

**Арапов Андрій Сергійович**

*бакалавр, студент*

*Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Арапов Андрей Сергеевич**

*бакалавр, студент*

*Национального технического университета Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Arapov Andrey Sergeevich**

*a bachelor, a student of the*

*National technical university of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

## BASIC PRINCIPLES OF SOFTWARE DEVELOPMENT FOR RECOGNITION OF AUTOMOBILE NUMBERS

**Анотація.** Виконано огляд основних принципів побудови, а також порівняння алгоритмів обробки зображення для подальшого розпізнавання автомобільних номерів.

**Ключові слова:** алгоритми розпізнавання, відеоспостереження, інтелектуальні системи.

**Аннотация.** Выполнен обзор основных принципов построения, а также сравнение алгоритмов обработки изображения для дальнейшего распознавания автомобильных номеров.

**Ключевые слова:** алгоритмы распознавания, видеонаблюдения, интеллектуальные системы.

**Summary.** An overview of the basic principles of construction, as well as comparison of image processing algorithms for further recognition of automobile numbers.

**Key words:** recognition algorithms, video surveillance, intelligent systems.

Сьогодні майже всі сучасні системи відеоспостереження містять спеціалізовані модулі відеоаналітики, які забезпечують інтелектуальну обробку і аналіз об'єктів реального світу. Таких об'єктів безліч це і автомобілі, і будинки, і люди, будь-які перешкоди тощо. Спеціалізовані системи направлені на визначення певного класу таких об'єктів. Одним з найважливіших завдань систем відеоспостереження є визначення та розпізнавання автомобільних номерів. Це забезпечує зменшення витрат автотранспортних підприємств, підприємств, сфера діяльності яких пов'язана з охороною і безпекою, і, крім того, їх розпізнавання

дозволяє автоматично виявляти дорожньо-транспортних порушників. Тому розпізнавання номерів представляє великий практичний інтерес.

Для побудови системи відеоспостереження з можливістю розпізнавання автомобільних номерів необхідні якісне обладнання. Чим краще система освітлення, чим краще камера — тим краще будуть працювати алгоритми розпізнавання. Інфрачервоний прожектор може просвічувати навіть пил і бруд, які дуже часто заважають правильному розпізнаванню номера. Навіть найкращий алгоритм без гарної зйомки здебільшого буде на виході видавати дані з великою погрішністю,

що не є достатнім для прийняття будь-якого рішення. Тому в такому випадку, дана система не зможе бути використана.

Загальна структура алгоритму розпізнавання номера в реальних умовах складається з трьох етапів [1]:

1) попередній пошук номера — відбувається виявлення області зображення, на якій міститься номер;

2) нормалізація номера — визначення чітких меж номера, усунення нахилів, обрізка зайвих кордонів, зміна контрасту;

3) розпізнавання тексту — розпізнавання самого тексту.

Кожен з цих кроків може бути реалізований за допомогою різних алгоритмів.

### Алгоритми попереднього пошуку (детектування)

Одним з таких алгоритмів є контурний аналіз. За допомогою цього аналізу проводиться пошук прямокутного контуру. Контур з відповідними пропорціями може вважатися номером. Існує кілька ефективних методів виділення кордонів:

- виділення меж Кенні — один з найстаріших і найкращих детекторів;
- оператор Собеля;
- оператор Прюїтт;
- оператор Шара;
- перехресний оператор Робертса;
- оператор Айверсона;
- диференціальне виділення меж.

Цей принцип пошуку номера працює тільки в тому випадку, коли контур нічим не перекривається, вхідне зображення має велику роздільну здатність, а сам контур має рівні межі. Іноді замість аналізу всього контуру аналізується тільки його частина. Наприклад, аналізуються тільки вертикальні прямі. Відповідно до співвідношенням розміру цих прямих і відстані між ними, робиться висновок про вдалий пошук контуру з номером. Іноді, щоб знайти номер застосовується гістограма зображення. Виділення номеру по гістограмі зображення побудоване на припущенні, що частотна характеристика регіону з номером відмінна від частотної характеристики інших об'єктів на зображенні. Якщо це не так, тобто якщо на зображенні є текст або будь-які інші об'єкти зі схожими частотними характеристиками, то цей метод працювати не буде [2].

Наведені методи мають істотний недолік. Реальні автомобільних номерів можуть бути забруднені і тому результат визначення меж буде помилковий. У таких ситуаціях алгоритми дають недостовірну інформацію. Кращі методи для детектування номерів засновані на різних класифікаторах. Наприклад, для визначення номеру може використовуватися метод Віоли-Джонса. Цей алгоритм добре працює на об'єктах реально-

го світу і має досить високу швидкість детектування. Єдиний недолік цього методу — тривалість навчання відповідних класифікаторів. Основні принципи цього алгоритму наступні. Замість звичайного зображення використовується інтегральне зображення — зображення, кожен піксель якого представляє собою суму всіх пікселів які лежать лівіше і вище даного пікселя, включаючи сам піксель [3]. В якості ознак класифікації використовуються примітиви Хаара, які в найпростішому випадку є прямокутниками, розташованими у вертикальному, горизонтальному або діагональному положенні. Вони містять світлу і темну частини. Значення такого примітиву Хаара складається з різниці суми світлою і суми темної частини. Якраз для обчислення цієї різниці і використовується інтегральне зображення, яке дозволяє за сталий час обчислити різницю таких сум. Саме через це детектування працює досить швидко. Для визначення номеру використовується безліч таких примітивів, об'єднаних у ланцюг. Такий ланцюг називається каскадом Хаара. Оскільки кожна окрема ознака Хаара не дозволяє досить достовірно виявити номер, то використовується алгоритм посилення (boosting), який з таких «слабких» ознак будує «сильний» каскад. Прикладом такого алгоритму посилення є AdaBoost. Побудова каскаду класифікаторів відбувається в процесі «навчання». На сьогоднішній день метод Віоли-Джонса реалізований в бібліотеці комп'ютерного зору OpenCV. Для його навчання необхідна вибірка фотографій з номерами в реальних умовах і вибірка фотографій реальних умов, але без номерів. Після цього можна проводити навчання засобами OpenCV. При роботі алгоритму використовується так зване «ковзне вікно», яке представляє собою прямокутник, що рухається по зображенню, що відокремлює його частину для пропускання через каскад. Розміри цього прямокутника також можуть змінюватися. Це дозволяє розпізнавати номери різного розміру [4].

### Алгоритми нормалізації

Алгоритми детектування визначають номери з похибкою і тому необхідно нормалізація номеру, який вдалося детектувати. Спочатку відбувається вирівнювання номеру в горизонтальне положення. Для цього слід проводити виділення меж. Знайдені «довгі» прямі з більшою часткою ймовірності будуть межами номеру. Одним з кращих способів знаходження таких прямих є перетворення Хафа. Після вирівнювання кордонів необхідно поліпшити контраст зображення. Це проводиться стандартними засобами перетворення зображення. Іноді замість зміни контрасту проводять бінаризацію зображення — розділяючи всі пікселі на білі і чорні. Однак, в разі забруднення номера біна-

ризация приведет до негативного эффекта, так как она не позволит распознать символы, частично перекрытые брудом. После нормализации необходимо выделить символы с целью их дальнейшего распознавания. В наиболее простом случае необходимо точно выделить левую и правую граничные координаты и с использованием точных расчетов разместить каждую букву выделить те места, где они должны находиться. В более сложном случае следует использовать гистограмму изображения, на которой максимумы означают промежутки между буквами.

#### Алгоритмы распознавания символов

Эти алгоритмы делятся на две категории:

- структурные — основаны на морфологии и анализе контура (имеют дело с бинарными изображениями);
- растровые — основаны на анализе непосредственно изображения.

Для распознавания символов можно использовать Tesseract OCR. Это открытое программное обеспечение, которое в состоянии выполнять распознавание, как отдельных букв, так и всего текста. Однако данное программное обеспечение не всегда дает достоверные результаты в случае, когда символы на входном изображении перекрыты, например, брудом. Метод  $k$  ближайших соседей ( $k$ -nearest). Принцип работы алгоритма следующий. Сначала записывается большая величина изображений реальных символов корректно разбитых на классы. Далее вводится мера расстояния между символами. Для бинарного изображения это может быть операция XOR. При попытке распознавания символа рассчитывается расстояние между

текущим символом и всеми существующими символами. Далее берется определенное количество  $k$  ближайших по расстоянию классифицированных символов и выбирается класс, число символов которого среди этого  $k$  является максимальным [5]. Корреляционный метод. Он основан на вычислении коэффициента корреляции между двумя изображениями. Для каждого класса выбирается некоторое изображение-эталон, с которым будет сравниваться входное изображение символа. Для сравнения вычисляется коэффициент корреляции или, в наиболее простом случае — «расстояние» между изображениями. Это «расстояние» представляет собой сумму разностей каждого пикселя эталона и пикселя входного изображения. Символ назначается к тому классу, «расстояние» между которыми минимально [6]. Нейронная сеть. Распознавание с помощью нейронных сетей предполагает построение соответствующей нейронной сети, выбор архитектуры и ее обучение. С распознаванием изображений хорошо справляются так называемые сверточные нейронные сети [7].

Таким образом, выше были показаны основные алгоритмы и принципы, которые могут быть использованы при решении практической задачи распознавания автомобильных номеров. На данный момент существуют готовые коммерческие решения для выполнения этой задачи, такие как iANPR (библиотека, распознает российские номера), номерок (программное обеспечение, распознает украинские номера), программно-аппаратный комплекс «Автоинспектор» (украинские номера), система CarGo Enterprise (украинские и иностранные номера) и другие системы. Однако, данные системы имеют довольно высокую стоимость.

#### Литература

1. Rojas, R. AdaBoost and the Super Bowl of Classifiers. A Tutorial Introduction to Adaptive Boosting. [Электронный ресурс] / R. Rojas. — Режим доступа: <http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/adaboost4.pdf> (Дата обращения 1.05.2016).
2. Viola, P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. [Электронный ресурс] / P. Viola, M. Jones. — Режим доступа: <https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf> (Дата обращения 1.05.2016).
3. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/133826/> (Дата обращения 1.05.2016).
4. Обучение OpenCV каскада Хаара. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/208092> (Дата обращения 1.05.2016).
5. Бустинг [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Бустинг> (Дата обращения 1.05.2016).
6. Корреляционное сопоставление изображений. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Корреляционное\\_сопоставление\\_изображений](http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Корреляционное_сопоставление_изображений) (Дата обращения 1.05.2016).
7. Применение нейросетей в распознавании изображений. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/74326> (Дата обращения 1.05.2016).