

УДК 621.711.3



А. І. Дмитренко<sup>1</sup>, О. О. Супрун<sup>2</sup>, О. О. Усольцев<sup>3</sup>  
<sup>1-3</sup>ХНУРЕ, Харків, olexander.suprun@nure.ua

## РОЗРОБКА МОДИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМУ ВІОЛІ-ДЖОНСА ДЛЯ ТРЕКІНГУ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ

Присвячена розробці модифікації алгоритму Віолі-Джонса для виявлення руху пішоходів на дорозі. Запропоновано метод розпізнавання об'єктів, що використовує змінене значення м'якого виходу і додаткову пост обробку у вигляді кластеризації отриманих регіонів. Представлені результати розпізнавання, що підтверджуються кількісними та якісними показниками ефективності роботи систем відеоаналітики.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ВІДЕОАНАЛІТИКИ, КРЕКІНГ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ, АЛГОРИТМ ВІОЛІ-ДЖОНСА

### Вступ

Основне завдання алгоритму крекінгу - це послідовний аналіз відеокадрів для оцінки параметрів руху об'єкту. Ці параметри характеризують положення цільового об'єкту.

Якщо при крекінгу об'єкту під час кожного фіксованого кадру розглядати його можливі положення як розподіл вірогідності по усіх можливих точках позиціонування і по усіх можливих розмірах вікон, що описують його, з центрами у відповідних точках, то нашим основним завданням під час аналізу кожного кадру є апроксимація цього розподілу, на основі якого вже можна буде обчислювати шукану рамку, що його описує [1-4]. Аналіз існуючих алгоритмів оптичного розпізнавання об'єктів та методів виявлення об'єктів показав, що основною проблемою є низька стійкість до впливу зовнішніх умов, що ускладнюють якість розпізнавання: рівень освітлення, якість зображення, нахили зображення. При цьому алгоритми, стійкі до зовнішніх умов (мінливий задній план, змінення освітлення, рухомі тіні та ін.), часто виявляються вимогливі до апаратних обчислювальних ресурсів, що ускладнює застосування їх в системах, які працюють в реальному часі, що являється одним з основних вимог до систем відеоаналітики виявлення пішохода.

Мета роботи – розробка модифікації класичного алгоритму Віолі-Джонса, з використанням активних моделей, а також використання результатів у системі відео-аналітики розпізнавання та прогнозування руху пішохода. Особливістю такої модифікації є те, що використання навчених класифікаторів, що дозволить точніше виділяти об'єкт навіть випадку його сильних спот-ворень.

### Розробка алгоритму

Однією з корисних особливостей інтегрального представлення в методі Віолі-Джонса є можливість дуже швидко вичислити суму пікселів довільного прямокутника [5]. Інтегральне представлення зображення - це матриця, співпадаюча по розмірах з початковим зображенням. У кожному елементі її зберігається сума інтенсивностей усіх пікселів, що

знаходяться лівіше і вище цього елемента. Елементи матриці розраховуються по формулі (1):

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} \Delta I(i, j), \quad (1)$$

де  $I(i, j)$  – яскравість пікселя початкового зображення.

По такій інтегральній матриці можна дуже швидко вичислити суму пікселів довільного прямокутника, довільної площі.

На етапі виявлення в методі Віолі-Джонса вікно встановленого розміру рухається по зображенню, і для кожної області зображення, над якою проходить вікно, розраховується ознака Хаару. Наявність або відсутність предмета у вікні визначається різницею між значенням ознаки і навчаним порогом, у нашому модернізованому методі Віолі-Джонса, використовуються додаткові ознаки.

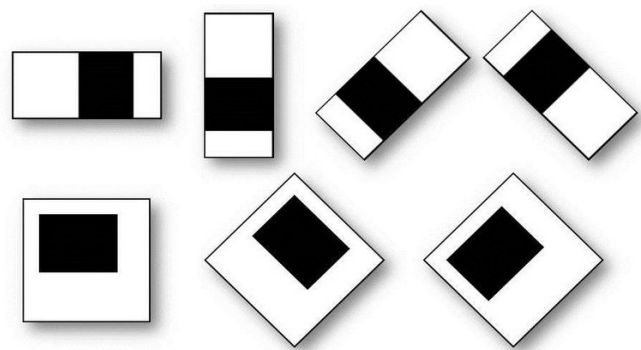


Рис. 1. Додаткові ознаки Хаару

Обчислюваним значенням такої ознаки буде:

$$F = X - Y, \quad (2)$$

де  $X$  - сума значень яркостей точок що закриваються світлою частиною ознаки;  $Y$  - сума значень яркостей точок що закриваються темною частиною ознаки.

В процесі пошуку обчислювати усі ознаки просто нереально, отже, класифікатор повинен реагувати тільки на певну, потрібну підмножину усіх ознак. Потрібно навчити класифікатор знаходженню пішохода на дорозі по цій певній підмножині, це можна зробити,

навчаючи алгоритм автоматично [6], для вирішення проблеми такого складного навчання існує технологія бустинг.

Математично бустинг пояснюється так: спочатку обчислюються оцінки приналежності об'єкту класам, потім вирішальне правило переводить ці оцінки в номер класу. Значення оцінки, як правило, характеризує міру упевненості класифікації. Алгоритмічна композиція - алгоритма  $X \rightarrow Y$ :

$$a = C(F(b1(x), \dots, bT(x)), x \in X, \quad (3)$$

де складений з алгоритмічних операторів

$$bt : X \rightarrow R, t=1, \dots, T,$$

операції  $F$ , що коригує:

$$F: RT \rightarrow R$$

і вирішального правила

$$C : R \rightarrow Y.$$

У завданнях класифікації на два класи, що не перетинаються, як простір оцінок зазвичай використовується безліч дійсних чисел. Вирішальні правила можуть мати параметри, що настроюються. Так, в алгоритмі Віолі-Джонса використовується порогове вирішальне правило, де, як правило, спочатку будується оператор при нульовому значенні, а потім підбирається значення оптимальне.

Бустинг може призводити до побудови громіздких композицій, що складаються з сотень алгоритмів. Підхід посилення простих класифікаторів є найбільш ефективним методом класифікації за рахунок високої швидкості і ефективності роботи і відносної простоти реалізації. При об'єднанні слабких анізотропних класифікаторів в один великий сильний класифікатор детектувальна здатність підвищується, але при цьому підвищується і час ухвалення рішення. В деяких випадках час, окрім якості розпізнавання, є ключовим чинником. Для цього випадку пропонується побудувати каскадну модель з невеликих сильних класифікаторів, що дозволяє підвищити швидкість детектування, не погіршуючи якість [6]. Каскадна модель сильних класифікаторів - це дерево ухвалення рішень, де кожен вузол дерева побудований так, щоб детектувати майже усі образи, що цікавлять, і відхилити деяку частину регіонів, що не є образами. Окрім цього, вузли дерева розміщені таким чином, що чим ближче вузол знаходиться до кореня дерева, тим з меншою кількістю анізотропних примітивів гаусів він полягає і тим самим вимагає меншого часу на ухвалення рішення.

Перцептивні хеш-функції обчислюють схожі хеш-значення для схожих зображень. В алгоритмі використовується функція порівняння, відстань Хемінга. Для полегшення порівняння відстань Хемінга можна нормувати за допомогою довжини векторів:

$$\Delta(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{x_i \neq y_i} 1, i = 1, \dots, n \quad (4)$$

Відстань Хеммінга визначимо як

$$d(x, y) \leq n.$$

Ідея м'якого виходу полягає в нечіткому результаті, на основі аналізу якого можна прийняти інше рішення. Розглядатимемо відношення

$$H_S(x) = \frac{2 \sum_{t=1}^T a^{(t)} h_j^{(t)}}{\sum_{t=1}^T a^{(t)}}, \quad (5)$$

як самостійний числовий критерій, який називатимемо м'який вихід.

Одним з можливих застосувань м'якого виходячи являється ухвалення однозначного рішення про знайдений об'єкт, виходячи зі значення  $H_S(x)$ . Проте застосування такого критерію прямо має ряд недоліків. Видно, що знайдений алгоритмом об'єкт в реальності не має найбільшого значення м'якого виходу. У завданні кластеризації даних можна враховувати додаткову інформацію, якою є значення м'якого виходу. Крім того, використовуючи цю інформацію можна штучно понизити поріг розпізнавання і враховувати отримані регіони на етапі кластеризації даних. При зниженні порогу значно збільшується кількість знайдених регіонів (рис. 2), ідея запропонованого методу полягає в перевірці гіпотези: при зменшенні порогу спрацьовування алгоритму розпізнавання і застосовуючи алгоритм кластеризації об'єктів можливо поліпшити ефективність розпізнавання.

При цьому слід зауважити, що параметри в алгоритмі кластеризації підбираються емпірично.

Провівши серію експериментів, був сформований графік залежності (рис. 2), по якому була визначена оптимальна пара значень для алгоритму кластеризації (кількість сусідів (рис. 3)).

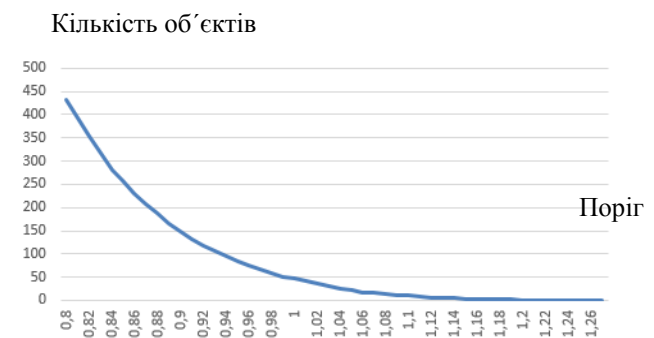


Рис. 2. Залежність кількості знайдених об'єктів від порогу спрацьовування

Модернізований алгоритм Віолі-Джонса, обробляючи кадри, враховує вірогідність наявності людини залежно від місця кадру - приміром, система швидко визначає

ділянки зображення, які мають відносно однорідний колір (наприклад, небо, дорожнє полотно) і виключає їх, сосредотачиваясь на ділянках перед автомобілем.

Мінімальна кількість необхідних сусідів

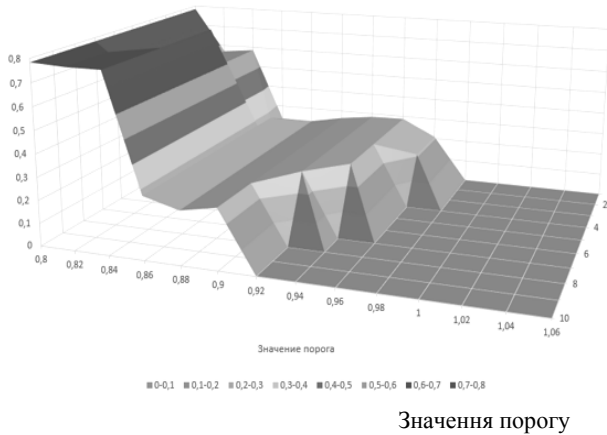


Рисунок 3. Графік залежності залежно від порогу і параметра кластеризації

Другий етап обробки класифікує і відкидає кадри, об'єкти на яких по своїй формі і розмірам не відповідають людському силуету (дерева, кущі і інші транспортні засоби). Завершальні етапи виявляють людський силует (рис. 4).

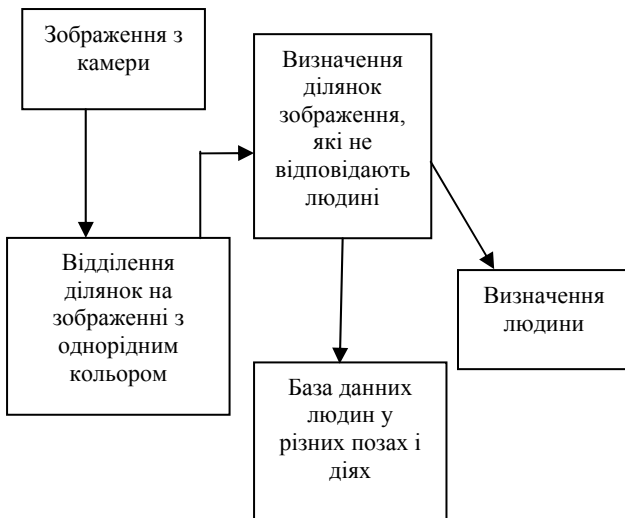


Рис. 4. Принцип роботи алгоритму

При різних значеннях параметрів алгоритму кластеризації змінюється процентне співвідношення помилок I і II роду. Підібрані параметри алгоритму кластеризації і порогове значення м'якого виходу показують однакові результати на різних тестових вибірках. Це дозволяє зробити висновок, що запропонований метод інваріантний до початкових даних.

Приведений модернізований алгоритм показав добрі результати розпізнавання, що підтверджується великою кількістю тестів. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що запропонований алгоритм на 59% ефективніше за базовий алгоритм

Віоли-Джонса справляється з помилками I роду і на 81% ефективніше проти помилок II роду.

Для зменшення помилок такого роду при тестуванні модернізованого алгоритму був маркований додатковий клас «стовпи», і наш алгоритм був навчений для розділення стовпів від пішоходів у тому випадку, коли основна підсистема розпізнавала контур об'єкту що містить пішохода. При цьому якість роботи цієї мережі була близько 98%.

### Висновки

Таким чином були отримані наступні результати: розроблена математична модель модернізованого алгоритму Віола-Джонса на основі сукупних статистичних характеристик зображень, що в складних умовах дозволяє приймати рішення по виявленню об'єктів в зображенні, з використанням навчальної вибірки і каскадної моделі прийняття рішення, що підвищує точність детектування і класифікацію об'єкта. Таке рішення дає підвищення швидкості і ефективності роботи і відносної простоти реалізації системи відеоаналітики виявлення пішохода на дорозі. Особливістю аналізу є адаптація класифікатора під мінливі характеристики сцени і нові образи об'єктів, а також можливість ідентифікувати об'єкти, що є шумовими викидами. Запропонований підхід полягає в застосуванні додаткового класифікатора і його онлайн навчанні для детекції динамічних об'єктів в відеопотоці, причому попереднє навчання відбувається в автоматичному режимі, запропоновано підвищити вірогідність виявлення за рахунок обробки відеозображення в три етапи: оцінювання зображення, попереднього виявлення і повторного виявлення з урахуванням оцінки змін в сцені. Показано, що застосування даного підходу значно розширює можливості системи відеоаналітики, також експериментально доведено, що застосування даного модифікованого алгоритму розробленого для рухомих систем спостереження, збільшує показник правильних виявлень рухомих і нерухомих пішоходів в складних погодних умовах до 98%, що вище, ніж у існуючих алгоритмів, це дозволяє застосовувати запропонований алгоритм у реальних системах відеоаналітики виявлення пішоходів.

**Список літератури:** 1. Анисимов, Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б.В. Анисимов, В.Д. Курганов. – М.: Высш. шк., 1995. – 295 с. 2. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт. – М.: МИР, 2006. – 509 с. 3. Мандель, И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Статистика., 1998. – 176 с. 4. Патрик, Э.А. Основы теории распознавания образов / Э.А. Патрик. – М.: Сов. радио, 1999. – 408 с. 5. Гашников, М.В. Методы компьютерной обработки изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 784 с. 6. Ту, Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 2011. – 403 с. 7. Фуканага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фуканага. – М.: Наука, 1999. – 368 с.

*Поступила до редколегії 5.05.2016*

УДК 621.711.3

**Разработка модификации алгоритма виоллы-джонса для трекинга объектов в видеопотоке / А.И. Дмитренко, А.А. Супрун, А.А. Усольцев // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2016. – № 1(86). – С. 90-93.**

Работа посвящена разработке модификации алгоритма Виолы-Джонса для обнаружения движения пешеходов на дороге. Предложен метод распознавания объектов, который использует измененное значение мягкого выхода и дополнительную постобработку в виде кластеризации полученных регионов. Представлены результаты распознавания, которые подтверждаются количественными и качественными показателями эффективности работы систем видеоаналитики.

Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

UCD 621.711.3

**Development modifications algorithm viola-jones tracking objects in videostream / A.I. Dimitrenko, A.A. Suprun, A.A. Usoltsev // Bionica Intellecta: Sci. Mag. – 2016. – № 1(86). – P. 90-93.**

Devoted to the development modifications Viola-Jones algorithm for the detection of pedestrians on the road. A method of object recognition, which uses a modified soft output value and the additional post-processing obtained as a clustering regions. Here presented the recognition results that confirmed by quantitative and qualitative indicators of the efficiency of video analytics systems.

Fig. 4. Ref.: 7 items.