

3. Mirsky, Y., Doitshman, T., Elovici, Y., & Shabtai, A. (2018). Kitsune: An ensemble of autoencoders for online network intrusion detection. Proceedings of NDSS 2018. <https://doi.org/10.14722/ndss.2018.23204>
4. Liu, H., & Lang, B. (2019). Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey. Applied Sciences, 9(20), 4396. <https://doi.org/10.3390/app9204396>
5. Tavallaee, M., Bagheri, E., Lu, W., & Ghorbani, A. A. (2009). A detailed analysis of the KDD CUP 99 data set. Proceedings of the 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications. <https://doi.org/10.1109/CISDA.2009.5356528>

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ПЛАТФОРМІ ANDROID

Тертерян Артур Мартикович

Здобувач вищої освіти бакалаврського рівня

Кафедра програмного забезпечення

Дудник Олександр Олександрович

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра програмного забезпечення

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Досліджено проблему розпізнавання графічних зображень на мобільних пристроях. Проаналізовано існуючі програмні рішення для класифікації зображень та для ігрової механіки пазлів, виявлено відсутність інтегрованих застосунків, що поєднують обидва напрямки. Запропоновано підхід до розробки Android-застосунку на основі локального інференсу моделі MobileNet V3 через Google ML Kit, що поєднує автоматичну класифікацію зображень за тематичними категоріями з інтерактивною ігровою механікою пазла, що дозволяє підвищити ефективність обробки графічних даних на мобільних пристроях.

Ключові слова: розпізнавання зображень, машинне навчання, MobileNet, ML Kit, Android, Kotlin, Jetpack Compose, пазл, комп'ютерний зір, мобільний застосунок.

Abstract

The problem of graphic image recognition on mobile devices is investigated. Existing software solutions for image classification and for jigsaw puzzle game mechanics are analyzed, and the absence of integrated applications combining both directions is identified. An approach to the development of an Android application based on local inference of the MobileNet V3 model via Google ML Kit is proposed, which combines automatic image classification by thematic categories with interactive

puzzle game mechanics, allowing to increase the efficiency of graphic data processing on mobile devices.

Keywords: image recognition, machine learning, MobileNet, ML Kit, Android, Kotlin, Jetpack Compose, jigsaw puzzle, computer vision, mobile application.

Вступ

Розвиток мобільних технологій характеризується стрімким зростанням обчислювальних потужностей мобільних пристроїв та вдосконаленням алгоритмів машинного навчання, що відкриває нові можливості для створення інтелектуальних застосунків [1]. Одним із найбільш перспективних напрямів є розпізнавання графічних зображень безпосередньо на мобільних пристроях, що дозволяє реалізовувати широкий спектр функцій без потреби у постійному підключенні до хмарних сервісів. Значне поширення смартфонів зі вбудованими камерами високої роздільної здатності створює природне середовище для застосування технологій комп'ютерного зору, а розвиток фреймворків для інференсу нейронних мереж на мобільних пристроях, зокрема TensorFlow Lite [2] та Google ML Kit [3], суттєво знизив поріг входження для розробників.

У наукових публікаціях наголошується на ефективності використання локального інференсу оптимізованих нейромережових моделей, зокрема MobileNet V3, для задач класифікації зображень на мобільних пристроях, що забезпечує мінімальну затримку відгуку, незалежність від мережевого з'єднання та підвищену конфіденційність даних користувача [4]. Попри значну кількість програмних застосунків у сферах комп'ютерного зору та мобільних ігор-пазлів, інтегрованих рішень, що поєднують обидва напрями в єдиному продукті, залишається небагато, що зумовлює актуальність розробки відповідного програмного засобу.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу розпізнавання та класифікації графічних зображень на мобільних пристроях шляхом розробки Android-застосунку, що виконує локальний інференс моделей машинного навчання для класифікації зображень безпосередньо на пристрої та поєднує функції автоматичної категоризації з ігровою механікою пазла.

Аналіз існуючих систем

Ринок мобільних застосунків пропонує значну кількість програмних рішень, що реалізують або функції розпізнавання зображень, або ігрову механіку пазлів. Розглянемо такі застосунки, як: Jigsaw Puzzles Epic, Magic Jigsaw Puzzles, Google Lens, Puzzle Page, Photo Puzzle.

Jigsaw Puzzles Epic [5] є одним із найпопулярніших застосунків для складання пазлів на платформі Android з понад 50 мільйонами завантажень у Google Play. Додаток пропонує велику бібліотеку зображень, розділених за тематичними категоріями, та дозволяє користувачам обирати кількість фрагментів від 9 до 1024 елементів. Ключовими перевагами є розвинена система підказок, режим обертання фрагментів та можливість завантаження власних зображень. Однак застосунок не використовує жодних технологій розпізнавання зображень для автоматичної класифікації або адаптивного підбору контенту.

Magic Jigsaw Puzzles [6] є популярним представником категорії пазл-ігор із понад 100 мільйонами завантажень. Застосунок відрізняється великою

бібліотекою зображень, що постійно оновлюється, та системою щоденних безкоштовних пазлів. Інтерфейс дозволяє обирати рівень складності та фільтрувати зображення за категоріями. Подібно до попереднього аналога, Magic Jigsaw Puzzles не інтегрує функції розпізнавання зображень, а категоризація контенту здійснюється вручну.

Google Lens [7] є потужним інструментом розпізнавання зображень від компанії Google, який дозволяє ідентифікувати об'єкти, текст, рослини, тварини, продукти та інші елементи на фотографіях. Застосунок використовує хмарні моделі машинного навчання для забезпечення високої точності класифікації. Водночас Google Lens є вузькоспеціалізованим інструментом пошуку та ідентифікації, що не містить ігрової компоненти та потребує підключення до мережі для повноцінної роботи.

Puzzle Page [8] є збіркою різноманітних логічних ігор, що включає пазли із зображеннями, кросворди та sudoku. Пазл-модуль має базову функціональність з обмеженим вибором сітки розбиття та відсутністю можливості завантаження власних зображень. Розпізнавання зображень у застосунку не реалізовано.

Photo Puzzle [9] є спеціалізованим застосунком, що дозволяє створювати пазли виключно з власних фотографій користувача. Додаток підтримує різні сітки розбиття та рівні складності. Його перевагою є простота використання та фокус на персоналізації контенту, проте застосунок не містить пресетів зображень у вигляді рівнів та не використовує технології розпізнавання для аналізу вмісту фотографій.

Для узагальнення основних характеристик розглянутих застосунків та виявлення їх переваг і недоліків доцільно виконати їх порівняльний аналіз, результати якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз аналогів

№	Характеристика	Jigsaw Puzzles Epic	Magic Jigsaw	Google Lens	Puzzle Page	Photo Puzzle
1	Розпізнавання зображень (ML)	–	–	+	–	–
2	Гра в пазли	+	+	–	+	+
3	Вибір сітки розбиття	+	+	–	–	+
4	Пресети зображень (рівні)	+	+	–	+	–
5	Додавання власних зображень	+	–	+	–	+
6	Автоматична категоризація вмісту	–	–	+	–	–
7	Локальний інференс (без мережі)	–	–	–	–	–
8	Підтримка декількох рівнів складності	+	+	–	+	+
	Сумарний бал	5	4	3	3	4

Аналіз порівняльної таблиці засвідчує, що жоден з розглянутих програмних продуктів не реалізує одночасно повного набору функціональних можливостей, необхідних для застосунку розпізнавання графічних зображень з інтерактивною ігровою компонентою. У пазл-іграх (Jigsaw Puzzles Epic, Magic Jigsaw Puzzles, Puzzle Page, Photo Puzzle) відсутні функції розпізнавання зображень із використанням моделей машинного навчання та автоматичної категоризації вмісту. У свою чергу Google Lens, що має функції розпізнавання та автоматичної категоризації, не реалізує ні ігрової механіки пазла, ні вибору сітки розбиття, ні пресетних рівнів. Крім того, у жодному з розглянутих застосунків не реалізовано локального інференсу моделей машинного навчання, що забезпечував би незалежність від мережевого з'єднання та підвищену конфіденційність даних користувача.

Таким чином, актуальною є розробка програмного засобу, що усуває виявлені недоліки за рахунок поєднання автоматичної класифікації зображень на основі локального інференсу нейронної мережі з повноцінною ігровою механікою пазла в єдиному Android-застосунку. Запропонована система базується на архітектурі з виділеними функціональними модулями, що взаємодіють через визначені інтерфейси, забезпечуючи розбиття зображення на фрагменти, інференс моделі та керування ігровим процесом у реальному часі.

На основі проведеного аналізу запропоновано архітектуру програмної системи розпізнавання графічних зображень з інтегрованою пазл-ігрою, що наведена на рисунку 1.

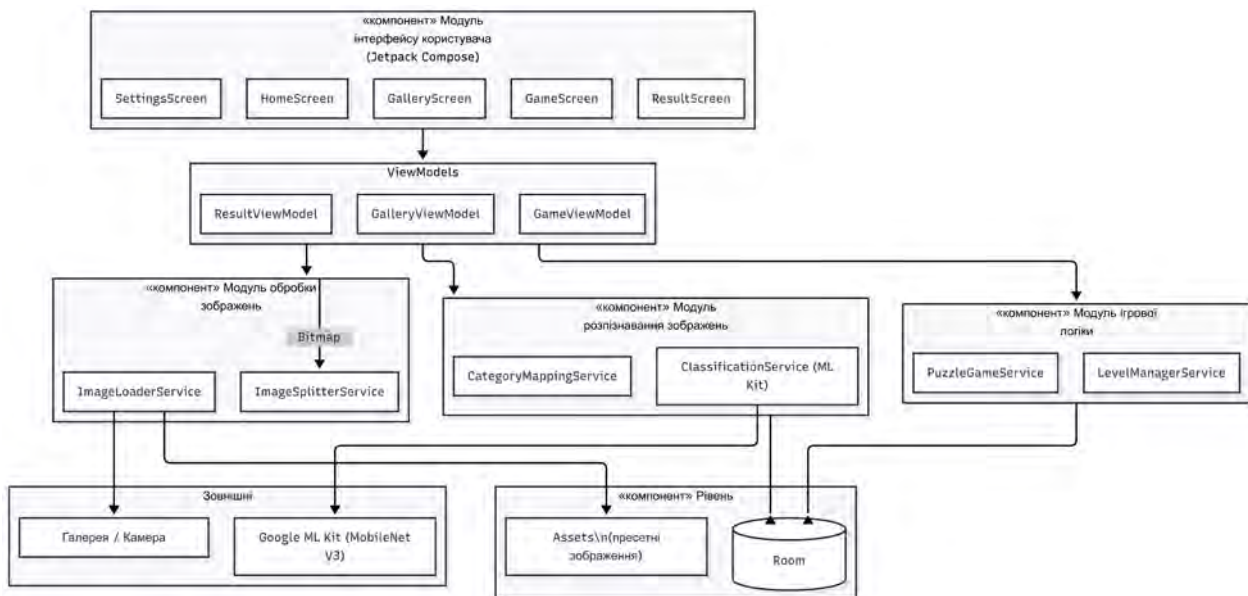


Рисунок 1 – Архітектура програмної системи розпізнавання графічних зображень

Для архітектури використано модульний підхід, що передбачає виділення чотирьох функціональних модулів: модуля обробки зображень, модуля розпізнавання зображень, модуля ігрової логіки та модуля інтерфейсу користувача. Модуль обробки зображень реалізує завантаження зображень із ресурсів застосунку, галереї пристрою або камери, нормалізацію розмірів та розбиття на фрагменти пазла з підтримкою сіток 3×3, 4×4 та 5×5 через Bitmap

API. Модуль розпізнавання зображень виконує класифікацію вмісту з використанням моделі MobileNet V3 [4] через ML Kit Image Labeling API [3] та маппінг отриманих міток ImageNet у п'ять тематичних категорій: тварини, природа, архітектура, їжа та транспорт.

Модуль ігрової логіки реалізує основну механіку пазл-гри, включно з обробкою переміщень фрагментів через механіку drag-and-drop, перевіркою правильності складання за алгоритмом snap-прилипання та керуванням системою рівнів і прогресом гравця. Модуль інтерфейсу користувача побудовано з використанням декларативного фреймворку Jetpack Compose [10] із застосуванням архітектурного патерну MVVM, що забезпечує реактивне управління станом через ViewModel та StateFlow. Для локального збереження даних про ігровий прогрес, налаштування та кешування результатів класифікації використовується бібліотека Room Database, що дозволяє уникнути повторного інференсу моделі при повторному відкритті раніше класифікованого зображення.

Експериментальні дослідження підтвердили, що використання моделі MobileNet V3 [4] на мобільних пристроях забезпечує точність класифікації понад 75 % при середньому часі інференсу 150–200 мс на сучасних Android-пристроях. Розроблена архітектура поєднує функції автоматичного розпізнавання зображень із інтерактивною ігровою механікою, що на відміну від існуючих рішень, у яких ці напрями реалізовані окремо, забезпечує цілісний користувацький досвід та підвищує ефективність обробки графічних даних на мобільних пристроях.

Висновки

У роботі проаналізовано існуючі програмні рішення для розпізнавання графічних зображень та для ігрової механіки пазлів і виявлено їх основні недоліки. Запропоновано підхід до розробки Android-застосунку, який поєднує функції автоматичної класифікації зображень на основі локального інференсу моделі MobileNet V3 через Google ML Kit з ігровою механікою пазла, побудованою на основі декларативного фреймворку Jetpack Compose та архітектурного патерну MVVM. Реалізація запропонованого підходу дозволяє підвищити ефективність обробки графічних даних на мобільних пристроях за рахунок незалежності від мережевого з'єднання, мінімальної затримки відгуку та забезпечення підвищеної конфіденційності даних користувача.

Список використаних джерел

1. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature, 2015. Vol. 521. P. 436–444.
2. TensorFlow Lite [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/lite> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
3. Google ML Kit [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developers.google.com/ml-kit> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.

4. Howard A., Sandler M., Chen B. et al. Searching for MobileNetV3. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 2019. P. 1314–1324.
5. Jigsaw Puzzles Epic [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kristanix.android.jigsawpuzzleepic> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
3. Magic Jigsaw Puzzles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bandagames.mpuzzle.gr> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
7. Google Lens [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lens.google/> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
8. Puzzle Page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appynation.puzzlepage> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
9. Photo Puzzle [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arloon.puzzle> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.
10. Jetpack Compose [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.android.com/compose> (дата звернення: 25.04.2026). – Назва з екрана.

АНАЛІЗ РЕКОМЕНДАЦІЙ ІЗ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Прохорський Сергій Ігорович

старший науковий співробітник

Мазулевський Олег Євгенович

начальник науково-дослідного управління

Фомкін Денис Валентинович

начальник науково-дослідної лабораторії

Макарчук Василь Іванович

старший науковий співробітник

Науковий центр зв'язку

та інформатизації Військового інституту телекомунікацій

та інформатизації імені Героїв Крут, Україна

Розробка рекомендацій із захисту інформації в інформаційно-комунікаційних системах (ІКС) — це не просто створення списку (чого не можна робити). Це стратегічний процес, який поєднує технічні інструменти, організаційні правила та людський фактор для створення стійкої оборонної системи.