

АНАЛІЗ МЕТОДУ ВІОЛИ-ДЖОНСА ДЛЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній статті розглянуто особливості реалізації алгоритмів машинного навчання для систем комп'ютерного зору на основі методу Віоли-Джонса, проаналізовано основні принципи методу.

Ключові слова: машинне навчання, комп'ютерний зір, алгоритми навчання, метод Віоли-Джонса.

Abstract

This article considers the features of the implementation of machine learning algorithms for computer vision systems based on the Viola-Jones method, analyzes the basic principles of the method.

Keywords: machine learning, computer vision, learning algorithms, Viola-Jones method.

Вступ

Із розвитком технологій машинного навчання фантастичне майбутнє зі штучним інтелектом, як невід'ємною частиною життя людини, сьогодні все більше стає повсякденною реальністю. Напрямки машинного навчання сьогодні знаходять своє застосування у різних сферах людської діяльності. Одним із них є комп'ютерний зір (computer vision), який став основою для чималої кількості програмних систем, особливо тих, що працюють в реальному часі і спеціалізуються на розпізнаванні образів. Сюди можна віднести як розумні камери наших смартфонів, які розрізняють обличчя людини серед інших об'єктів і визначають її вік, так і цілі системи безпеки, що розрізняють особистість, системи контролю якості, що сканують продукцію і визначають її недоліки, тощо.

Нині існує чимало засобів для реалізації власних програм комп'ютерного зору. Серед них однією із найпопулярніших є бібліотека OpenCV, яка надає оптимізовану базову інфраструктуру комп'ютерного зору в реальному часі [1]. Наявність подібного ресурсу сприяє подальшому розвитку в галузі комп'ютерного зору. Тому актуальним є дослідження основних концепцій даного ресурсу.

Результати дослідження

В основі алгоритмів комп'ютерного зору бібліотеки OpenCV лежить система виявлення об'єктів Віоли-Джонса. Метод було запропоновано в 2001 році Полом Віолою та Майклом Джонсом як той, що можна застосовувати для різноманітних класів об'єктів, однак мотивувався насамперед проблемою виявлення обличчя [2]. Серед принципів, на яких базується даний метод, основними є наступні:

- інтегральне представлення зображення (матриця, розмірність якої збігається з піксельною розмірністю вихідного зображення), яке пришвидшує процес визначення необхідних об'єктів;
- використання ознак Хаара для пошуку потрібного об'єкта за його рисами;
- додатковий алгоритм підсилення – бустинг, який підсилює якість визначення ознак об'єкта;
- передача всіх ознак на вхід класифікатора, що видає в результаті «істина» або «хиба»;
- застосування додаткового каскаду ознак, який дозволяє відкинути ті частини зображення (вікна), в яких не знайдено особи.

Метод Віоли-Джонса характеризується також тим, що процес навчання класифікаторів відбувається доволі повільно, однак пошук обличчя особи здійснюється швидко і за короткий час система дає правильний результат. При використанні даного методу ймовірність помилкового результату виявлення особи дуже низька і така точність працює й під кутами нахилу обличчя до 30 градусів. Що стосується довільного кута нахилу більш як 30 градусів, що постає питанням у реалізації систем деяких спеціалізацій, то в даному випадку варто звернутися до інших методів [3]. Розглянемо детальніше особливості роботи методу Віоли-Джонса.

Перш за все варто розглянути принцип скануючого вікна, в якому і полягає основа визначення об'єкту на зображенні. Попередньо вважається, що є зображення з шуканими об'єктами (обличчями

людей). Зображення подано у вигляді двовимірної матриці пікселів, розмірністю ширина*висота, кожне значення якої відповідає кольору пікселя:

- якщо зображення чорно-біле, то значення знаходиться у проміжку від 0 до 255;
- якщо зображення кольорове, то значення знаходиться між 0 і 255^3 , представляючи RGB-компоненти колірних значень пікселів.

В результаті роботи алгоритм визначає риси обличчя, при цьому пошук здійснюється в активній ділянці зображення за допомогою прямокутних ознак, які і описують риси обличчя:

$$rectangle_i = \{x, y, w, h, a\},$$

де x та y – координати центру i -го прямокутника, w – ширина, h – висота, a – кут нахилу прямокутника до вертикальної вісі зображення.

Тобто, підхід скануючого вікна базується на скануванні зображення прямокутною ділянкою пошуку, для кожного положення якого застосовується класифікатор. Така система визначення ознак є повністю автоматизована, не вимагає залучення людини і тому швидко дає результат. Даний підхід є базовим для подальшої роботи із розпізнаванням обличчя, визначення міміки, ідентифікації особистості тощо.

Серед вищезгаданих принципів методу Віоли-Джонса є інтегральне представлення зображення. Насправді, цей принцип застосовується і в інших поширених методах. Це пов'язано з тим, що інтегральне представлення зображення дає змогу за однаково короткий час обчислити сумарну яскравість довільного прямокутника незалежно від його розміру.

Кожен елемент матриці інтегрального представлення зображення є сумою інтенсивності усіх точок, що знаходяться вище і лівіше від поточного елемента, і розраховується за такою формулою:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j),$$

де $I(i, j)$ – яскравість кожного пікселя вихідного зображення. Відповідно, обчислення інтегральної матриці можливе і за формулою:

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x-1, y-1) + L(x, y-1) + L(x-1, y)$$

Наступним важливим принципом є використання ознак Хаара. Ознака – це відображення $f: X \Rightarrow D_f$, де D_f – множина доступних значень ознаки. Залежно від цієї множини, ознаки поділяються на наступні типи:

- двійкова ознака: $D_f = \{0, 1\}$;
- номінальна ознака, при якій D_f – скінченна множина;
- порядкова ознака, при якій D_f – впорядкована скінченна множина;
- кількісна ознака, при якій D_f – множина дійсних чисел.

Для стандартного методу Віоли-Джонса (адже цей метод відносно не новий і сьогодні мають місце певні модифікації відповідно до прикладних задач із застосуванням даного методу) використовуються прямокутні ознаки, які називають примітивами Хаара (рис. 1). Ознаки Хаара визначають точкове значення перепадів яскравості по вісям x та y .

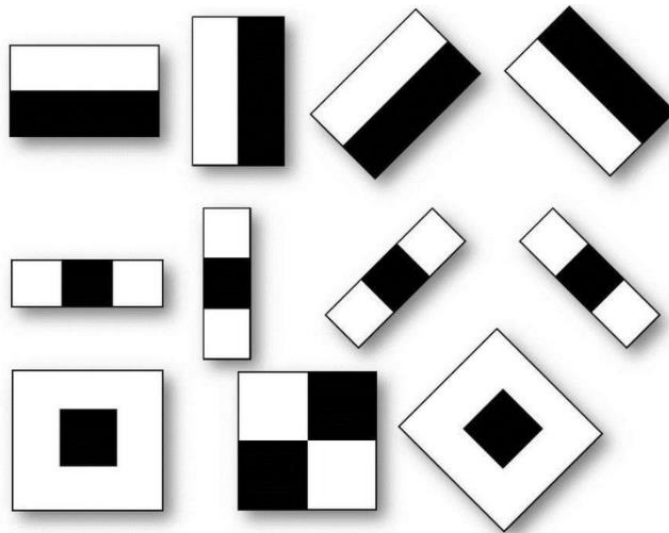


Рисунок 1 – Примітиви Хаара

Що стосується вищезгаданих модифікацій, то бібліотека комп'ютерного зору OpenCV використовує розширений метод Віоли-Джонса, де застосовуються додаткові ознаки (рис. 2).

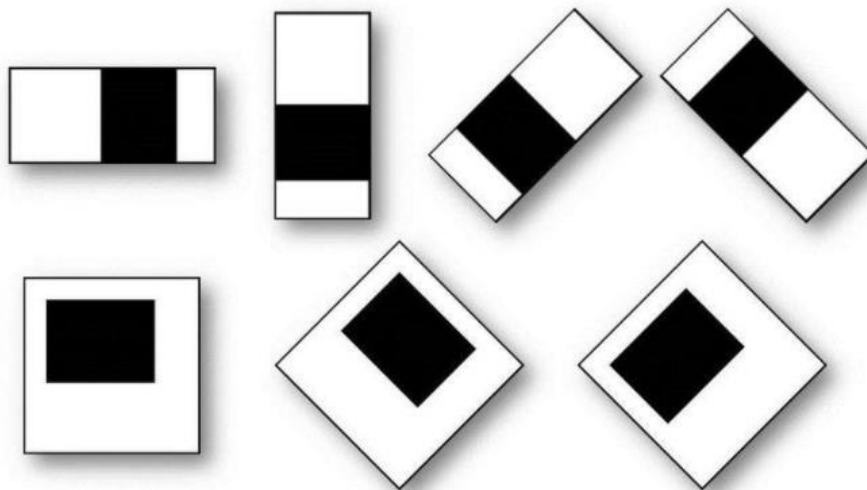


Рисунок 2 – Додаткові ознаки-примітиви Хаара

Важливим в методі Віоли-Джонса є також використання бустингу. Бустинг представляє собою цілий комплекс методів для підвищення ефективності аналітичних моделей. Заголом розрізняють «сильну» і «слабку» моделі. «Сильна» модель має високу ефективність і допускає мало помилок при обчисленнях та аналізі, дає змогу розподілити класи об'єктів більш точно. Водночас «слабка» модель допускає велику кількість помилок. Процес синтезу композиції алгоритмів машинного навчання для компенсації недоліків попередніх алгоритмів іншими називають бустингом або підсиленням. Саме це дозволяє підвищити ефективність «слабких моделей» [3]. Така ідея була запропонована в кінці 90-х років як рішення об'єднання багатьох слабких алгоритмів навчання в один високоефективний.

В основі бустингу лежить побудова ланцюга класифікаторів – каскаду, рушієм для якого є навчанням кожного наступного алгоритму на помилках попереднього. При цьому бустинг відносять до жадібних композиційних алгоритмів, кожен етап якого супроводжується вибором оптимального варіанту з метою найкращого підсумкового результату. Бустинг є доволі ефективним рішенням, якщо враховувати темпи сучасного розвитку технологій машинного навчання, адже при правильному налаштуванні результуюча композиція бустингу може містити яку завгодно велику кількість алгоритмів, що компенсують недоліки одне одного.

Ще одним важливим елементом у методі Віоли-Джонса є навчання класифікатора. Для цього використовують навчальну вибірку – скінченну множину зображень, для яких відомий їх клас належності. При цьому клас інших зображень не відомий. Завдання полягає у побудові алгоритму, який буде здатним класифікувати довільне зображення із початкової множини.

Варто зазначити, що класифікувати зображення значить вказати ідентифікатор класу його належності. Класифікатором називають апроксимуючу функцію, яка і визначає класифікацію

зображення – ідентифікатор класу належності. Такий тип навчання відносять до машинного навчання з учителем.

Висновки

Отже, в результаті можна сказати, що завдяки гнучкості підходу та алгоритмів, що застосовуються в методі Віоли-Джонса, в сфері машинного навчання і комп'ютерного зору даний метод дає широкий спектр можливостей для розвитку існуючих систем даного типу. Завдяки розширюваності алгоритмів навчання та бустингу є можливість оптимізувати підходи та визначати особливості реалізації зокрема комп'ютерного зору відповідно до різних прикладних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудаков, О., & Романюк, О. 2021 Mar 3. АНАЛІЗ БІБЛІОТЕКИ КОМП'ЮТЕР-НОГО ЗОРУ OPENCV. НТКП ВНТУ. Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії.
2. «Viola–Jones object detection framework», Wikipedia [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones_object_detection_framework
3. «Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц», Хабр [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/133826/>

Рудаков Олексій Ігорович – студент 4 курсу Вінницького національного технічного університету, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, кафедра програмного забезпечення, група ЗПІ-17б, м. Вінниця, e-mail: rudakovoleksiy777@gmail.com

Науковий керівник: **Романюк Оксана Володимирівна** – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, м. Вінниця

Rudakov Oleksiy I. – 4th year student of Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Department of Software, group ЗРЕ-17В, Vinnytsia, e-mail: rudakovoleksiy777@gmail.com

Supervisor: **Romaniuk Oksana V.** – Ph.D., Associate Professor of Software, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia