

УДК 621.326

Чайківський С. – гр. СП-42

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ МУЗИЧНИХ АКОРДІВ ЗАСОБАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Науковий керівник: к.ф.-м. н., доцент Цебрій О.Р.

Chaikivskiy S.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

METHODS OF MUSICAL CHORD RECOGNITION USING MACHINE LEARNING

Supervisor: Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate
Professor Tsebrii O.R.

Ключові слова: штучний інтелект, розпізнавання акордів, машинне навчання
Keywords: artificial intelligence, chord recognition, machine learning

Автоматичне розпізнавання музичних акордів є важливою задачею в галузі Music Information Retrieval (MIR), яка знаходить практичне застосування у навчальних застосунках та інструментах для музикантів. Офіційна транскрипція акордів важкодоступна у вільному доступі, оскільки вона не завжди публікується, а якщо й публікується, то нерідко складається вручну непрофесійними музикантами. Тому автоматизація цього процесу засобами машинного навчання є актуальною як для науки, так і для практики [2].

Традиційні підходи до розпізнавання акордів базуються на обчисленні хромаграми, тобто частотно-часового представлення аудіосигналу, де кожен вектор відображає активність 12 класів висоти тону. Для її отримання застосовується перетворення Фур'є (STFT) або константне Q-перетворення (CQT), причому останнє є популярнішим завдяки кращій частотній роздільній здатності [2]. Паралельно широко використовуються мел-частотні кепстральні коефіцієнти (MFCC), які ефективно моделюють сприйняття звуку людиною і слугують компактним описом спектральних характеристик аудіосигналу [4].

Сучасні підходи спираються на глибоке навчання. Ранні моделі використовували рекурентні (RNN) та згорткові нейронні мережі (CNN), а пізніше з'явилися гібридні CRNN-архітектури, що поєднують переваги обох підходів [2]. Серед різних архітектур таких як CNN, AlexNet, VGG-19 та ResNet-50 – модель на основі спектрограми демонструє найкращі результати в задачі класифікації гітарних акордів, ефективно вловлюючи висотні та гармонічні залежності [4]. Важливим інструментом підвищення стійкості моделей є аудіо-аугментація: додавання шуму, зміна швидкості та реверберація, що суттєво покращують точність класифікації на реальних даних [1]. Одним із практично застосовних рішень є модель Basic Pitch, розроблена Spotify Audio Intelligence Lab і представлена на конференції ICASSP 2022. Вона призначена для конвертації аудіозаписів у формат MIDI за допомогою легковагової нейронної мережі та здатна обробляти поліфонічний звук, виявляючи одночасно виконувані ноти, pitch bend, точні таймінги атак і тривалості нот [3]. Basic Pitch є ресурсоефективною і здатна працювати швидше, ніж у реальному часі на більшості сучасних комп'ютерів [5].

Завдяки підтримці формату TensorFlow Lite модель може бути розгорнута безпосередньо на мобільних пристроях без потреби у серверній обробці [5]. На датасеті GuitarSet модель досягає F-міри на рівні 79% для гітарних партій, що є конкурентоспроможним результатом серед легковагових систем транскрипції [3].

Таким чином, поєднання класичних методів виділення ознак (хромаграма, CQT, MFCC) із сучасними архітектурами глибокого навчання та їх адаптація під мобільні платформи відкриває широкі можливості для створення точних і практично застосовних систем автоматичного розпізнавання акордів у реальному часі.

Література:

1. Пірко А., Борецька І. Методи аудіо-аугментації у моделях машинного навчання // Вісник ХНУ. Технічні науки. — 2024. — Т. 341, № 5.
2. Boulanger-Lewandowski N., Bengio Y., Vincent P. Audio Chord Recognition with Recurrent Neural Networks // ISMIR. — 2013. — P. 335–340.
3. Bittner R. M., Bosch J. J., Rubinstein D., Meseguer-Brocal G., Ewert S. A Lightweight Instrument-Agnostic Model for Polyphonic Note Transcription and Multipitch Estimation // ICASSP. — 2022.
4. Korade N. B., Salunke M. B., Bhosle A. A. та ін. Intelligent Guitar Chord Recognition Using Spectrogram-Based Feature Extraction and AlexNet Architecture for Categorization // IJACSA. — 2025. — Vol. 16, No. 4.
5. Bittner R. M. Meet Basic Pitch: Spotify's Open Source Audio-to-MIDI Converter // Spotify Engineering Blog. — 2022. — URL: engineering.atspotify.com/2022/06/meet-basic-pitch