

УДК 519.62



Д. О. Володін, І. В. Афанасьєва

Програмна інженерія, ХНУРЕ, м. Харків, Україна, volodindmitriy121@gmail.com

Програмна інженерія, ХНУРЕ, м. Харків, Україна, iryna.afanasieva@nure.ua

АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ РЕЄСТРАЦІЙНИХ НОМЕРІВ

Проведено аналіз існуючих методів сегментації зображень. Було розроблено модифікований алгоритм, який сегментує зображення реєстраційних номерів автомобіля. Запропонована модифікація призначена для сегментації нетекстурованих або слабо текстурованих зображень. Мета – виділення об'єктів (в тому числі декількох) на зображенні і видалення фону.

Для аналізу методів обрано зображення, типові для поставленої задачі. Реєстраційні знаки автомобілів було розділено на 3 групи.

Результати машинних експериментів показали, що комбінація методів дає хороші результати як для одного, так і для декількох об'єктів, що мають навіть незначні відмінності від фону за яскравістю. У великих об'єктів, що складаються з декількох частин різної яскравості, вдалося виділити ключові частини.

Таким чином, досягнуто певну універсальність розробленого модифікованого алгоритму щодо різних типів зображень реєстраційного знаку автомобіля, що представлено порівнянням.

СЕГМЕНТАЦІЯ, ЗОБРАЖЕННЯ, РЕЄСТРАЦІЙ НОМЕР, РОЗПІЗНАВАННЯ, АЛГОРИТМ, МЕТОД, АНАЛІЗ

Д.О. Володин, И.В. Афанасьева. Анализ методов сегментации изображений автомобильных регистрационных номеров. Проведен анализ существующих методов сегментации изображений. Был разработан модифицированный алгоритм, который сегментирует изображение регистрационного номера автомобиля. Предложенная модификация предназначена для сегментации нетекстурированных или слабо текстурированных изображений. Цель – выделение объектов (в том числе нескольких) на изображении и удаление фона.

Для анализа методов избраны изображения, типичные для поставленной задачи. Регистрационные знаки автомобилей были разделены на 3 группы.

Результаты машинных экспериментов показали, что комбинация методов дает хорошие результаты как для одного, так и нескольких объектов, имеющих даже незначительные отличия от фона по яркости. В крупных объектах, состоящих из нескольких частей различной яркости, удалось выделить ключевые части.

Таким образом, достигнута определенная универсальность разработанного модифицированного алгоритма по различным типам изображений регистрационного знака автомобиля, что представлено сравнением.

СЕГМЕНТАЦИЯ, ИЗОБРАЖЕНИЕ, РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР, РАСПОЗНАВАНИЕ, АЛГОРИТМ, МЕТОД, АНАЛИЗ

D.O. Volodin, I.V. Afanasieva. Analysis of images segmentation methods for car registration numbers. The analysis of existing methods of image segmentation was held. A modified algorithm was developed, which segments the images of the car registration number.

The proposed modification is intended for segmentation of non-textured or poorly textured images. Purpose – to select objects (including several) in the image and delete the background.

For the analysis of methods selected images that are typical for the task. The registration marks of the cars were divided into 3 groups.

The results of machine experiments showed that the combination of methods gives good results for both one and also for several objects, which have even slight differences from the background on brightness. In large objects, which consist of several parts of different brightness, it was possible to identify the key parts.

Thus, a certain versatility of the developed modified algorithm has been achieved for different types of images of the registration mark of the car, which is represented by comparison.

SEGMENTATION, IMAGE, LICENCE PLATE, RECOGNITION, ALGORITHM, METHOD, ANALYSIS

Вступ

Розпізнавання об'єктів на зображеннях одна з галузей інформаційних технологій що найбільш інтенсивно розвивається. Необхідність в такому розпізнаванні виникає в самих різних галузях – від військової справи і систем безпеки домедичної діагностики та контролю дорожнього руху.

Метою роботи є дослідження існуючих методів і розробка модифікованого алгоритму розпіз-

навання символів, що забезпечують аналіз та обробку інформації на зображенні з метою ідентифікації реєстраційного знаку автомобіля.

Розпізнавання складається з трьох основних етапів: первинної обробки, сегментації та розпізнавання. Первинна обробка складається з бінарізації [1] вхідного зображення, що скорочує обсяг інформації для подальшого аналізу. Процес

бінарizaції – це перетворення кольорового (або в градаціях сірого) зображення в двокольорове чорно-біле. Після бінарizaції відбувається сегментація номерних знаків і розпізнавання окремих символів, що зображено на номерному знаку.

1. Загальна математична модель сегментації

Нехай $D(m \times n)$ – растр або область поля зору, на якому задано зображення $B(i, j)$; $D_k \subset D$ – область k -го об'єкта $k = 1, 2, \dots, s$; $D_\phi \subset D$ – область фону. Вважаємо $D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_s \cup D_\phi = D$, $D_i \cap D_j = \emptyset$, $i \neq j$.

Розглядаємо дискретне зображення $B(i, j)$, $i = 0, \dots, m$, $j = 0, \dots, n$. Зображення є сукупність зображень окремих об'єктів і фону.

Завдання сегментації зображень полягає в побудові предиката виду:

$$\varpi(i, j) = \begin{cases} k, & \text{якщо } (i, j) \in D_k \\ 0, & \text{якщо } (i, j) \in D_\phi \end{cases}$$

На змістовному рівні це означає, що кожна точка (i, j) ОД зображення $B(i, j)$ отримує смислову мітку з номером $p(i, j)$. Строго кажучи, в ідеалі точки з одною міткою утворюють область одного окремого об'єкта, міткою 0 розмічається область фону. Математична модель передбачає розмітку неперервних об'єктів або видимих їх частин при закритті одного об'єкта іншим. В результаті декомпозиція загальної задачі перетворюється на підзадачі: сегментація, розпізнавання, поліпшення (фільтрація, усунення шумів, підкреслення границь та ін.). При такій постановці, інтерпретація і розуміння частково заслонених об'єктів відносяться вже до області розпізнавання, а не до сегментації.

2. Класифікація

Процес кластеризації зображень – пошуку в них однорідних областей, називається сегментацією. Вона вважається другим етапом аналізу зображень, це – базова процедура практично у всіх завданнях обробки зображень за допомогою систем комп'ютерного зору.

Сегментація включає в себе елементи фільтрації шумів і виділення зображень. Класифікація методів сегментації описується в різних роботах [2, 3], присвячених даному питанню. Часто їх підрозділяють на ті, які виділяють області однорідної яскравості або кольору, і ті, які визначають однорідності інших властивостей, найчастіше текстури. Інший важливий критерій, за яким можна класифікувати методи сегментації, – це характеристики областей. Вони, в одному випадку, можуть бути задані заздалегідь (наприклад, бібліотека еталонів, текстур), а в іншому – їх необхідно отримати в процесі сегментації.

Для сегментації зображень було розроблено кілька універсальних алгоритмів і методів.

Оскільки спільного рішення для задачі сегментації зображень не існує, часто ці методи доводиться поєднувати зі знаннями в предметній області, щоб ефективно вирішувати певну задачу в її предметній галузі.

Основні методи сегментації, порівняння яких розглядається в даній роботі, наведено на рис. 1.

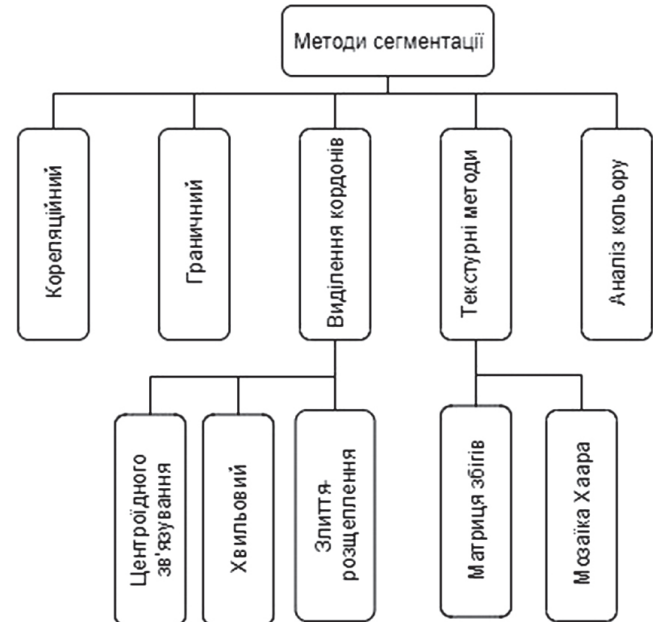


Рис. 1. Класифікація методів сегментації

Кореляційні методи застосовуються в разі, якщо відомі зразки об'єктів. Вони ефективні в системах прикладного телебачення і відносяться більше до галузі розпізнавання зображень [4]. Порогові методи застосовуються при існуванні стабільних відмінностей в яскравості окремих областей. Методи нарощування кордонів ефективні при наявності стійкої зв'язності всередині окремих сегментів. Метод виділення кордонів слід використовувати, якщо межі досить чіткі і стабільні. Для опису та сегментації властивостей зображень (однорідності, регулярності) використовують текстурні методи, які умовно поділяються на дві категорії: статистичні та структурні. Прикладом статистичного підходу є використання матриць збігів, що формуються шляхом вихідних зображень; структурного – мозаїка Хаара. Методи, засновані на аналізі кольору, по своїй суті є комбінованими.

3. Методи аналізу різниці яскравостей

3.1. Граничний метод

Припустимо задано зображення $B(i, j)$, $s = 1$ (один об'єкт), яскравість точок знаходиться в межах $[T_1, T_2]$, а яскравість точок фону не входять. Якщо $B(i, j) \in [T_1, T_2]$, то точку (i, j) вважаємо належною до області об'єкта, в іншому випадку – області фону. У разі $s > 1$ повинні бути відомі відрізки $[T_1^k, T_2^k]$, в межах яких знаходяться яскравості

k -х об'єктів. Ці відрізки не повинні перетинатися. Розмітка точок здійснюється за допомогою відображення.

Проблемною частиною цього методу є визначення порогових величин. Для цього проводиться аналіз гістограм яскравостей. У випадку з одним об'єктом ($s = 1$) на гістограмі має бути два максимуми та поріг обирається між цими двома максимумами.

3.2. Виділення кордонів

При такому способі сегментації об'єкти представляються їх межами. Граничними прийнято вважати точки різкого перепаду функції яскравості. Для знаходження граничних точок використовується чисельне диференціювання [5]. Найпоширенішим є градієнтний метод, відомий також як метод контрастування або просторового диференціювання [6]. Застосовуючи маску (фільтр) до зображення, отримують так зване зображення градієнтів. Воно відрізняється від вихідного підкресленими перепадами яскравості. Точка (i, j) належить контуру, якщо яскравість зображення градієнтів перевищує певний поріг, який може визначатися за гістограмами.

3.3. Аналіз кольору

Сегментація шляхом аналізу кольору заснована по суті на його впізнаванні. Ознаками служать, наприклад, три компоненти (координати) від функції випромінювання [7] в кожній точці (i, j) :

$$C_l = \int_{\lambda} B(\lambda) K_l(\lambda) d\lambda, \quad l = 1, 2, 3.$$

Спектральні кривічутливості $K_1(\lambda)$, $K_2(\lambda)$, $K_3(\lambda)$, можуть відповідати функціям трьох видів колбочок людського ока, однак на практиці використовуються багато інших систем кодування кольірних компонент, включаючи двох- і чотирьох-компонентні системи [8]. Сегментація може проводитися методами, викладеними в цій статті покомпонентно, а впізнавання — шляхом дешифрування значень координат кольору.

4. Методи нарощування кордонів

4.1. Центроїдного зв'язування

Для застосування цього методу необхідна апріорна інформація про об'єкти, а саме, одна або кілька стартових точок. Задаються стартові точки $a_1, \dots, a_k$, яким відповідно присвоюються мітки $\lambda_1, \dots, \lambda_k$. Точки, що мають мітку λ_i , утворюють безліч S_i . Після вибору стартових точок проводиться процес розмітки, в ході якого розглядаються всі точки A множин S_i . Якщо сусідня з A точка N така, що

$$|B(A) - B(N)| < T,$$

і не має мітки, то точці N присвоюється мітка λ_i . Після розбиття на області можливе проведення злиття областей, тобто присвоєння точкам з мітками

λ_x і λ_y єдиної мітки $\min(\lambda_x, \lambda_y)$. При довільному порядку розмітки метод найбільш придатний для простих зображень (з одним об'єктом). Для більш складних зображень застосовується так званий хвильовий спосіб перегляду точок.

4.2. Хвильовий метод

Після вибору стартових точок проводиться процес, що складається з ітерацій. На кожній з ітерацій розглядаються точки множин S_i , крім тих, що були включені в S_i на даній ітерації. Для точки (i, j) розглядаються її сусідні точки. Однією з них може бути присвоєна мітка λ_i , якщо виконується умова, що описана в попередньому пункті. Після того як аналіз виконано для всіх точок множин S_i , крім тих, що були додані на даній ітерації, проводиться аналіз точок з S_{i+1} . Точки множин S_i , додані на k -й ітерації, називаються фронтом $F_k(\lambda_i)$, з'єднання, що представлено формулою 1.

$$\bigcup_i F_k(\lambda_i), \quad (1)$$

називається хвилею.

4.3. Метод вододілів

Метод вододілів є модифікацією хвильового методу. Вводиться множина точок $S = \{i, j, B(i, j)\}$, що називається поверхнею. На поверхні вводиться поняття шляху від точки S_m до точки S_n . Шляхом називається послідовність $\{S_m, S_m + 1, \dots, S_n - 1, S_n\}$, де S_i є сусідньою до S_{i+1} . Незростаюча шляхом називається така послідовність $\{S_i\}$, що

$$\begin{aligned} & \forall S_m(i_m, j_m, B(i_m, j_m)), S_n(i_n, j_n, B(i_n, j_n)): \\ & : m \geq n \Leftrightarrow B(i_m, j_m) \leq B(i_n, j_n). \end{aligned}$$

Точка $s \in S$ називається локальним мінімумом, якщо не існує незростаючого шляху з початком в точці s . Після визначення локальних мінімумів переходять до так званого процесу заповнення басейнів. Знаходять яскравість $B = \min_{i,j} (B(i, j))$.

Проводять ітерації, на кожній з яких збільшують яскравість B на одиницю, поки не досягнуть максимального рівня яскравості. На кожній ітерації проводять розмітку точок з яскравістю B методом хвиль. В результаті отримуємо розбиття зображення на басейни. Іноді виділяють так звані точки вододілу, тобто точки, що мають сусідів, що належать двом або більше басейнам. Залежно від завдань яскравість B можна збільшувати не до максимального значення $B_{\max}$, а до будь-якого порогового значення.

4.4. Злиття-розщеплення

Метод полягає в розбитті зображення на квадрати. Потім проводиться аналіз однорідності квадратів, найчастіше аналізується однорідність яскравості. Якщо квадрат не задовольняє умові однорідності, то він замінюється чотирма

підквадратами. Якщо ж ділянка з чотирьох сусідніх квадратів виявляється такою, що для неї виконується умова однорідності, то ці чотири квадрати об'єднуються в один.

Результатом злиття-розщеплення може служити деяка структура з інформацією про квадрати, найчастіше — граф, а може бути і зображення, в якому всі пікселі всередині однорідної області мають однакову яскравість.

5. Текстурні методи

5.1. Матриці збігів

Цей метод входить до групи статистичних методів. Шляхом обчислення для кожної ділянки так званої матриці збіжностей він дозволяє визначити, чи містять ділянки зображення текстури одного класу.

Розглядається ділянка $N \times N$. Маємо множину яскравостей $\{B(i, j), i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, N\}$ з G градаціями сірого. Визначається вектор зміщення $d=(dx, dy)$. Вводиться матриця збігів $G \times G$, що відповідає числу випадків матриці P_d . Елемент (a, b) матриці P_d дорівнює числу випадків, коли від точки з яскравістю a на відстані, що визначається вектором d , знаходиться точка з яскравістю b . Формально слід представити (2):

$$P_d(a, b) = \sum p(a, b, (r, s) - (t, v)), r, s, \quad (2)$$

де $p(a, b, (r, s) - (t, v)) = 1$ або 0 ,

та де 1 , якщо $B(r, s) = a, B(t, v) = b$, а 0 , в іншому випадку, та $(t, v) = (r + dx, s + dy)$.

На основі матриці P_d можуть бути обчислені різні характеристики $\sum_a \sum_b P_d^2(a, b)$, (Енергія), $-\sum_a \sum_b P_d(a, b) \log P_d(a, b)$, (Ентропія).

5.2. Метод мозаїки Хаара

Сегментація з використанням цього методу складається з трьох кроків: побудови примітивів, складання мозаїки, аналізу елементів мозаїки. Найчастіше для отримання примітивів до зображення застосовують фільтри, як при виділенні меж. Потім обирають точки локальних максимумів, до яких застосовують метод нарощування, в результаті чого отримують компоненти з 8-ми зв'язаних елементів. Отримані таким чином компоненти або точки локальних максимумів визначають як примітиви. Далі будується мозаїчне розбиття Хаара для примітивів. Розглянемо побудову для випадку, коли примітиви є точками.

Припустимо дана множина S з трьох і більше примітивів та не всі точки лежать на одній прямій. Роздивимося пару точок P і Q . Побудуємо пряму — геометричне місце точок, рівновіддалених від P і Q .

Отримаємо дві півплощини H_Q^P і H_P^Q . Для будь-якої точки P можна провести таке розбиття з усіма

$Q \in S$. Перетин визначає багатокутник, всі крапки якого ближче до P , ніж до будь-якої іншої точки. Такий багатокутник називають багатокутником Хаара для даної точки. Розглядають безліч багатокутників, назване каскадом Хаара. Багатокутники із загальними властивостями об'єднують в області. Для обчислення властивостей часто використовують центр ваги і момент площі багатокутника. Момент площі $(p + q)$ -го порядку для багатокутника щодо примітиву з координатами (x, y) визначають так:

$$m_{pq} = \iint_R (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q dx dy,$$

де $(p + q) = 0, 1, 2, \dots$; $\bar{x}, \bar{y}$ — координати центру ваги багатокутника.

Часто використовуються ознаки:

$$f_1 = m_{00}; f_2 = \sqrt{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2}, f_3 = \arctg\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right)$$

6. Модифікований алгоритм

В результаті аналізу існуючих методів сегментації для поставленої задачі розпізнавання номерних знаків автомобіля, де символи потрібно відокремлювати від можливої тіні зверху чи знизу, шумів або інших пошкоджень номерного знаку, було вирішено розробити евристичний алгоритм сегментації на основі методу нарощування кордонів.

Запропонована модифікація призначена для сегментації нетекстурованих або слабкотекстурованих зображень. Мета — виділення об'єктів (в тому числі декількох) на зображенні і видалення фону. Виділяють об'єкти, що цілком потрапляють в межі зображення.

Процедури сегментації і розпізнавання працюють з бінарним зображенням, тобто тільки з чорними і білими пікселями. Тому перш ніж виконувати роботу з даними процедурами, потрібно вихідне кольорове зображення привести до бінарного виду. Це завдання вирішується в два етапи. На першому етапі кольорове зображення перетворюється в чорно-біле і представляється в градаціях сірого. Для кожного пікселя обчислюється його яскравість в межах від нуля до 255. Рівню яскравості 0 відповідає чорний колір, рівню 255 — білий.

Другим етапом є, власне, бінарізація. Результат бінарізації залежить від заздалегідь заданого параметра — співвідношення чорних пікселів і загальної їх кількості на зображенні.

Алгоритм бінарізації зображення складається з наступних кроків:

- створюємо одновимірний масив I з 256 елементів (від 0 до 255). Заповнити його нулями;
- проходимо піксель за пікселем усі зображення. Збільшити на одиницю значення в осередку масиву I , відповідної яскравості пікселя $i(I[i]++)$.

У підсумку, значення кожного осередку масиву $L[i]$ буде дорівнювати кількості пікселів яскравості рівня i на цілому зображенні;

— на цьому кроці визначається поріг яскравості a . Припустимо, N — загальна кількість пікселів (висота помножена на ширину), k — коефіцієнт, що визначає кількість чорних пікселів. Тоді kN дорівнюватиме бажаній кількості чорних пікселів на бінарному зображенні. Підсумовуємо значення осередків масиву, починаючи з нульової до тих пір, поки значення цієї суми не перевищуватиме kN . Індекс останньої суми осередку і буде порогом a ;

— повторно проходимо піксель за пікселем усі зображення. Порівнюємо рівень яскравості кожного пікселя з порогом a . Якщо цей рівень менше або дорівнює a , то піксель стає чорним, інакше — білим.

Отримавши бінарне зображення переходимо до етапу сегментації.

Сегментація складається з трьох етапів, кожен з яких описаний вище, як її самостійний метод. На першому етапі до зображення застосовується метод злиття-розщеплення. В результаті видаляються незначні неоднорідності. Наступний етап — виділення кордонів. При досліджуванні використовується оператор Лапласа [9] як найбільш універсальний і який рівномірно відображає перепади яскравостей в усіх напрямках. Виходить нове зображення, що складається з контурів. У програмному модулі, що також було розроблено, застосовується нормалізація яскравостей, щоб діапазон їх зміни був фіксованим. Третій етап — застосування до нового зображення розроблене доопрацювання для методу нарощування кордонів. В результаті виділяється фон і деяке число областей, не помічених як фон, які вважаємо виділеними об'єктами.

Сегментація проходить зліва направо. Відшукуємо точку, що підозріла на приналежність символу. Зображення сканується вертикальними смугами. Маючи на увазі ймовірність тіні, пропускаємо точки пов'язані з верхом і низом растра. Точка, яка не має такого зв'язку, передається алгоритму виділення символу.

Алгоритм пошуку точки, підозрілої на приналежність символу:

1. Початковою стає лівіша вертикальна лінія пікселів.

2. Починаючи від верхнього пікселя, знижуємося вниз, поки не зустрінемо білий піксель. Так ми отримуємо верхню межу області пошуку.

3. Починаючи від нижнього пікселя, піднімаємося вгору, поки не зустрінемо білий піксель. Так ми отримуємо нижню межу області пошуку.

4. У виділеній області пошуку шукаємо першу-ліпшу чорну крапку, якщо такої не знайдено, то

поточною стає наступна правіша лінія. Переходимо на крок 2.

5. Знайдена точка передається алгоритму виділення символу.

Від обраної точки будується чотиризв'язна область. Таким чином, виділяється символ. Накладаються обмеження на ширину області, з огляду на можливі зливання символів тінню і шумом.

Модифікований метод доопрацьований таким чином, що в ньому враховується ймовірність появи тіні на номерному знаку зверху чи знизу.

Рекурсивний алгоритм виділення символу складається з таких кроків:

1. Точка позначається належною символу.

2. Якщо верхня сусідня точка є чорною, то переходимо на крок 1.

3. Якщо нижня сусідня точка є чорною, то переходимо на крок 1.

4. Визначаємо можливість розгляду сусідніх точок зліва і справа. Для цього досліджується вертикальна лінія пікселів, в якій знаходиться поточна точка.

а) Якщо верхній піксель є білим, то переходимо на крок 5.

б) Знижуємося вниз по лінії, поки не зустрінемо білу точку, якщо такої не знайдено, переходимо на крок 5.

в) Продовжуємо рух вниз, поки не зустрінемо чорну точку, якщо такої не знайдено, то переходимо на крок 5.

г) Якщо нижній піксель є білим, то переходимо на крок 5.

д) Піднімаємося вгору по лінії, поки не зустрінемо білу точку, якщо такої не знайдено, то переходимо на крок 5.

е) Продовжуємо рух вгору, поки не зустрінемо чорну точку, якщо такої не знайдено, то переходимо на крок 5.

є) Якщо ліва сусідня точка є чорною, то переходимо на крок 1.

ж) Якщо права сусідня точка є чорною, то переходимо на крок 1.

5. Вихід з рекурсії.

Кроки 4.а-4.ж є доопрацюванням, і несуть в собі наступний сенс. Бічні сусідні точки розглядаються тільки в тому випадку, якщо лінія, в якій знаходиться поточна точка, складається більш ніж з двох відрізків різного кольору. У переважній більшості випадків інша структура лінії вказує на те, що чорні точки належать тіні, і розглядати їх немає сенсу.

На виході отримуємо обрамлення символу. Наступна підозріла точка шукається від правої межі раніше виділеного символу. У підсумку отримуємо набір обрамлень, не всі з яких виділяють символ. Дрібні обрамлення видаляються.

7. Результати машинних експериментів

Оцінювати методи з точки зору їх застосування в системах комп'ютерного зору можна за якістю приглушення фону, тіней та шуму і виділення об'єктів у вигляді зв'язних областей символів на номері автомобілю. Оскільки у поставленій задачі об'єктом розпізнавання є номерний знак автомобіля, то основними кроками сегментації є:

- знаходження автомобіля;
- знаходження плити реєстраційного номеру автомобіля;
- виділення символів номерного знаку.

У даній задачі поняттям «об'єкт» є номерний знак, тому використаємо інформацію з ГОСТу [10] для формалізації і можливості вимагати найточніше виділення символів номерного знаку без виділення тіней, шумів або інших пошкоджень. Отже, вимогу до завдання можна спростити: повинні бути виділені принаймні ключові частини об'єкта, необхідні для розпізнавання його окремих символів.

Для аналізу методів обрано зображення, типові для поставленої задачі. Номери були розділені на 3 групи: нормальні — номери, де нахил менше 30 градусів чітко видно цифри і букви; під кутом — номери, де кут нахилу більше 30 градусів і з сильним спотворенням; з дефектом — розфокусовані, змащені, брудні, з низьким дозволом.

Результати обробки зображень кожним з описаних методів наведені в таблиці.

Таблиця

Ефективність алгоритмів сегментації

Алгоритм	Тип розпізнавання знаків автомобілів		
	Нормальний (кут < 30)	Під нахилом (кут > 30)	З дефектом
	Точність/помилка		
Граничний метод	0,85 / 0,2	0,69 / 0,38	0,78 / 0,27
Нарощування кордонів	0,89 / 0,42	0,73 / 0,4	0,75 / 0,43
Аналіз кольору	0,83 / 0,4	0,72 / 0,38	0,71 / 0,43
Центроїдного зв'язування	0,85 / 0,33	0,66 / 0,45	0,74 / 0,48
Хвильовий метод	0,88 / 0,27	0,76 / 0,35	0,8 / 0,38
Метод вододілів	0,9 / 0,26	0,82 / 0,36	0,79 / 0,35
Злиття — розщеплення	0,83 / 0,38	0,79 / 0,41	0,78 / 0,41
Матриці збігів	0,85 / 0,29	0,70 / 0,57	0,77 / 0,37
Метод мозаїки Хаара	0,87 / 0,38	0,77 / 0,43	0,81 / 0,32
Модифікований алгоритм	0,93 / 0,24	0,87 / 0,32	0,86 / 0,27

Де із використанням модифікованого алгоритму отримано найкращі результати за запропонованими типами розпізнавання.

8. Висновки

Аналіз відомих методів сегментації з точки зору практичного застосування дозволив виявити їх основні характеристики і на основі розглянутих методів запропонувати комбінований алгоритм, найбільш ефективно виконує сегментацію з точки зору систем комп'ютерного зору. Алгоритм автоматично виділяє об'єкти або, для складних об'єктів, їх ключові частини.

Експериментальна перевірка показала, що комбінація методів дає хороші результати як для одного, так і для декількох об'єктів, що мають навіть незначні відмінності від фону по яскравості. У великих об'єктів, що складаються з декількох частин різної яскравості, вдалося виділити ключові частини. Таким чином, досягнута певна універсальність розробленого модифікованого алгоритму щодо різних типів зображень реєстраційного знаку автомобіля.

Список літератури

- [5] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. — М.: Техносфера, — 2005. — 1072 с.
- [6] Niblack W. An introduction to digital image processing. — Prentice Hall, Englewood Cliffs. — 1986. — 231 p
- [7] Navon E. et al. Color image segmentation based on adaptive local thresholds // Image and Vision Computing. — 2012. — № 23. — P. 69–85.
- [8] Ciresan D., Meier U., Schmidhuber J. Multi-column deep neural networks for image classification // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — IEEE Conference on. — 2012. — P. 3642–3649.
- [9] Фихтенгольц Г. Курс дифференциального и интегрального исчисления. — Т.3. — М.: Наука. — 1969. — 2064 p.
- [10] LeCun Y. et al. Learning algorithms for classification: A comparison on handwritten digit recognition. // Neural networks: the statistical mechanics perspective. — 1995. — Т. 261. — P. 276.
- [11] Кей С., Марпл С. Современные методы спектрального анализа // ТИИЭР. — 1981. — Т. 69. — № 11. — С. 5–51.
- [12] Rogers D. Algorithmic bases of computer graphics. — М. Mir. — 1989. — 288 p.
- [13] Helgason S. Differential Geometry and Symmetric Spaces — М.: Mir 1964 — 534p.
- [14] Душник В., Макаренко Є., Савченко І. Державний Стандарт України ДСТУ 4278:2006 Дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів. Загальні вимоги. Правила застосування. — 2007. — 34 p.

Надійшла до редколегії 25.04.2019