, М. М. Топор, Ф. А. Тршица, Є. О. Лоріна, О. О. Ушкаренко, С. Н. Федосов, В. А. Хобін, О. М. Хошаба, Д. В. Храменков, А. Л. Чап, Ю. П. Чепітський, Р. Ю. Чехмєструк, Н. Б. Шаховська, С. В. Шестопалов, В. А. Шмалюх, Л. Д. Яроцук*

Рецензенти:

*В. М. Плотніков*, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки Одеської національної академії харчових технологій;

*О. А. Штинковський*, канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем Одеського національного політехнічного університету;  
*Ю. Б. Шугайло*, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри комп'ютерних систем і технологій Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова

Рекомендовано до друкування рішенням ради Одеської національної академії харчових технологій (*протокол № 6 від 8.12.2020 р.*)

© Артеменко В. Б., Артеменко Л. В.,  
Артеменко О. В. та ін., 2021

*Передмова* ..... 7

*Розділ I*

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ**

Visual question answering for image understanding

(*Zatserkovny R. G., Maik V. Z., Zatserkovna R. S.*) ..... 15

Методи та засоби автоматизованого синтезу

та розпізнавання музичних композицій (*Войтко В. В.,*

*Ставицький П. В.*) ..... 15

Розробка методики моделювання ландшафту зі складним

рельєфом (*Жуковецька С. Л.*) ..... 32

Побудова шкали складності розпізнавання об'єктів

заданого класу на зображеннях (*Мочурад Л. І.,*

*Потокій М. С.*) ..... 32

Використання 3D-сканерів ніг (*Романюк О. Н.,*

*Бажан В. М., Вяткін С. І., Михайлов П. І.,*

*Чехмєструк Р. Ю., Перун І. В.*) ..... 48

Аналіз 3D-body сканерів (*Романюк О. Н., Марущак А. В.,*

*Шмалюх В. А., Михайлов П. І., Чехмєструк Р. Ю.,*

*Перун І. В.*) ..... 9

Analysis of microfacet and wave approaches to the formation

of realistic images of anisotropic surfaces (*Chap A.,*

*Romanuk O. N.*) ..... 9

Ігровий штучний інтелект в іграх жанру RPG

(*Шестопалов С. В., Григорюк Д. К.*) ..... 9

*Розділ II*

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ І КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ**

Development of an Automatic Control System for the Self-

Adapting Gripper (*Habniev K., Yehorov V.*) ..... 113

Technological processes and systems automation principles

(*Larshin V. P., Lishchenko N. V.*) ..... 121

Multi-impedance logic elements ( <i>Lishchynska L. B.</i> )	132
Analysis of research methods in clinical and diagnostic laboratory ( <i>Sydorko I. I., Vaitas R. I.</i> )	143
Просторове розміщення мікроконтролерної системи пасивної акустичної локації на основі Платонових тіл ( <i>Борцов В. В., Бойко А. П., Винар А. А., Журавська І. М., Кулаковська І. В.</i> )	151
Дослідження методів оцінки якості кластеризації у WEB-додатку ZNY&VOR ( <i>Жигайло О. М., Топор М. М., Борис В. В.</i> )	169
Підвищення продуктивності в операційних системах шляхом вирішення конфліктних ситуацій між процесами ( <i>Завертайло К. С., Хошаба О. М.</i> )	17
Застосування двійкового кодування розрізів для вирішення мережних задач ( <i>Князева Н. О., Лисенко Н. О.</i> )	192
Ітеративний розрахунок верхньої границі зв'язності двополюсної мережі мінливої структури типу $G(n, L)$ ( <i>Ненюв О. Л.</i> )	205
Автоматизація процесу формування випромінювання лазерними DFB-модулями: структурна та параметрична ідентифікація, концепція перспективної САК ( <i>Похлебіна Н. О., Мазур О. В.</i> )	205
Вплив нейронних мереж на достовірність прогнозу дрейфу судна, як напрямків безпеки судноводіння ( <i>Пунченко Н. О.</i> )	2
Модернізація технічної структури системи автоматизованого керування відділенням вакуум-апаратів періодичної дії цукрового виробництва ( <i>Скаковський Ю. М.</i> )	231
Інваріантна САР з оптимізацією інтервалу прогнозування контрольованих збурень ( <i>Степанов М. Т.</i> )	244
Метод прогресій як основа розрахунку інтегральних показників перехідних процесів квазілінійних динамічних систем ( <i>Хобін В. А., Гончаренко К. А.</i> )	2

### Розділ III ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ

The main differences between types of 3D printing technologies ( <i>Voitsova O., Voitsova M.</i> )	271
Information technology for determination of the foreign language proficiency level ( <i>Ворысова Н. V., Мельник К. V., Yershova S. I.</i> )	271
Автоматизація процесів планування в інформаційних системах ( <i>Безз С. В., Бурбело С. М., Скірський І. В.</i> )	293
The use of cloud technologies at the open information systems ( <i>Воуко Н.</i> )	300
Використання 3D-друку при створенні ювелірних виробів ( <i>Іванова Л. О., Котлик С. В., Соколова О. П.</i> )	317
Дослідження технологій 3D-моделювання на прикладі 3D-туру ОНАХТ ( <i>Корнієнко Ю. К., Костюк М. Т.</i> )	332
Моделі факторів прототипування ВЕБ-ресурсу ( <i>Сеньківський В. М., Піх І. В., Кудряшова А. В.</i> )	340
Особливості аналізу та проектування взаємодій інформаційних систем в сервіс-орієнтованих архітектурах ( <i>Хошаба О. М., Гречанинов В. Ф., Лопушанський А. В.</i> )	354

### Розділ IV МАТЕМАТИЧНЕ І КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Modeling of a mask for improving thickness uniformity of thin films and vacuum coatings ( <i>Fedosov S. N., Sergeeva A. E.</i> )	370
Дослідження впливу зовнішніх параметрів при отриманні рисунків Ліхтенберга на їхні фрактальні властивості ( <i>Журба А. О., Зимогляд А. Ю.</i> )	379
Mathematical modeling of charge carriers' dispersive transport in ferroelectric polymers ( <i>Fedosov S. N., Sergeeva A. E., Khratchenkov D. V.</i> )	387
Застосування бустингу в ансамблях нейронних мереж узагальненої регресії для підвищення точності розв'язання задач апроксимації ( <i>Ізонін І. В., Ткаченко Р. О., Зуб Х. В.</i> )	394

Модифікація методу оцінювальної функції для антиаліаїзину векторів (Романюк О. Н., Куріний М. С., Романюк С. О., Коробейнікова Т. І., Романюк О. В.)	40
Контекстно-онтологічний підхід для рорв'язання задач безпеки продуктів харчування (Чапінський Ю. П., Суботнін О. В.)	422
Вдосконалення методу побудови графоаналітичних моделей компонентів електронних кіл (Ушкаренко О. О., Малахова Н. Г.)	
Метод імпутації даних на основі ймовірнісних продукційних правил (Шаховська Н. Б.)	45
Формалізація знань для експертної системи при керуванні процесом регенерації мастил (Ярошук Л. Д., Торіна Є. О.)	45
<i>Розділ V</i>	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ	
General technical structure of the automated control system of the courses timetable creation process (O. Sakaljuk, F. Trishyn)	47
Онлайн-навчання користувачів інформаційно-аналітичних систем на основі гібридної моделі МООС (Артемченко В. Б., Артемченко Л. В., Артемченко О. В.)	484
До використання нових інформаційних технологій у дистанційному навчанні (Войнова С. О.)	
Комплексна автоматизована система діагностики конкурентоспроможності майбутніх ІТ-фахівців (Іванова Л. В., Скорнякова О. В.)	51
Пілотний проєкт запровадження змішаного навчання на базі Google Cloud Platform у фаховому коледжі (Сулма Ю. Ю., Красніченко Н. В., Суліма Ю. Є., Сологуб К. В.)	527
Список авторів	537

Сучасний етап розвитку людської цивілізації характеризується переходом до так званого інформаційного суспільства, в якому в результаті процесів інформатизації та комп'ютеризації інформаційні технології в усіх сферах діяльності відіграють більш важливу роль, ніж індустріальні, аграрні та ін. Інформатизація — загальний неминучий період розвитку цивілізації, період освоєння інформаційної картини світу, створення індустрії виробництва й обробки інформації.

У колективній монографії представлені результати практичних і теоретичних досліджень в області застосування різних інформаційних технологій, засобів автоматизації, мехатроніки, 3D-прототипування, робототехніки, електромеханіки, комп'ютерного та математичного моделювання, штучного інтелекту, розпізнавання образів, застосування 3D-принтерів — практично всіх напрямків, які об'єднуються терміном Індустрія 4.0. Монографія складена за підсумками проведення XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та автоматизація — 2020», яка відбулася в жовтні 2020 року в Одеській національній академії харчових технологій.

Спектр представлених проблем надзвичайно широкий — розпізнавання музичних композицій та об'єктів заданого класу на зображеннях, використання 3D-сканерів ніг та аналіз 3D-body сканерів, ігровий штучний інтелект в комп'ютерних іграх та підвищення продуктивності в операційних системах, вплив нейронних мереж на достовірність прогнозу дрейфу судна, автоматизація процесів планування в інформаційних системах, моделі факторів прототипування WEB-ресурсу, онлайн-навчання користувачів інформаційно-аналітичних систем, пілотний проєкт запровадження змішаного навчання та інші.

У створенні колективної наукової праці взяли участь практично всі «гранди» підготовки фахівців в області Індустрії 4.0 — Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Національний університет «Львівська політехніка», Вінницький національний технічний університет, Національна металургійна академія України, Інститут проблем математичних машин і систем, Одеський національний політехнічний університет, Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, Одеська національна

question answering itself, and often include information about the question while working with visual features.

**Conclusions and future work.** The task of visual question answering is a novel combination of computer vision and natural language processing fields. In addition to assisting visually impaired people with succeeding in their everyday goals, it can be used as a benchmark for general artificial intelligence, as an algorithm that has the capacity to achieve understanding of any given visual input would match the criteria for intelligence.

Visual question answering is far from a solved problem: the current state-of-the-art algorithm on the real-world VizWiz dataset achieves 56.3 % accuracy, with a maximum of 79.85 % for simple “yes”/“no” questions [5]. Furthermore, VQA algorithms based on deep neural networks suffer from a lack of explainability that may lead to flawed reasoning and the inability of the model to generalize to previously unseen input images [8].

Further improvements can be made to all core components of VQA systems, with methods that exploit the relationships between questions and images as well as transparent, explainable algorithms appearing the most promising avenues of research.

## REFERENCES

1. Y. Goyal, T. Khot, D. Summers-Stay, D. Batra, and D. Parikh, “Making the V in VQA Matter: Elevating the Role of Image Understanding in Visual Question Answering,” arXiv:1612.00837 [cs], May 2017, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1612.00837>.
2. T.-Y. Lin et al., “Microsoft COCO: Common Objects in Context,” arXiv:1405.0312 [cs], Feb. 2015, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1405.0312>.
3. M. Ren, R. Kiro, and R. Zemel, “Exploring Models and Data for Image Question Answering,” arXiv:1505.02074 [cs], Nov. 2015, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1505.02074>.
4. M. Mathew, D. Karatzas, R. Manmatha, and C. V. Jawahar, “DocVQA: A Dataset for VQA on Document Images,” arXiv:2007.00398 [cs], Jul. 2020, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2007.00398>.
5. D. Gurari et al., “VizWiz Grand Challenge: Answering Visual Questions from Blind People,” arXiv:1802.08218 [cs], May 2018, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1802.08218>.
6. M. Malinowski, C. Doersch, A. Santoro, and P. Battaglia, “Learning Visual Question Answering by Bootstrapping Hard Attention,” arXiv:1808.00300 [cs], Aug. 2018, Accessed: Oct. 06, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1808.00300>.

7. R. Krishna et al., “Visual Genome: Connecting Language and Vision Using Crowdsourced Dense Image Annotations,” Int J Comput Vis, vol. 123, no. 1, pp. 32–73, May 2017, doi: 10.1007/s11263-016-0981-7.

8. Aishwarya Agrawal, Dhruv Batra, Devi Parikh, and Aniruddha Kembhavi. Don’t Just Assume: Look and Answer: Overcoming Priors for Visual Question Answering. CoRR, abs/1712.00377, 2017. <http://arxiv.org/abs/1712.00377>.

9. Ramprasaath R. Selvaraju, Ece Kamar. SQuINTing at VQA Models: Introspecting Ribeiro, Besmira Nushi, Ece Kamar. SQuINTing at VQA Models: Introspecting VQA Models with Sub-Questions, 2020. <https://arxiv.org/abs/2001.06927>.

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ МУЗИЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ

**Войтко В. В., Ставицький П. В.**

*Основними структурними компонентами системи синтезу та аналізу музичних звуків є два. Перший забезпечує функціонал розпізнавання музичних композицій на основі награного уривку. Другий забезпечує функціонал створення власних музичних композицій. Розпізнавання відбувається на основі дискретизації вхідного аудіосигналу за допомогою швидкого перетворення Фур’є. Наступним кроком є створення на основі перетворених даних так званих хвч-вдблуктів, що дають змогу пошуку та співставлення співпадінь задля швидкого отримання метаданих про бажану музичну композицію, працюючи в умовах зашумленості початкового вхідного сигналу. Синтез музичних композицій побудовано у вигляді секвенсора, де користувач має змогу ручного створення власних композицій. Крім того, використання набуває комбінований метод, що дозволяє перетворювати мелодію, награну голосом, у певну музичну послідовність, яка, в свою чергу, може бути редагована. Для розробки такої системи важливою є якісна програмна реалізація, яка здатна вольність базові характеристики: швидкодню, багатоплатформність, кросплатформність. Багатоплатформність полягає в адаптивній розробленій системі до багатьох платформ, таких як Android, iOS, Web, а також настільних платформ. Кросплатформність полягає в можливість спільної кодової бази одночасно встановлюватися на низку платформ. Саме тому розглянуто ряд технологій, які містять свої переваги і недоліки, проте дозволяють досягти поставленої мети. Крім того, важливим компонентом такої системи є серверна складова, яка повинна тримати основне навантаження під час пошуку співпадінь музичних композицій. Важливими є підходи до обробки запитів клієнтських додатків, а також методи оптимізації пошуку даних у базі.*

The primary structural components of the system of music synthesis and analysis are music recognition and sound synthetic components. Former provides a functionality of a music recognition of the music based on a provided fragment. Latter allows user to create custom music tracks. Sound recognition is based on a Fast Fourier Transform which allows to transform input sound signal to the format suitable for analysis. The next step is to create a number of fingerprints that represent local extremes of the input signal which in turn allows to work in noisy environments. Such approach provides an efficient way to recognize compositions and display their metadata. Sound synthesis functionality is represented as a sequencer where user is able to create custom music sequences and turn them to music tracks. Moreover, it is important to mention a combined method which adds another input channel for the music creation feature. Use is able to play the desired melody with his voice and than it can be transformed to editable sound sequences as an addition to tracks being edited. To create such a software system it is important to have an implementation which will satisfy the following criteria: speed, multiplatform, crossplatform. It is important for a modern software product to be multiplatform which means its availability on a various range of platforms such as Android, iOS, Web and desktop. Furthermore, it can be beneficial to make it crossplatform which means having single codebase targeting multiple platforms. That is why it is important to consider a set of various modern technologies which allow to achieve such an approach. Each of them has its own advantages, disadvantages and conceptual differences with competitors, that is why needs to be properly analyzed. The crucial part of the system overall is the server-side. It is the component which handles system load balancing and recognition functionality. It is important to consider optimization approaches of this components as well.

Під час розробки таких програмних продуктів, як система розпізнавання музичних композицій [1], варто приділяти велику увагу, як алгоритмічній складовій розробки, так і програмній імplementації клієнтських додатків та серверній частині. Необхідно розробити надійне рішення з мінімальною кількістю повторюваного коду задля високої ефективності роботи та процесу розробки системи. Важливо тут розглянути підходи кросплатформних технологій розробки додатків. Крім того, необхідно забезпечити можливість швидкого пошуку музичних співпадінь з боку серверної складової для високої швидкодії системи. Саме тому слід проаналізувати підходи та алгоритми, що дозволять збільшити швидкість роботи процесів задля забезпечення задовільного досвіду використання системи.

Однією з основних переваг розроблюваного програмного продукту є застосування комбінованого методу створення музичних композицій, який базується на використанні технологій синтезу музичних звуків та алгоритмів їх аналізу.

Розроблюваний додаток складається з модуля синтезу музичних звуків і модуля порівняння та аналізу музичних композицій [1].

У модулі аналізу та порівняння музичних композицій під час запису сигналу за допомогою мікрофону отримується масив, який є поданням звукового сигналу в часовій області. Для отримання часотних характеристик сигналів, розгорнутих у часі, необхідно використовувати дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) [2].

Алгоритм роботи компонента розпізнавання композицій наведено на рисунку 1.

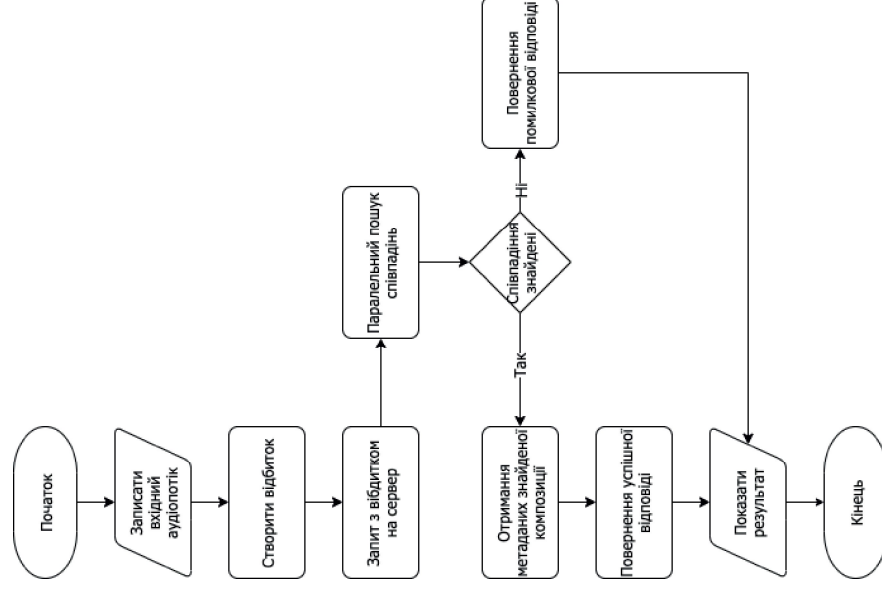


Рис. 1. Алгоритм роботи компоненту розпізнавання музичних композицій

Для спрощення пошуку музичних композицій їх сигнатури використовуються як ключі в хеш-таблиці. Ключам відповідають значення часу, коли набір частот, для яких знайдена сигнатура, з'явився в композиції, та ідентифікатор самої композиції (наприклад, назва пісні та ім'я виконавця).

Важливою також є наявність локального сховища, що виконує керування та пришвидшує роботу додатку в деяких сценаріях [3].

Іншою важливою складовою системи є серверна частина. Після того, як відбитки музичної композиції створено, вони передаються від клієнта до сервера за допомогою HTTPS протоколу.

Задля регулювання навантаження на сервер використовується система балансування навантаження, що урівнює навантаження на кластери системи. Після того, як серверна частина отримує дані, вони передаються у модуль пошуку співпадінь. Сервер повинен містити хеш-значення відбитків музичних композицій, серед яких відбуватиметься пошук. Важливою є реалізація процесу паралельного пошуку співпадінь, що дозволяє пришвидшити пошуковий процес.

Одним з таких підходів є «шардинг» бази даних, що виконує горизонтальне розбиття бази даних [4]. Такий підхід дозволяє розділити базу даних на декілька складових, кожна з яких містить певний сегмент загального набору даних. Такі дані можуть бути згрупованими за різним контекстом, що дозволяє виконувати паралельні запити до центрального сховища.

Найпростішим підходом у реалізації програмної системи розпізнавання музичних композицій є використання готових хмарних сервісів, що надають подібний функціонал для своїх користувачів. Одним з прикладів таких сервісів є хмарний сервіс ACRCLOUD, який включає хмарне рішення з наперед розробленим функціоналом розпізнавання музичних композицій, а також готову базу відбитків музичних композицій. Для того, щоб використати такий підхід, необхідно інтегрувати клієнтську бібліотеку, яка містить у собі відповідні алгоритми та програмну логіку взаємодії з серверною частиною.

Перевагами такого підходу є те, що він надає готове рішення та алгоритми розпізнавання музичних композицій, які розробник має змогу інтегрувати у власну програмну систему. В такому разі користувач сервісу фокусується на розробці власних користувацьких сценаріїв, користувацького інтерфейсу та бізнес-логіки. Таким чином, можна досягти досить природної інтеграції у розроблювану систему з

отриманням необхідного функціоналу розпізнавання музичних композицій.

Недоліком такого підходу є те, що він інколи не дозволяє досягти бажаної гнучкості. Його програмне забезпечення є закритим, тому розробник не має змоги аналізувати або модифікувати вихідний код бібліотеки та серверної складової. Деякі користувацькі сценарії потребують спеціальної оптимізації та модифікації для плавного користувацького досвіду. Наприклад, таким сценарієм є використання відповідних технологій для нагрівання мелодій з метою їх подальшого редагування.

Одним з кросплатформних рішень реалізації програмної системи є використання Kotlin Multiplatform, що дозволяє об'єднати програмний спільний код на базі Android, iOS. Крім того, існує можливість використання спільного коду з серверною складовою на базі JVM. Такий підхід можливий завдяки використанню технології збірки проектів Gradle та набору відповідних плагінів для цього. Код користувацького інтерфейсу тоді необхідно імплементувати для кожної платформи окремо, проте в той же час у розробників є можливість перевикористання спільного коду, що реалізує спільну логіку та алгоритми для усієї системи.

Іншим підходом до розробки системи буде використання Flutter. На відміну від Kotlin Multiplatform, основним призначенням цієї технології є узагальнення логіки користувацького інтерфейсу. Проте також існує можливість використання спільної логіки та алгоритмів. Серверну ж частину необхідно розробляти окремо, адже основним призначенням Flutter є удосконалення процесу розробки користувацького інтерфейсу.

Третім підходом є використання нативного платформного коду для користувацького інтерфейсу. Проте спільна логіка може бути реалізована мовами C++ або Rust. У такому разі в розробників є можливість використання системи збірки Bazel, основною перевагою якої є можливість роботи з різними мовами програмування одночасно. Іншою особливістю є гранулярність, тобто можливість розроблення модулів на менші компоненти, що дозволяє пришвидшувати процес збірки проекту завдяки паралельному виконанню.

При реалізації власного рішення розробник має можливість повного контролю програмного рішення та його налаштування під конкретний сценарій використання розробленої системи. Звісно, такий підхід потребує більших інженерних рішень та ресурсів, тому

необхідно проаналізувати можливі підходи і технології, що дозволяють досягти найбільш ефективного результату.

Однією з основних складових розроблюваної системи є користувача частина, а саме можливість використання програмного продукту на різних платформах, таких як: Android, iOS, Web, desktop тощо. Основною ціллю тут є ефективна інтеграція алгоритмів розпізнавання музичних композицій з найменш можливою повторюваністю написаної програмної логіки під кожною з таких платформ. Повторюваний код займає більше часу на створення, а також потребує самоповторення різними мовами програмування, що підвищує складність, а також імовірність виникнення помилок у реалізації [3].

У будь-якому разі, при тому чи іншому підході до розробки системи не вдасться уникнути використання декількох мов програмування. Кожна з клієнтських платформ має свої особливості роботи з апаратним забезпеченням, архітектура якого може відрізнятися. Таким чином, навіть при використанні кросплатформних технологій певну кількість програмного коду необхідно розробити нативними засобами. Саме тому важливим є вибір системи збірки проекту, яка б полегшила процес взаємодії різних компонентів системи та підвищила б швидкість комплектації проекту і загальну продуктивність процесу розробки.

Системою збірки для операційної системи Android «за замовчуванням» є Gradle. Така система є досить гнучкою та простою в конфігурації за рахунок використання окремої доменної мови для написання скриптів. Крім того, існує можливість розширення налаштувань збірки за рахунок написання власних плагінів. При розробці додатків на базі iOS та OS X зазвичай використовується стандартна система, розроблена тією ж компанією Apple Xcode. При розробці серверного рішення вибір системи збірки також відрізнятиметься залежно від вибору мови програмування.

Важливою особливістю та відмінністю інструментів розробки кросплатформних програмних додатків є їх фундаментальний підхід до вирішення проблеми. Одні фокусуються на узагальненні процесу розробки користувачького інтерфейсу додатку, роблячи його загальним та спільним компонентом. Інші ж навпаки намагаються нативних підходах до розробки користувачького інтерфейсу, проте об'єднують побудовану бізнес-логіку системи, тобто саме той функціонал, який вона виконує.

Розроблювана програмна система складається з серверної та клієнтської складових. Обидві використовують центральний модуль аудіообробки, що є однією з основних складових алгоритму розпізнавання музичних композицій. Даний модуль є спільним задля можливості віддаленого автономного виконання на боці сервера за наявності музичних композицій або уривків для розпізнавання. Центральний модуль аудіообробки включає в себе дискретизацію аудіосигналу для подальшої обробки, а також алгоритм хешування для значного зменшення об'єму оброблюваних даних та відсіювання сторонніх шумів, що не є складовою музичної системи.

З боку клієнта система отримує аудіодані за допомогою відповідного модуля обробки вхідних даних, що зчитує аудіосигнал з мікрофону пристрою. Реалізація цього модуля є окремою для кожної платформи. Це зумовлено тим, що такий функціонал тісно взаємодіє з апаратним забезпеченням, а тому має особливості реалізації з боку кожної платформи. Можна зазначити, що з боку Android використовуються технології AAudio та OpenSL ES, а з боку Apple пристроїв використовується AVFoundation API.

Крім того, отриману інформацію з бази даних необхідно дуже швидко обробити. Пошук співпадінь можна виконати за допомогою паралельного опрацювання на різних процесорах центрального процесора. Проте навіть серверне апаратне забезпечення не дозволить мати достатньо велике значення рівня паралельної обробки даних, адже кількість ядер процесора є обмеженою. З іншого боку, графічний процесор дозволяє виконувати сотні або навіть тисячі паралельних потоків, кожен з яких зайнятий незначною кількістю обчислень. Такий підхід дозволяє в разі підвищити швидкість паралельного виконання завдань. У результаті при використанні графічного процесора можна досягти паралельного виконання процесів у кількості тисяч або навіть десятків чи сотень тисяч потоків, що значно підвищує ефективність роботи програмного модуля знаходження співпадінь музичних композицій.

**Висновок.** Розглянуто основні складові системи синтезу та аналізу музичних звуків, зокрема компонент розпізнавання музики та компонент синтезу аудіоконтенту, що забезпечує можливість створення власних музичних композицій. Розглянуті підходи до реалізації функціоналу системи розпізнавання мелодій орієнтовані на забезпечення перспектив використання програмного сервісу на різних технічних засобах відтворення. Крім того, приділено увагу



комбінованому методу, що базується на поєднанні принципів аналізу і синтезу звуків та підвищує швидкість і якість процесу створення музичних композицій. Розглянуті засоби та підходи до програмної реалізації системи розпізнавання мелодій дозволяють використати наявні рішення та формують переваги розробки власної програмної системи. Засоби кросплатформної розробки базуються на використанні спільної бізнес-логіки для декількох платформ водночас, включаючи серверну та клієнтську складові. Структурний опис системи розпізнавання музичних композицій передбачає виконання процесів паралельного пошуку співпадінь аудіофрагментів. Для розробки програмного прототипу, що демонструє можливість системи, може бути обрано розробку клієнтської складової на базі платформи Android мовою Kotlin/JVM і серверної складової, реалізованої тією ж мовою, що дозволить використовувати спільну кодову базу для загальних компонентів. Порівняльний аналіз підходів до розробки кросплатформних клієнтських рішень на базі операційних систем Android, iOS, а також Web та настільних платформ забезпечує розуміння особливостей програмної реалізації аудіосистеми. Розглянута технологія Flutter дозволяє сфокусуватися на розробці спільного користувацького інтерфейсу для бажаних платформ, а технологія Kotlin Multiplatform базується на функціоналі мови програмування Kotlin та дозволяє об'єднувати бізнес-логіку для декількох платформ. Крім того, описані системи збірки проектів, такі як Gradle, Bazel та Xcode, дозволяють автоматизувати процес програмної реалізації системи. Аналіз особливостей розробки клієнтських кросплатформних програмних систем та засобів оптимізації пошуку даних з боку серверної складової спрямований на забезпечення високої ефективності і швидкодії системи синтезу та розпізнавання музичних композицій.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтко В., Бевз С., Бурбело С., Ставицький П. Моделі системи аналізу та розпізнавання музичних композицій / Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: міжнародний науково-технічний журнал. — Вінниця: ВНТУ, 2020, № 1. — С. 32–38.
2. Voitko V. V., Bevez S. V., Burbelo S. M. et al. Automated system of audio components analysis and synthesis: Proc. SPIE 11045, Optical Fibers and Their Applications 2018, 110450V (15 March 2019). — URL: <https://doi.org/10.1117/12.2522313>

3. Войтко В., Бевз С., Бурбело С., Ставицький П. Аналіз сучасних засобів створення та обробки аудіоконтенту // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. — 2020. — Т. 31(70), № 1, ч. 1 — Київ: Видавничий дім «Гельветика» — С. 55–59. — URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-1/10>

4. Annamalai M, Ravichandran K., Srinivas H. et al. Sharding the Shards: Managing Datastore Locality at Scale with Akkio, October 8–10. — Carlsbad, CA, USA, 2018. — ISBN 978-1-939133-08-3

### РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ЛАНДШАФТУ ЗІ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄФОМ

Жуковецька С. Л.

У розділі розглянуті проблеми формування 3D моделі місячної поверхні з метою її подальшого використання в анімаційному ролик. Задача формування реалістичного ландшафту є досить складною, ресурсомісткою, і, в той же час, актуальною і затребуваною. Всі елементи ландшафту повинні складатися єдиною системою і підкорятися певному художньому задуму. Запропоновані методи вирішення проблеми з мінімальними витратами на процес моделювання та візуалізації.

*This article examines the problems of forming a 3D model of the lunar surface in order to further use it in the animated video. The task of forming a realistic landscape is quite complex, resource-content, and, at the same time, relevant and in demand. All elements of the landscape should make a single system and obey a certain artistic idea. Proposed technologies to solve the problem with minimal costs for modeling and visualization processes.*

**Вступ.** Процес створення ландшафту і його якість в сучасній практиці 3D-моделювання надзвичайно важливий. Комп'ютеризація дизайну дозволяє оптимально вирішувати завдання художньо-образного моделювання та композиційного формоутворення.

Головна перевага цифрових технологій в тому, що екранний образ є пластичним і змінюваним. Створення «віртуальної бази» дизайн-проектів і забезпечення умов «проживання» віртуальної події дозволить вибирати дійсно функціонально й естетично необхідні об'єкти, а потім і матеріалізувати тільки їх.

**Хошаба Олександр Мирославович (Khoshaba Oleksandr)**, к. т. н., доцент, Вінницький національний технічний університет (Вінниця)

**Храмченков Дмитро Вікторович (Khramchenkov Dmytro)**, к. ф.-м. н., доцент, Національний дослідницький ядерний університет «МІФІ» (Росія)

**Чан Аліна Ле Ванівна (Chan Alina)**, студентка, Вінницький національний технічний університет (Вінниця)

**Чаплинський Юрій Петрович (Chaplinskyi Yuri)**, к. т. н., с. н. с., Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (Київ)

**Чехместрук Роман Юрійович (Chekhmestruk Roman)**, к. т. н., технічний директор 3D Segelation UA (Вінниця)

**Шаховська Наталія Богданівна (Shakhovska Nataliya)**, д. т. н., професор, Національний університет «Львівська політехніка» (Львів)

**Шестопалов Сергій Вікторович (Shestopalov Serhii)**, к. т. н., доцент, Одеська національна академія харчових технологій (Одеса)

**Шмалюх Владислав Анаголійович (Shmalyukh Vladyslav)**, студент, Вінницький національний технічний університет (Вінниця)

**Ярошук Людмила Дем'янівна (Yaroshchuk Lyudmyla)**, к. т. н., доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ)

НЗ7

**На шляху до Індустрії 4.0: інформаційні технології, моделювання, штучний інтелект, автоматизація : монографія / кол. авт. : В. Б. Артеменко, Л. В. Артеменко, О. В. Артеменко [та ін.] ; за заг. ред. С. В. Котлика. — Одеса : Астропринт, 2021. — 544 с. : ISBN 978-966-927-702-2**

У монографії узагальнено і проаналізовано рівень сучасного стану розвитку інформаційних технологій, комп'ютерного та математичного моделювання, автоматизації процесів управління, штучного інтелекту, робототехніки, розпізнавання образів, 3D-прототипування, електромеханіки, мехатроніки — практично всіх напрямків, які об'єднуються терміном Індустрія 4.0.

Монографія буде корисною як для фахівців і працівників фірм, зайнятих в області ІТ і автоматизації, так і для викладачів, магістрів, студентів і аспірантів вищих навчальних закладів, і всіх, хто цікавиться питаннями, пов'язаними з Індустрією 4.0.

УДК 004.01/08

*Наукове видання*

**АРТЕМЕНКО В\_\_\_\_\_ Б\_\_\_\_\_**,  
**АРТЕМЕНКО Л\_\_\_\_\_ В\_\_\_\_\_**,  
**АРТЕМЕНКО О\_\_\_\_\_ В\_\_\_\_\_**  
**та інші**

**НА ШЛЯХУ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0:  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
МОДЕЛЮВАННЯ, ШТУЧНИЙ  
ІНТЕЛЕКТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ**

Монографія

Завідувачка редакції *Т. М. Забанова*  
Технічний редактор *М. М. Бушин*

---

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 31,62.  
Тираж 300 прим. Зам. № 798 (12).

Видавництво і друкарня «Астропринт»  
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21  
Тел.: (0482) 37-14-25, 37-07-17, (048) 7-855-8  
e-mail: [astro\\_print@ukr.net](mailto:astro_print@ukr.net); [www.astroprint.ua](http://www.astroprint.ua); [www.stranichka.in.ua](http://www.stranichka.in.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.