

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОШУКУ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ВІДЕО**О.Ю. Лебедєва, Т.О. Бирченко, В.М. Лебіга**

Одеський національний політехнічний університет,
пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: o.y.lebedieva@opu.ua, tane4ka2404@gmail.com

Сьогодні відеоспостереження – це найбільш затребувана система для охоронних та моніторингових цілей. Розвиток систем відеоспостереження відкриває нові можливості не тільки для фіксації правопорушень, а й для їх попередження. Щодо відстеження об'єктів на відео, можна зазначити, що така необхідність виникає у багатьох сферах життя, наприклад, у системах безпеки, при створенні систем автоматизованого аналізу спортивних змагань, в системах контролю якості процесів, при створенні людино-машинного інтерфейсу. Край важливо, щоб користувачі системи відеоспостереження не тільки могли використовувати систему, зберігати та обробляти дані, а також отримувати необхідну інформацію про той чи інший об'єкт, який відображений на відео за допомогою такого інструменту, як відстеження об'єктів. У роботі розглядається розроблений алгоритм пошуку та відстеження об'єктів на відео. Розроблений алгоритм складається з двох етапів: пошук, або виявлення об'єктів, та відстеження об'єктів на відео. Розглянуто метрики, які буде використано для оцінки подібності двох блоків в кадрі. Більшість метрик якості відеозображень засновано на метриках якості статичних зображень, і тому відеозображення порівнюють покадрово. У зв'язку з цим метрики застосовні тільки для порівняння відеозображень, що мають однакову кількість пікселів. В роботі проведено аналіз існуючих методів виявлення об'єктів, а саме облич людини. Обрано метод Віоли-Джонса, який дозволяє виявляти об'єкти на відео. Цей метод складається з декількох кроків, одним з котрих є використання ознак Хаара, за допомогою яких відбувається пошук потрібного об'єкта. В роботі розглядалися як стандартні так і додаткові ознаки Хаара. Було програмно реалізовано метод Віоли-Джонса та проведено експеримент. Розглянуто метрики, які буде використано для оцінки подібності двох блоків в кадрі.

Ключові слова: відеоспостереження, метод Віоли-Джонса, ознаки Хаара, відстеження об'єктів, метрика.

Вступ

На сьогодні відеоспостереження відіграє важливу роль чи не в усіх галузях діяльності суспільства та стає невід'ємною та незамінною частиною комплексної системи безпеки об'єкту, оскільки сучасні системи відеоспостереження дозволяють не тільки спостерігати і записувати відео, але і програмувати реакцію всієї системи безпеки при виникненні тривожних подій або ситуацій. Сучасний етап розвитку систем охоронного телебачення характеризується зростанням обсягу реєстрування відеоінформації та швидкості її обробки в аналогових і цифрових формах. Це висуває підвищені вимоги до якості представлення, передачі по системам зв'язку, зберігання і відновлення зображень об'єктів спостереження. При цьому виявлення та відстеження об'єктів стає все більш актуальною і важливою задачею особливо для вирішення завдань моніторингу – виявлення осіб, номерних знаків автотранспорту, спостереження за об'єктами, виявлення появи нових і зникнення встановлених об'єктів на територіях, що охороняються, та інше. Тому існує потреба в розробці надійного і невибагливого до обчислювальних ресурсів алгоритму для можливості пошуку осіб на відео та їх відстеження, що робить дану роботу актуальною в житті суспільства.

Мета роботи

Метою даної роботи є створення програмного продукту для системи відеоспостереження шляхом розробки алгоритму пошуку та відстеження об'єктів на відео.

Для досягнення мети в роботі були вирішені наступні *задачі*:

- аналіз існуючих методів виявлення об'єктів;
- аналіз метрик для оцінки схожості двох блоків зображення;
- розробка алгоритму пошуку та відстеження об'єктів на відео.

Основна частина

В реальному світі існує величезна кількість різних об'єктів, але значний інтерес представляє розробка алгоритмів виявлення більш вузького класу об'єктів – облич людини.

Виявлення осіб – це визначення кількості облич, присутніх на зображенні, і виявлення їх положення. Загалом, процес виявлення осіб складається з двох етапів, на першому з яких зображення сканується цілком для виявлення області (функцій), які можуть бути ідентифіковані як обличчя; найбільш поширеною ознакою є колір шкіри. Далі йде локалізація, яка дає більш точну оцінку розмірів і положення облич.

Існують чотири технології локалізації обличчя людини [1]:

- детектування особи на зображеннях з контрольованим фоном;
- детектування особи за кольором;
- детектування особи за методом Віоли-Джонса;
- детектування особи з використанням нейронних мереж.

Детектування особи на зображеннях з контрольованим фоном ґрунтується на локалізації особи на монохромному фоні, де особу знято фронтально. Видаляючи однорідний фон, виділити контур особи не становить жодних проблем. Один з головних плюсів цієї технології – даний алгоритм є найпростішим з існуючих. Великий мінус даного методу – фон повинен бути монохромним.

Детектування особи за кольором визначає обличчя за кольором шкіри в певній колірній моделі. Скануючи картинку і визначаючи зони, типові для кольору шкіри людини, шукає характерні ключові точки. Мінус цієї технології в залежності від умов освітлення, що може спотворити результати. Головний плюс в тому, що вона широко поширена і досить проста.

Третя технологія добре розпізнає риси обличчя під невеликим кутом. Метод Віоли-Джонса використовує прямокутні ознаки, вони називаються хаароподібними вейвлетами, інакше ознаками Хаара.

Детектування особи з використанням нейронних мереж використовує каскадну архітектуру, побудовану на загортальній нейронній мережі. Дана технологія працює з різними масштабами, але її мінус в значних вимогах до обчислювальних потужностей, крім цього, навчання доведеться проводити для кожної моделі.

Метод Віоли-Джонса є одним з кращих по співвідношенню показників «ефективність розпізнавання» / «швидкість роботи». Він складається з таких основних етапів:

- обчислення інтегрального перетворення;
- використання ознак Хаара;
- використання бустінга (Ada Boost);
- використання каскади ознак.

Інтегральне перетворення зображення – це матриця, що збігається за розмірами з вихідним зображенням [2]. У кожному її елементі зберігається сума інтенсивностей

усіх пікселів, що знаходяться лівіше і вище даного елемента. Інтегральне уявлення дозволяє швидко розраховувати сумарну яскравість довільного прямокутника на даному зображенні.

На етапі виявлення в методі Віоли-Джонса вікно встановленого розміру рухається по зображенню, і для кожної області зображення, над якою проходить вікно, розраховується ознака Хаара (рис. 1) [2].

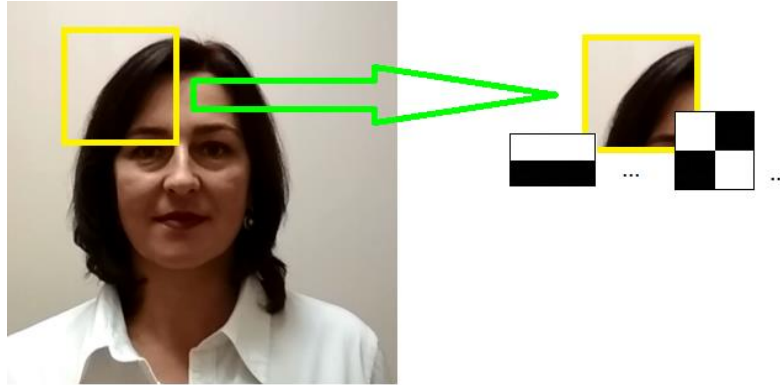


Рис. 1. Принцип скануючого вікна

Наявність або відсутність предмета в вікні визначається різницею між значенням ознаки і порогом. Оскільки ознаки Хаара мало підходять для навчання або класифікації, для опису об'єкта з достатньою точністю необхідна більша кількість ознак. Тому в методі Віоли-Джонса ознаки Хаара організовані в каскадний класифікатор.

У стандартному методі Віоли - Джонса використовуються прямокутні ознаки, вони називаються примітивами Хаара (рис. 2). Обчислення ознак Хаара є одним з основних алгоритмів, без якого немає можливості проводити подальші етапи алгоритму Віоли-Джонса.

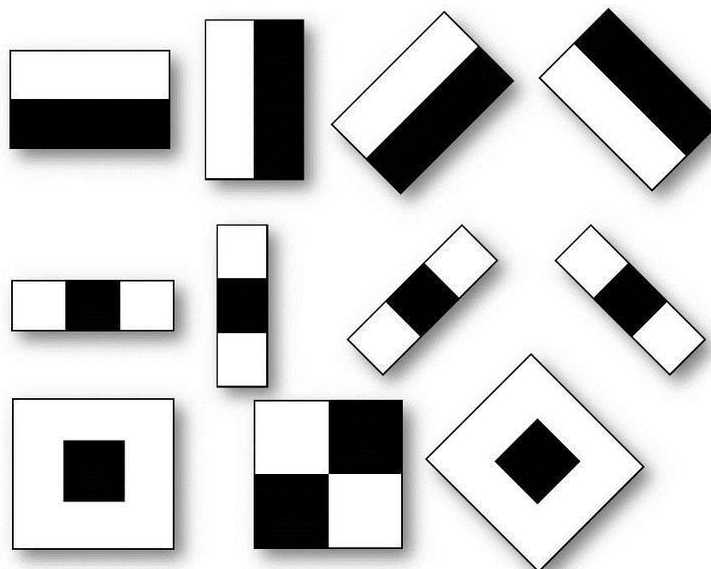


Рис. 2. Стандартні ознаки Хаара

Обчислювані значення ознаки буде значення $F = A - B$, де A – сума яскравостей точок, що закриваються світлою частиною ознаки, а B – сума яскравостей точок, що закриваються темною частиною. Для їх обчислення використовується поняття інтегрального перетворення.

У розширеному методі Віоли-Джонса використовуються додаткові ознаки (рис. 3) [2].

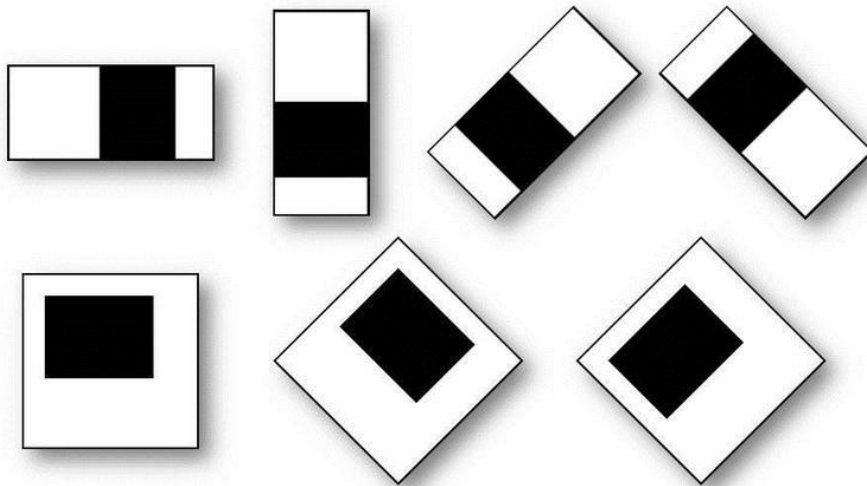


Рис. 3. Додаткові ознаки Хаара

Бустінг – комплекс методів, що сприяють підвищенню точності аналітичних моделей. Бустінг є жадібним алгоритмом побудови композиції алгоритмів (greedy algorithm) – це алгоритм, який на кожному кроці робить локально найкращий вибір в надії, що підсумкове рішення буде оптимальним [2].

Розвитком даного підходу є розробка більш досконалого сімейства алгоритмів бустінга AdaBoost (adaptive boosting – адаптоване поліпшення), запропонована Йоав Фройнд (Freund) і Робертом Шапіро (Schapire) в 1999 році [3], яка може використовувати довільне число класифікаторів і виробляти навчання на одному наборі прикладів, по черзі застосовуючи їх на різних етапах.

Дерево прийняття рішень – це дерево, в листі якого стоять значення цільової функції, а в інших вузлах – умови переходу, що визначають, по якому з ребер йти. Каскадна модель сильних класифікаторів – це, по суті, дерево прийняття рішень, де кожен вузол дерева побудований таким чином, щоб детектувати всі образи, що цікавлять, і відхиляти області, які не є образами. Крім цього, вузли дерева розміщені таким чином, що чим ближче вузол знаходиться до кореня дерева, тим з меншої кількості примітивів він складається і тим самим вимагає меншого часу на прийняття рішення. Даний вид каскадної моделі добре підходить для обробки зображень, на яких загальна кількість детектованих образів мала [2].

Програмно реалізовно алгоритм методу Віоли-Джонса з стандартними та додатковими ознаками Хаара. Було проведено експеримент для виявлення облич на зображеннях, які містять в собі:

- обличчя людей різного віку;
- різного кольору шкіри;
- наявності волосся, бороди, татуювань, веснянок, окулярів, макіяжу;
- зображення з різною яскравістю;
- наявністю різних емоцій на обличчі;
- кадри з кіно в градаціях сірого;
- обличчя з картин;
- наявністю декількох облич на зображенні.

Як можна побачити з результатів, метод добре відпрацював як на чітких так і на розмитих зображеннях. Метод спрацював позитивно, незалежно від типу окулярів, виявив обличчя на фото, не зважаючи на стать, вік, колір обличчя, волосся, емоції.

Також експеримент виявив зображення, де є обличчя людини, але метод їх не знаходить. До них відносяться обличчя людей, які не присутні повністю. Також є зображення, де метод знаходить та виділяє квадратом область, де нема обличчя людини. Деякі результати роботи методу Віоли-Джонса продемонстровані на рисунку 4.

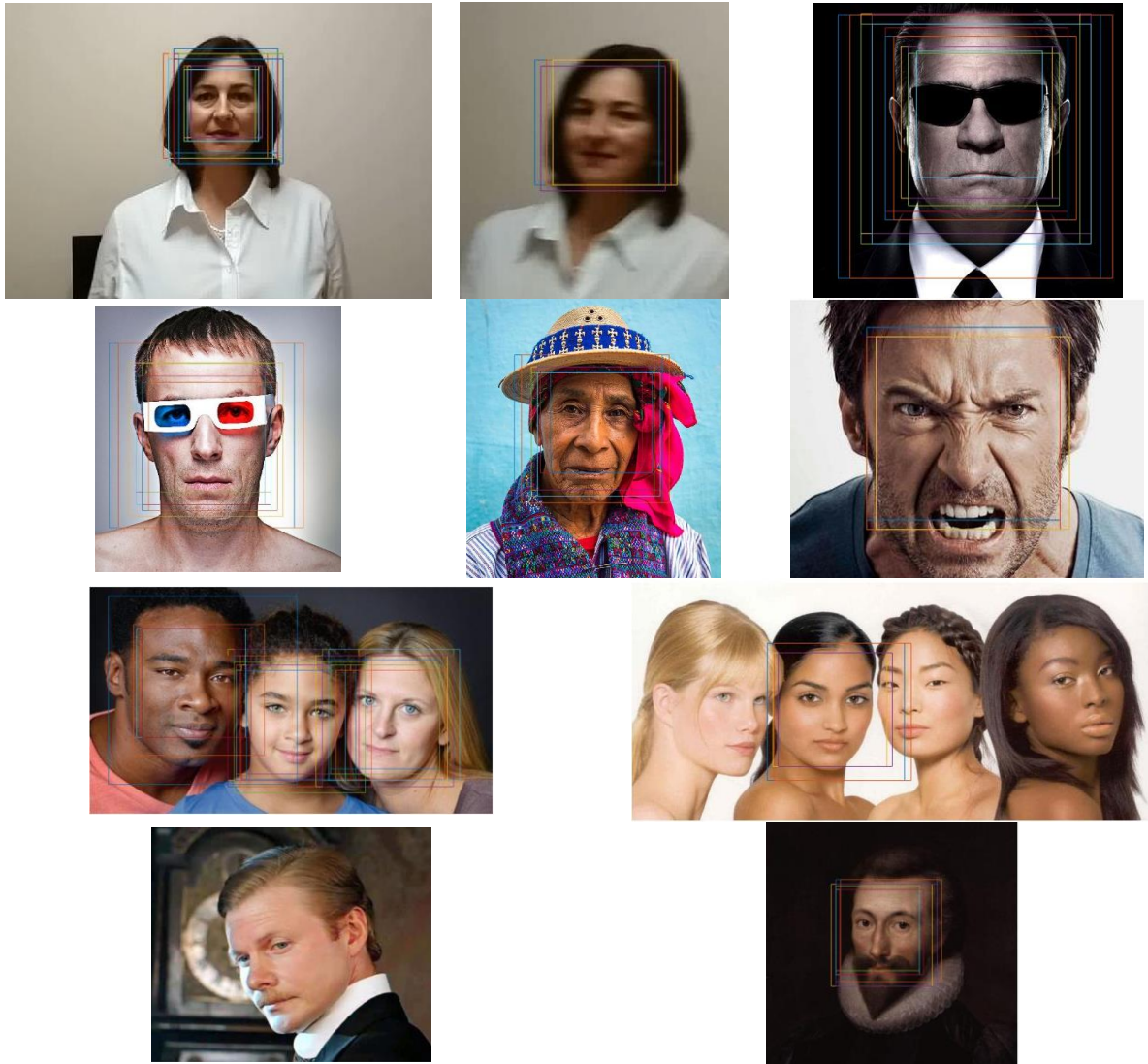


Рис. 4. Результати роботи методу Віоли-Джонса

Відеофайл – це набір стаціонарних картинок, які змінюють одна одну з певною частотою.

Алгоритми відстеження об'єктів на відео розділені на чотири основні категорії: відстеження областей, відстеження по активному контуру, відстеження за характерними признаками, відстеження по моделі [4].

Алгоритми відстеження областей застосовуються для відстеження об'єктів в відповідно до змін областей зображення, відповідних рухомих об'єктів.

Алгоритми відстеження по активному контуру відстежують об'єкти шляхом подання їх обрисів у вигляді обмежуючих контурів і динамічного оновлення цих контурів на наступних кадрах. Ці алгоритми мають своєю метою пряме вилучення форми об'єктів і дають більш повний опис об'єктів в порівнянні з алгоритмами відстеження областей.

Алгоритми відстеження за характерними ознаками виконують розпізнавання і відстеження об'єктів шляхом вилучення елементів зображення, їх об'єднання в

характерні ознаки більш високого рівня і наступного порівняння з характерними ознаками інших зображень.

Алгоритм, що розробляється відноситься до категорії відстеження областей.

Розроблений алгоритм пошуку та відстеження об'єктів на відео складається з двох глобальних кроків:

- пошук об'єкту на якомусь кадрі на відео;
- відстеження знайденого об'єкту на наступних кадрах на відео.

Пошук об'єкту відбувається за допомогою методу Віоли-Джонса. В результаті цього етапу маємо блок для пошуку на наступних кадрах на відео.

Ідея порівняння обраного блоку на кадрі з блоками на наступному кадрі впливає з того, що об'єкт, який рухається на сусідніх кадрах, не рухається з великою відстанню. Тобто, практично у всіх випадках об'єкт буде переміщуватися на декілька пікселів.

Отже, маємо відео V , яке складається з кадрів F_1, F_2, \dots, F_i . Нехай F_i – це i -ий – кадр, цифрового зображення розміром $n \times m$.

Основні кроки методу відстеження об'єкту.

Крок 1. На кадрі F_i виділяється блок p_1 , який відстежується. Нехай (x_1, y_1) – координати лівої верхньої вершини блоку та $k \times l$ – розмір блоку; f – зміщення для пошуку; δ – порогове значення коефіцієнту метрики подібності.

Крок 2. Для кожної пари кадрів F_i та F_{i+1} :

Розбити кадр F_{i+1} на множину пересічних $k \times l$ – блоків, починаючи з координати $(x_i - f, y_i - f)$ до координати $(x_i + f, y_i + f)$: $C = \{c_1, \dots, c_s\}$. Нехай p_i – блок за координатами (x_i, y_i) та розміром $k \times l$ з кадру F_i .

Для кожної пари блоків p_i та c_j обчислити коефіцієнт метрики між ними. Нехай cor_j – значення коефіцієнту метрики подібності.

Знайти максимальне значення cor_{\max}^j серед cor_j . Нехай (x_j, y_j) – координати лівої верхньої вершини блоку з максимальним значенням коефіцієнту метрики подібності.

Якщо $cor_{\max}^j \geq \delta$, то для блоку p_j за координатами (x_j, y_j) накладається рамка навколо блоку, інакше рамка не додається та $f = 2f$; блок, який відстежується, та його координати не змінюються.

Експерименти показали, що об'єкт, який відстежується, може наблизитися або віддалитися від камери, тим самим змінюється його розмір.

Модифікуємо цей алгоритм для використання блоків з різним масштабом. Маємо наступні основні кроки алгоритму:

Крок 1. На кадрі F_i виділяється блок p_1 , який відстежується. Нехай (x_j, y_j) – координати лівої верхньої вершини блоку та $k \times l$ – розмір блоку; f – зміщення для пошуку; δ – порогове значення коефіцієнту метрики; $scale$ – масштаб в пікселях для збільшення та зменшення блоку.

Крок 2. Для кожної пари кадрів F_i та F_{i+1} :

Розбити кадр F_{i+1} на множину пересічних $k \times l$ – блоків, починаючи с координати $(x_i - f, y_i - f)$ до координати $(x_i + f, y_i + f)$: $C = \{c_1, \dots, c_r\}$. Нехай p_i – блок за координатами (x_i, y_i) та розміром $k \times l$ з кадру F_i ; p_i^{+scale} та p_i^{-scale} – збільшений та зменшений блок за координатами (x_i, y_i) та розміром $(k + scale) \times (l + scale)$ та $(k - scale) \times (l - scale)$ з кадру F_i .

Для кожної пари блоків $p_i, p_i^{+scale}, p_i^{-scale}$ та $c_j, c_j^{+scale}, c_j^{-scale}$ обчислити коефіцієнт метрики між двома блоками парами відповідних блоків. Нехай $cor_j, cor_j^{+scale}, cor_j^{-scale}$ – значення коефіцієнту метрики подібності відповідних блоків.

Знайти максимальне значення cor_{max}^j серед $cor_j, cor_j^{+scale}, cor_j^{-scale}$. Нехай (x_i, y_i) – координати лівої верхньої вершини блоку з максимальним значенням коефіцієнту метрики. Нехай $(k_{max}) \times (l_{max})$ – розміри блоку з максимальним значенням коефіцієнту метрики подібності.

Якщо $cor_{max}^j \geq \delta$, то для блоку p_j за координатами (x_j, y_j) та розміром $(k_{max}) \times (l_{max})$, який стає поточним розміром блоку пошуку, накладається рамка навколо блоку, інакше рамка не додається, збільшується зміщення для пошуку: $f = 2f$; блок, який відстежується, його координати та розмір не змінюються.

Збільшення області пошуку залежить від того, що об'єкти в кадрі можуть переміщатися по-різному: їх траєкторії можуть перетинатися, вони можуть зникати і з'являтися знову (наприклад, якщо камера стежить за автомагістраллю, то автомобіль в кадрі може перекриватися іншим, а потім знову виїжджати), кілька об'єктів можуть об'єднуватися або різко міняти напрям руху. Тому в даному алгоритмі враховується такий випадок.

Результати роботи алгоритма пошуку та відстеження об'єктів на відео наведено на рисунку 5 у вигляді випадково вибраних кадрів з відео.



Рис. 5. Результати роботи алгоритм пошуку та відстеження об'єктів на відео

В якості метрики в розробленому алгоритмі, що розробляється можна використовувати наступні:

- евклідова відстань;
- кореляція;
- MSE.

Для двох блоків X та Y розміром $M \times N$ пікселів значення метрики MSE задається формулою:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [X(m,n) - Y(m,n)]^2,$$

де $X(i, j)$ та $Y(i, j)$ – це значення компоненти яскравості пікселя (i, j) блока X та Y відповідно.

Коефіцієнт кореляції задається формулою:

$$cor = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \times \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

Було проведено експеримент для визначення того, яка з метрик, що розглядається найбільш підходить для розробленого алгоритму. Оцінювався час роботи програми з метриками, що розглядаються, для 20 кадрів різних відеофайлів. Результати дослідження наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Час роботи програми з певними метриками

Відеофайл	Кореляція (год./хв./с./мс.)	MSE (год./хв./с./мс.)	Евклідова відстань (год./хв./с./мс.)
1	00:00:05:38	00:00:05:32	00:00:05:18
2	00:00:04:51	00:00:04:69	00:00:04:59
3	00:00:04:74	00:00:04:87	00:00:04:77
4	00:00:04:51	00:00:04:75	00:00:04:69
5	00:00:05:37	00:00:05:91	00:00:05:80

Для таблиці було обрано п'ять відеофайлів з множини відео, над якими було проведено дослідження. Для коефіцієнта кореляції було обрано значення від 0,85 до 0,9, бо якщо коефіцієнт кореляції наближається до одиниці, це означає що блоки ідентичні. Експериментальним шляхом для коефіцієнта MSE було обрано значення 3000, а для евклідової відстані – 2000.

По даним таблиці зрозуміло, що вибір метрики незначно впливає на час роботи програми, але обирати коефіцієнт метрики MSE та евклідової відстані для оцінки подібності блоків значно складніше, ніж обрати коефіцієнт метрики кореляції. Тому висновком можна зазначити, що метрика кореляції краща і простіша в використанні користувачем даного програмного продукту.

Висновки

Було проведено аналіз існуючих методів виявлення об'єктів. Для розробки алгоритму пошуку та відстеження об'єктів на відео на першому кроку використовується метод Віоли-Джонса виявлення облич на відео. Було розроблено алгоритм пошуку та відстеження об'єктів на відео. Було проведено аналіз метрик для оцінки схожості двох блоків зображення. У якості метрики для алгоритму пошуку та відстеження об'єктів на відео рекомендується використовувати коефіцієнт кореляції.

Література

1. Тынченко, С.В. Сравнение алгоритмов обнаружения и локализации лица на изображении / С.В. Тынченко, В.О. Путилин, А.К. Овсянников // Проблемы Науки. – 2018. – №3. – 123 с.

2. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/133826/>.
3. Freund, Y A Short Introduction to Boosting / Y. Freund, R.E. Schapire // Shannon Laboratory, USA, – 1999. – 771 – 780 p.
4. Лавелина, Е.С. Отслеживание объектов в видеопотоке / Е.С. Лавелина, М.Р. Закуанова, М.А. Масловская // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LIV междунар. студ. науч.-практ. конф, 2017. – № 6(53).

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕО

Е.Ю. Лебедева, Т.А. Бырченко, В.М. Лебига

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: o.y.lebedieva@onu.ua,
tane4ka2404@gmail.com

Сегодня видеонаблюдение – это наиболее востребованная система для охранных и мониторинговых целей. Развитие систем видеонаблюдения открывает новые возможности не только для фиксации правонарушений, но и для их предупреждения. По отслеживанию объектов на видео, можно отметить, что такая необходимость возникает во многих сферах жизни, например, в системах безопасности, при создании систем автоматизированного анализа спортивных соревнований, в системах контроля качества процессов, при создании человеко-машинного интерфейса. Крайне важно чтобы пользователи системы видеонаблюдения не только могли использовать систему, хранить и обрабатывать данные, а также получать необходимую информацию о том или ином объекте, который запечатлен на видео с помощью такого инструмента, как отслеживание объектов. В работе рассматривается разработанный алгоритм поиска и отслеживания объектов на видео. Разработанный алгоритм состоит из следующих этапов: поиск, или обнаружения объектов, и отслеживания объектов на видео. Рассмотрено метрики, которые будут использованы для оценки сходства двух блоков в кадре. Большинство метрик качества видеоизображений основано на метриках качества статических изображений, и поэтому видеоизображения сравнивают покадрово. В связи с этим метрики применимы только для сравнения видеоизображений, имеющих одинаковое количество пикселей. В работе проведен анализ существующих методов обнаружения объектов, а именно лиц человека. Выбран метод Виолы-Джонса, который позволяет обнаруживать объекты на видео. Этот метод состоит из нескольких шагов, одним из которых является использование признаков Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта. В работе рассматривались как стандартные, так и дополнительные признаки Хаара. Было программно реализован метод Виолы-Джонса и проведен эксперимент. Рассмотрено метрики, которые будут использованы для оценки сходства двух блоков в кадре.

Ключевые слова: видеонаблюдение, метод Виолы-Джонса, признаки Хаара, отслеживание объектов, метрика.

DEVELOPING THE SEARCH ALGORITHM AND MOVING OBJECTS

O.Y. Lebedieva, T.A. Byrchenko, V.M. Lebiga

Odessa National Polytechnic University,
Shevchenko Avenue, 1, Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: o.y.lebedieva@opu.ua,
tane4ka2404@gmail.com

Today, video surveillance is the most sought after system for security and monitoring purposes. The development of video surveillance systems opens up new opportunities not only for fixing offenses but also for preventing them. With regard to object tracking on video, it can be noted that this need arises in many areas of life, such as security systems, the creation of systems for the automated analysis of sports competitions, the quality control of processes, the creation of human-machine interface. It is essential that CCTV users not only be able to use the system, store and process data, but also obtain the necessary information about a particular object that is displayed on video using a tool such as object tracking. This paper describes a developed algorithm for searching and tracking objects on video. The algorithm developed consists of the following steps: finding or detecting objects and tracking objects on video. You should also consider the metrics that will be used to evaluate the similarity of the two blocks in the frame. Most video quality metrics are based on still image quality metrics, which is why video images are compared frame by frame. In this regard, the metrics are only applicable to compare videos that have the same number of pixels. The paper analyzes the existing methods of object detection, namely human faces. The Viola-Jones method was chosen to detect objects on video. This method consists of several steps, one of which is to use the Haar traits to find the desired object. Both standard and additional features of Haar were considered in the paper. The Viola-Jones method was programmatically implemented and an experiment was conducted. You should also consider the metrics that will be used to evaluate the similarity of the two blocks in the frame.

Keywords: CCTV, Viola-Jones method, Haar signs, object tracking, metric.