

## Література

1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://infotel.ua/ua/IT-bezopasnost-i-zacshita-informatsii-1/>
2. Копылов В. В. Информационное право : учебник / В. В. Копылов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юристъ, 2010. – 132 с.
3. Новосад О. Інформаційне забезпечення управлінської діяльності у митних органах / О. Новосад // Митниця. – 2011. – № 1. – 97 с.

## РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Стецюк В. І.*

*Хмельницький національний університет, e-mail: sv\_rt@i.ua*

Сучасний розвиток систем відеоспостереження, відеореєстрації, різноманітних програмних та апаратних засобів дозволяє вирішувати найскладніші задачі. Однак, незважаючи на зовнішню простоту поставленої задачі, розпізнавання номерних знаків транспортних засобів – потребує комплексного науково-технічного підходу.

Процедура ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ) містить наступні етапи: фото (відео) фіксація, цифрова фільтрація, сегментація, бінаризація, детектування номерного знака, статистичний аналіз, ідентифікація. В рамках процесу детектування, слід виділити один із найпростіших але досить дієвий спосіб – порівняння з шаблоном, тобто відповідність окремих частин аналізованого зображення і побудованого шаблону номерного знака [2]. Далі область, що має найбільшу схожість із шаблоном, сегментується. Очевидно, що шаблон повинен максимально відображати всі характерні ознаки, властиві області номерного знака на зображенні. Після того, як шаблон побудований, необхідно визначити спосіб знаходження ступеню кореляції виділеної області зображення і шаблону. Найбільш часто з цією метою застосовується перехресна кореляція, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням:

$$\begin{aligned} d^2(u, v) &= \sum_x \sum_y [I(x, y) - T(x - u, y - v)]^2 \\ &= \sum_x \sum_y [I^2(x, y) - 2I(x, y)T(x - u, y - v) + T^2(x - u, y - v)] \end{aligned} \quad (1)$$

де  $I(x, y)$  – інтенсивність зображення в точці  $(x, y)$ ;  $T(u, v)$  – побудований шаблон.

Ступінь відповідності зображення і шаблону визначають величиною:

$$c(u, v) = \sum_x \sum_y I(x, y) T(x - u, y - v) \quad (2)$$

або нормована перехресна кореляція:

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}] [T(x - u, y - v) - \bar{T}]}{\sqrt{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}]^2 \sum_x \sum_y [T(x - u, y - v) - \bar{T}]^2}} \quad (3)$$

Цей вираз не приводить до помилкового виділення яскравих областей, так як містить нормуючий множник з суми квадратів відхилень від середніх значень шаблону. Тим самим міра подібності стає незалежною від розміру шаблону. До переваг методу порівняння з шаблоном відносяться простота обчислення міри схожості, крім якої не потрібно знаходження будь-яких інших величин. Недоліками цього методу є великий об'єм необхідних обчислень та не інваріантність до обертання, масштабування і перспективних спотворень.

Серед методів детектування слід відмітити також обчислення проєкцій зображення, в основі якого лежить припущення про те, що величина інтенсивності цифр і букв на ньому сильно відрізняється від загального фону [2]. Процедура детектування області номерного знака проводиться в три стадії: пошук всіх границь об'єктів на зображенні з застосуванням градієнтних операторів; проєктування модифікованих зображень на горизонтальну і вертикальну осі; визначення границь номерного НЗ шляхом аналізу горизонтальних і вертикальних проєкцій, отриманих на попередній стадії.

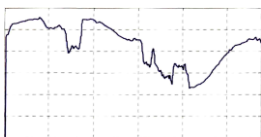
Для знаходження на зображенні країв об'єктів можуть застосовуватися різні градієнтні маски, найбільш відомими з яких є двовимірні маски Превітт, Собеля і Робертса [1, 2].

На наступному кроці проводиться обчислення проєкцій зображення на горизонтальну і вертикальну осі:

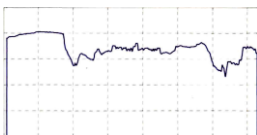
$$p_y \left( y = \sum_{i=0}^{w-1} I(i, y) \right), \quad p_x(x) = \sum_{j=0}^{h-1} I(x, j). \quad (4)$$

Таким чином, обчисливши проєкцію зображення на вертикальну вісь після застосування маски Превітт, за формулами (4), з'ясується що в значення отриманої функції проєкції в кожній точці роблять внесок тільки вертикальні границі, що проходять через дану точку. Аналіз функції дозволить визначити верхню і нижню границі номерного знака ТЗ. Проводячи аналогічні перетворення для отримання го-

ризонтальної проєкції, обчислюються координати правої і лівої границь знака.



**Рис. 1.** Зображення і його проєкції на горизонтальну та вертикальну осі відповідно



**Рис. 2.** Сегментація номерного знака методом проєкцій

Таким чином, метод проєкцій є досить простим в реалізації і має більшу швидкодію. Однак, йому притаманний ряд істотних недоліків. Наприклад, для остаточного прийняття рішення про коректності виділення необхідної області зазвичай використовуються додаткові апріорні відомості про номерний знак (відношення сторін НЗТЗ, орієнтація, розміри). Крім того даний метод не дозволяє провести відмінність між областями кількох номерних знаків, якщо вони є на зображенні або, наприклад, грати радіатора в деяких типах транспортних засобів. У цих випадках навіть використання додаткових даних не дозволяє істотно підвищити розрізнявальну здатність та вибірковість виділення номерного знака.

Наступною надзвичайно важливою процедурою ідентифікації є сегментація символів номерного знака. Для цього найбільш часто використовується побудова горизонтальної проєкції попередньо бінаризованого зображення (див. рис. 2).

Дані методи вимагають досить малого часу обчислення. Однак зміна положення камери відносно транспортного засобу призводить до перспективних спотворень зображення, чий вертикальна і горизонтальна осі вже не будуть паралельні осям номерного знака. Внаслідок цього у випадках нахилу номера автомобіля проєкційні методи призводять до значних помилок. Альтернативою таким методам може служити метод пошуку ліній поділу, оснований на мінімізації вартісної функції зображення. Він дозволяє проводити сегментацію цифрового зображення відносно його змісту. В основі алгоритму лежить використання вартісної функції – деякої умовної величини, що характеризує важливість даного пікселя в поточному зображенні. Розділові лінії між символами проводяться за тими пікселями, які найменш важливі в цьому зображенні.

Таким чином, сегментація об'єктів на зображенні повинна проводитися з урахуванням їх інформаційної складової. Обчислення енергетичної функції для кожного пікселя зображення:

$$e^{(2)} = a \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + b \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right|. \quad (5)$$

При її обчисленні найбільш значущими елементами на зображенні є структура і контур об'єктів. Необхідно вирішити задачу розділення символів, враховуючи енергетичну функцію. Можливі кілька підходів до вирішення цього завдання, наприклад, можна задати умову максимального збереження енергії і проводити поділ за пікселями з найменшою енергією. Такий підхід руйнує структуру замкнених об'єктів і сильно деформує символи. Щоб запобігти псуванню зображення, потрібно дотримання умови зв'язків між пікселями, за якими буде проводитися поділ на сегменти. Фактично на модифікованому зображенні тепер присутні лінії, уздовж яких зміна енергії в межах певних зв'язків сукупності пікселів мінімальна. Маючи вартісну функцію  $e(I)$ , обчислюємо вартість всіх таких шляхів:

$$E(s) = E(I_s) = \sum_{i=1}^n e(I(s_i)). \quad (6)$$

Вибираються шляхи з мінімальною вартістю, які будуть лініями розділу між символами:

$$s^* = \min_s E(s) = \min_s \sum_{i=1}^n e(I(s_i)). \quad (7)$$

Формування лінії поділу символів відбувається ітеративно. Ілюстрація роботи алгоритму приведена на рис. 3.



**Рис. 3. Сформовані лінії шва між символами**

При детектуванні символів номерного знака розділення сегментів між собою є необхідною, але недостатньою умовою для успішної класифікації символів. Необхідно додатково автоматично обрізати кожен сегмент, зберігаючи тільки інформаційний символ.

Важливим етапом пост обробки зображення є бінаризація – процес перетворення початкового зображення в зображення, яскравість пікселів якого може приймати тільки два значення – чорний і

білий або 0 і 1. Залежно від виду зображення і поставленої задачі застосовуються різні методи бінаризації [2]: Бернсена, Ейквеля, Ніблека, Яновиця і Брукштейна, Бредлі; Отсу. Проаналізувавши всі зазначені методи, візьмемо за основу метод Отсу (*Otsu Nobuyuki*), адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. В першому наближенні описати даний метод можна як процедуру «порогової» обробки, тобто розбиття зображення на дві області, одна з яких містить всі пікселі зі значенням нижче деякого порогу, а інша містить всі пікселі зі значенням вище встановленого порогу. При бінаризації зображення яскравість кожного пікселя порівнюється з пороговим значенням яскравості та якщо значення яскравості пікселя вище значення яскравості порогу, то на бінарному зображенні відповідний піксель буде «білим», в іншому випадку – «чорним». Таким чином, алгоритм дозволяє розділити пікселі на «корисні» і «фонові», розраховуючи такий поріг, щоб дисперсія всередині кожної групи була мінімальною. На рис. 4 наведено приклад застосування порогової бінаризації за даним методом.



Рис. 4. Порогова бінаризація НЗТЗ

При використанні алгоритмів автоматичного визначення порогу бінаризації зазвичай робляться деякі припущення щодо форми розподілу значень яскравості пікселів зображення. Тому такі алгоритми добре працюють на зображеннях, які відповідають прийнятним припущенням. У представленому вище алгоритмі, основаному на методі Отсу, розподіл значень яскравості вважається бімодальним. Якщо зображення приблизно задовольняє цьому обмеженню, то алгоритм дасть хороші результати. Якщо ж гістограма зображення далека від бімодальної (спостерігаються більше двох мод – унімодальність), то результати можуть виявитися практично марними. Вирішити цю проблему дозволяє модифікація алгоритму із врахуванням областей локальної бінаризації шляхом підрахунку порогу для кожного пікселя окремо на основі інформації про інтенсивність пікселів, що знаходяться в деякій його локальній околиці. В даному випадку обчислення порогу бінаризації починається з розбиття вихідного напівтонового зображення на блоки певного розміру, в рамках яких буде збиратися інформація про інтенсивність зображення. Розмір такого локального блоку повинен бути мінімальним, але достатнім, щоб зберегти локальні особливості та деталі зображення. З іншого боку, блок повинен бути досить великим, щоб знизити вплив шуму на результат.

Для вирішення підзадачі виділення номерного знака на цифровому зображенні в рамках даної роботи застосовується метод, оснований на знаходженні ключових особливостей, які має номерний знак, а саме її геометрії (кутів). Для цього застосовується кутовий детектор Харріса [1]. Модифікований алгоритм Харріса перевіряє кожен піксель на цифровому зображенні, щоб визначити, чи є він вершиною кута, розглядаючи деяку локальну околиця даного пікселя. В рамках цієї околиці підраховується статистика градієнта інтенсивності зображення, на основі якої згодом приймається рішення про те, чи є в даній точці локальна особливість чи ні. Якщо розглянутий піксель знаходиться в області з рівномірною інтенсивністю, то зміна інтенсивності зображення від однієї ділянки зображення до іншого буде незначною. Результатом роботи алгоритму є карта кутових особливостей зображення. Далі ця карта піддається бінаризації, після чого відбувається вилучення областей зв'язків, виявлених на попередній стадії. Одна з даних областей і буде відповідати номерному знаку.

Вибір конкретної ділянки області ідентифікації та її границь відбувається за допомогою детектора Кенні. Здійснюється формування градієнтних областей там, де градієнт набуває найбільшого значення. Вони можуть мати різні напрями, тому алгоритм Кенні використовує 4 фільтри для визначення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмитому зображенні.



**Рис. 5. Захоплене зображення та процедура обробки:**  
**а) оригінальне зображення з явно вираженою пікселізацією;**  
**б) просторова фільтрація Гауса;**  
**в) виділення країв за допомогою детектора Кенні**

Для задачі виділення країв області ідентифікації, окрім застосування алгоритму Кенні, також використовується перетворення Хафа [17]. Це перетворення застосовується для параметричної ідентифікації геометричних елементів растрового зображення і являється потужним глобальним методом виявлення прямих ліній та простих геометричних фігур – горизонтальних і/або вертикальних країв. Після виявлення границь зображення, що відповідає місцю розташування номерного знака відбувається виділення і розпізнавання символів: **AA 0729 KC**.

Матеріали дослідження дозволяють побудувати власну систему ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (рис. 7).

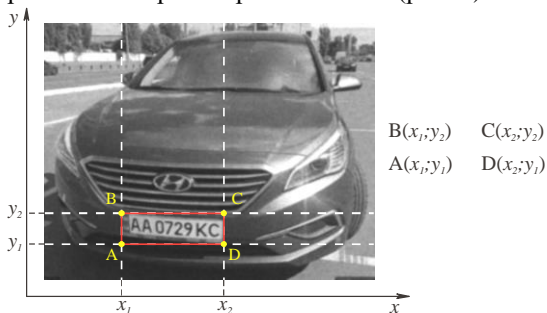


Рис. 6. Виявлення границь номерного знака транспортного засобу

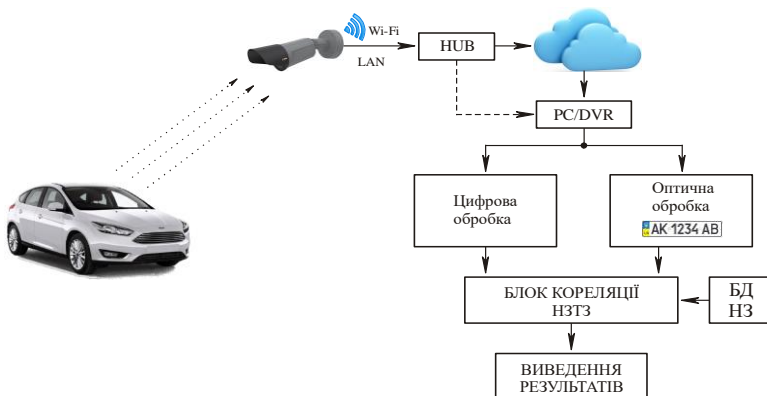


Рис. 7. Розроблена систему ідентифікації номерних знаків ТЗ

Ідентифікований номер порівнюється із базою даних та виводиться на пристрій візуалізації. Залежно від виконуваних задач системи ідентифікації, приймається рішення про формування сигналу тривоги, звукових або голосових команд, сигналу керування виконавчими пристроями (автоматичні ворота, шлагбауми) тощо.

### Література

1. Pratt W. K. Digital Image Processing / W. K. Pratt // – New York; Brisbane : John Wiley and Sons Inc., 2001. – 723 p.
2. Saqib Rasheed. Automated Number Plate Recognition Using Hough Lines and Template Matching / Saqib Rasheed, Asad Naeem, Omer Ishaq // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Vol I WCECS 2012, October 24–26, 2012, San Francisco, USA.