

## АНАЛІЗ БІБЛІОТЕКИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ OPENCV

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У даній статті розглянуто відкрите програмне забезпечення з базовою інфраструктурою машинного навчання та комп'ютерного зору OpenCV, цілі створення, загальну архітектуру та основні компоненти, сфери застосування, переваги та недоліки використання при дослідженнях, створенні нових програмних продуктів та вдосконаленні при роботі із комерційними проектами.*

**Ключові слова:** машинне навчання, комп'ютерний зір, відкрите програмне забезпечення, бібліотека OpenCV.

### *Abstract*

*Open-source software with basic machine learning and computer vision infrastructure OpenCV, goals of creation, general architecture and main components, areas of application, advantages and disadvantages of use in research, creation of new software products and improvement in working with commercial projects are considered.*

**Keywords:** machine learning, computer vision, open-source software, OpenCV library.

### **Вступ**

В умовах сучасного рівня розвитку інформаційних технологій та розширення сфер їх використання все більшої популярності, а відповідно й потреби у вивченні набуває відносно нова гілка штучних систем навчання та обробки інформації – комп'ютерний (машинний) зір. На сьогоднішній день дана технологія вже проникла у різні галузі людської діяльності і є важливим компонентом у системах управління процесами виробництва (контроль якості, тестування, управління процесом в режимі реального часу, моніторинг обладнання тощо), системах відеоспостереження та біометричних засобах захисту, в організації інформації, моделюванні об'єктів чи навколишнього середовища (аналіз медичних зображень, топографічне моделювання, 3D-графіка), системах інтерфейсів та доповненої реальності та ін. [1]. Особливо поширеним стало застосування комп'ютерного зору в мережі та у веб-додатках. Крім того, сьогодні існує чимало відкритих та платних засобів з готовими інструментами комп'ютерного зору: NumPy – бібліотека для Python, що дозволяє опрацьовувати великі структури даних і завдяки цьому є ефективною в роботі із зображеннями; Pillow, що містить базові інструменти роботи із зображеннями і виділяється простотою у використанні; scikit-learn – бібліотека, яка спрямована на роботу із машинним навчанням; Caffe, CatBoost та Tensor-flow, які характеризуються здатністю швидкої обробки мультимедійних даних із залученням нейронних мереж, тощо. Серед усіх цих бібліотек та пакетів стандартом вважається бібліотека з відкритим кодом OpenCV, яка надає оптимізовану базову інфраструктуру комп'ютерного зору в реальному часі. Наявність подібного ресурсу сприяє подальшому розвитку в галузі комп'ютерного зору завдяки наявній вже базовій інфраструктурі та оптимізованому коду. Це дає змогу не переписувати розробникам один і той же код кілька разів, а зосередитися на вирішенні нових задач. Таким чином бібліотека OpenCV прискорює як науковий процес в дослідженнях, так і розвиток комерційних продуктів, що базуються на її основі. І саме тому актуальним є дослідження та аналіз основних цілей, можливостей та переваг даного ресурсу.

### **Результати дослідження**

Перш, ніж описувати набір готового інструментарію реалізації комп'ютерного зору в реальному часі, варто зазначити, що машинний (комп'ютерний) зір – це галузь штучного інтелекту та робото-техніки, що займається забезпеченням здатності інформаційних систем отримувати

зображення об'єктів реального світу, опрацьовувати їх та використовувати отримані дані для вирішення різноманітних прикладних задач без участі людини або з лише частковим її залученням. При реалізації алгоритмів комп'ютерного зору перш за все постає проблема, що спочатку не існує вбудованого механізму розпізнавання, автоматичної системи фокусування чи налаштованих перехресних асоціацій з отриманим раніше досвідом. Інформаційна система сприймає все в першу чергу як матрицю чисел і лише після її обробки формує дані про об'єкт [2]. До того ж, до кожного елементу матриці примішаний доволі сильний шум. Для його усунення застосовуються статистичні методи, адже часто ефективнішим є статистичне порівняння ділянки зображення, аніж звичайне порівняння точки з межуючими із нею іншими точками. Таким чином головна задача – перетворення даної матриці на корисні дані про те, що «бачить» інформаційна система.

Відкрите програмне забезпечення машинного навчання та комп'ютерного зору OpenCV (an open-source machine learning and computer vision software) – вільна у використанні платформа з базовою архітектурою комп'ютерного зору, представлена у вигляді бібліотеки. Однією із цілей OpenCV є надання базових засобів для вирішення задач при створенні програмних продуктів із застосуванням комп'ютерного зору [2].

Бібліотека OpenCV була запущена в якості проекту у 1999 році, як результат досліджень компанії Intel по створенню та просуванню ресурсомістких програмних продуктів, які потребують потужних процесорів. Разом із OpenCV компанія Intel запустила чимало інших ресурсомістких проектів для трасування променів у реальному часі, тривимірні відеосцени тощо. На даному етапі основними задачами бібліотеки поставали дослідження в напрямку комп'ютерного зору із уже готовим відкритим і оптимізованим базовим кодом, поширення знань у сфері комп'ютерного зору шляхом розвитку загальної інфраструктури розробниками програмного забезпечення на базі OpenCV та розвиток комерційних проектів в галузі комп'ютерного зору за рахунок кросплатформності бібліотеки [3].

Сьогодні OpenCV як інфраструктура для загального використання користується попитом у більше як 100 тисяч користувачів і продовжує розвиватися за рахунок нових доповнень та вдосконалень, розвитку багатоядерних процесорів та галузі робототехніки [2].

Архітектура даної бібліотеки складається з п'яти рівнів (рис. 1).

| <b>Операційна система</b> | <b>Windows</b>                                           | <b>Linux</b> | <b>OS X</b>                                   | <b>Android</b> | <b>iOS</b> |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|----------------|------------|
|                           | <b>Обгортки та прив'язки:<br/>Python, Java, C# тощо.</b> |              | <b>Приклади, додатки,<br/>рішення та ін..</b> |                |            |
| <b>OpenCV Contrib</b>     | <b>face, text, rgbd, ...</b>                             |              |                                               |                |            |
| <b>OpenCV</b>             | <b>core, imgproc, objdetect, ...</b>                     |              |                                               |                |            |
| <b>OpenCV HAL</b>         | <b>SSE, NEON, IPP, OpenCL, CUDA, ...</b>                 |              |                                               |                |            |

Рис. 1. Архітектура OpenCV та підтримувані операційні системи

Першим рівнем є операційна система, в межах якої працює бібліотека. Наступним – обгортки для мов програмування, прив'язки, приклади тощо. Варто зазначити, що сама бібліотека написана на мовах C/C++, що забезпечує їй кросплатформність – функціонал бібліотеки працюватиме в будь-якому середовищі, де можна запустити додатки на мові C. Нижче розташований програмний код репозиторію opencv\_contrib. Тут представлено майже весь високорівневий функціонал. Наступним рівнем є ядро бібліотеки OpenCV. Тут містяться основні типи об'єктів, операції над ними, функції користувацького інтерфейсу, роботи з відеопотоками, алгоритми калібрування камер тощо. Найнижчий рівень – апаратні оптимізації та рівень апаратного прискорення – hardware acceleration layer (HAL) [2].

Загалом бібліотека OpenCV містить більш ніж 2,5 тисяч оптимізованих алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання і використовується в таких сферах, як аналіз та обробка графічних даних, розпізнавання облич, ідентифікація об'єктів, побудова їх тривимірних моделей, розпізнавання жестів, моделювання тривимірних точок зі стерео-камер, створення маркерів для сцен доповненої реальності, відстеження переміщення камери та руху очей, створення інтерактивних систем «людина-комп'ютер» тощо [1].

Використання бібліотеки OpenCV має свої переваги та недоліки. До переваг перш за все відноситься її кросплатформність. Завдяки тому, що запустити засоби бібліотеки можна на будь-якому пристрої, який підтримує мову C, забезпечується портабельність, немає необхідності в створенні додаткових обгортки для різного апаратного забезпечення. Окрім цього, ефективна оптимізація забезпечує відносно швидку роботу функціоналу і невисоку затратність оперативної пам'яті. Додатковою перевагою є загальнодоступність даного програмного забезпечення. Використання ліцензії BSD дозволяє створювати комерційні додатки без додаткової плати за використання бібліотеки. Натомість сама бібліотека доповнюється новими можливостями за рахунок вдосконалень з боку розробників. До недоліків можна віднести часткові конфлікти з деякими платформами, а також відносно складність у використанні при вирішенні деяких задач порівняно з іншими засобами, наприклад MATLAB [4].

### Висновки

Отже, створення бібліотеки OpenCV з базовою інфраструктурою комп'ютерного зору та машинного навчання було вагомим внеском у розвиток відповідної галузі. Таким чином кожен із розробників має змогу вдосконалити, доповнити алгоритми обробки даних, отриманих шляхом комп'ютерного бачення, при цьому не прикладаючи зусиль для вирішення проблеми із надвисокою ресурсоемістю чи зі створенням обгортки для платформи, на якій він працює. В більшості випадків, оптимізований програмний код слугує основою для створення нового програмного забезпечення в різних сферах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Комп'ютерний зір», Вікіпедія [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B7%D1%96%D1%80](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D1%96%D1%80)
2. Bradski G., Kaehler A., «*Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*», O'Reilly Media, Inc., 2008.
3. «OpenCV», Вікіпедія [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
4. Culjak I., "A brief introduction to OpenCV." *2012 proceedings of the 35th international convention MIPRO*. IEEE, 2012.

**Рудаков Олексій Ігорович** – студент 4 курсу Вінницького національного технічного університету, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, кафедра програмного забезпечення, група ЗПІ-176, м. Вінниця, e-mail: [rudakovoleksiy777@gmail.com](mailto:rudakovoleksiy777@gmail.com)

**Романюк Оксана Володимирівна** – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, м. Вінниця, e-mail: [romaniukoksana@gmail.com](mailto:romaniukoksana@gmail.com)

**Rudakov Oleksiy I.** – 4th year student of Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Department of Software, group ЗПІ-176, Vinnytsia, e-mail: [rudakovoleksiy777@gmail.com](mailto:rudakovoleksiy777@gmail.com)

**Romaniuk Oksana V.** – Ph.D., Associate Professor of Software, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia, e-mail: [romaniukoksana@gmail.com](mailto:romaniukoksana@gmail.com)