

ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 621.38

Баран В.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Савченко Ю.Г.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Трапезон К.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ КОНТУРІВ ЗАДАНОГО ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ IMAQ VISION

У середовищі електронного моделювання Labview розроблено покроковий програмний алгоритм для виділення контурів об'єкта (наприклад, автомобіля) на отриманому зображенні задля зчитування особливої символічної інформації (номерного знака) на сцені спостереження. Запропоновано методи сегментації та фільтрації зображення, які здатні обробляти інформацію в режимі реального часу за наявності шумів і спотворень зображення. Розроблений алгоритм може бути використаний у реальних системах відеоспостереження, де необхідна автоматична фіксація об'єктів спостереження за невеликої собівартості системи. Визначено, що в задачах розпізнавання образів для класифікації та селекції виділених ділянок доцільно використовувати інтегральні геометричні ознаки. Обґрунтовано, що найпростіша система оптичного розпізнавання складається з 4 блоків, основним із яких визначено блок розпізнавання символів.

Ключові слова: зображення, система, об'єкт, алгоритм, спостереження, схема.

Постановка проблеми. Цифрове оброблення та комп'ютерний аналіз зображень застосовуються в різних галузях науки й техніки, де використання відповідних систем широко задіяне в інтелектуальних робототехнічних комплексах, у системах промислового контролю, системах відеоспостереження та ідентифікації даних, у системах охоронної безпеки й системах управління рухомими апаратами. У всіх зазначених випадках саме від алгоритму розпізнавання елементів зображень залежить точність отриманих даних оброблення. «Машинний зір» (Machine vision) як поняття, найбільш повно охоплює коло інженерних технологій, методів та алгоритмів, пов'язаних із завданням інтерпретації сцени спостереження

за її двовимірними проекціями (зображеннями), а також як практичне використання результатів цієї інтерпретації. Можна стверджувати, що вирішення автоматичного виділення складних об'єктів відкриває перед системами «машинного зору» велике коло потенційних галузей застосування, таких як промислова інспекція та контроль якості, робототехніка, навігація і транспортування, медицина й біомеханіка, інженерна праця, автоматизація проектування й безліч інших. До того ж засоби машинного зору настільки сьогодні стали ефективними, що можливості, отримані в цій галузі, досягли такого рівня, що вони вже багато в чому наближаються до «технічних характеристик» людини. Роздільна здатність багатьох

сенсорів для отримання відеоінформації практично відповідає числу елементів сітківки ока людини, а можливості обчислювальних засобів і спеціальних процесорів близькі до характеристик «обчислювальних потужностей», використовуваних для оброблення зображень у мозку. Однак єдиного математичного формалізму та єдиної загально визнаної методики розроблення алгоритмів у галузі машинного зору наразі не існує.

Основні цільові технологічні завдання алгоритму можуть бути сформульовані так: виявлення об'єктів і змін у сцені спостереження; високоточні вимірювання елементів сцени; стеження за об'єктами; самоорієнтація й самопозиціонування; реконструкція поверхонь і виявлення тривимірних структур; опис сцени й ідентифікація об'єктів; організація зорового зворотного зв'язку під час роботи керованих пристроїв, маніпуляторів або мобільних роботів у мінливому середовищі.

Виконання всіх цих операцій пов'язано з безпосереднім використанням обчислювальної техніки. Причому у зв'язку з тим що нині найбільшого поширення набули персональні комп'ютери, саме вони є основою для робочого місця розробника алгоритмічного забезпечення навіть у тих випадках, коли остаточна програмна реалізація алгоритмів передбачена на базі інших обчислювальних пристроїв.

Розроблення систем аналізу й оброблення цифрових зображень з метою точного розпізнавання об'єктів на них обов'язково має містити такі етапи [1]: попереднє дослідження властивостей типових зображень; аналіз можливості застосування відомих методів оброблення зображень у цьому конкретному технічному завданні; розроблення нових алгоритмів; первинна програмна реалізація нових алгоритмів і всебічна та коректна перевірка їх ефективності; остаточна програмна реалізація алгоритмів. Серед наявних програмних засобів одним із найкращих є середовище візуального програмування LabVIEW із бібліотекою компонент оброблення та аналізу зображень IMAQ Vision фірми National Instruments (США).

Українськими є на сьогоднішній день технічні рішення, які зможуть оптимізувати процеси виявлення об'єктів на сцені, в реальному часі здійснювати оброблення отриманого зображення з урахуванням вартісних показників таких систем.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження найбільш ефективних методів і способів оброблення зображення за допомогою математичного середовища IMAQ Vision фірми National Instruments для створення оптимального алго-

ритму оброблення та виявлення об'єктів і їх основних недоліків під час аналізу, фільтрації, сегментації. Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості впровадження алгоритмів, наприклад, в аналогічні системи відеоспостереження, що, по-перше, значно прискорить процес оброблення зображення, по-друге, повністю автоматизує виявлення та фіксацію об'єктів спостереження.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В основі багатьох складних процедур аналізу зображення лежить виділення зв'язкових ділянок або зв'язкових контурів, що виконується на першому етапі аналізу зображення. Зв'язкова ділянка зображення – це, з одного боку, тип об'єкта, все ще дуже близько пов'язаний із растровим зображенням (зв'язкова ділянка може бути представлена не тільки векторним списком, а й відповідною бінарною растровою «маскою»), водночас це вже якась самостійна семантична одиниця, що дає змогу вести подальший геометричний, логічний, топологічний і будь-який інший аналіз зображення [2].

Поняття «сусідства» і «зв'язності» тісно пов'язані з природною топологією й геометрією дискретного цифрового зображення.

Кожен піксель зображення з координатами (x, y) має вісім сусідів, складників прямокутної околиці 3×3 (таблиця 1).

Таблиця 1

$[x-1, y-1]$	$[x, y-1]$	$[x+1, y-1]$
$[x-1, y]$	$[x, y]$	$[x+1, y]$
$[x-1, y+1]$	$[x, y+1]$	$[x+1, y+1]$

При цьому чотири пікселя (сусіди по горизонталі й вертикалі) є більш близькими і знаходяться від центрального пікселя околиці на відстані 1. Ще чотири пікселя (сусіди по діагоналі) є менш близькими сусідами і знаходяться від центрального пікселя околиці на відстані $\sqrt{2}$. Відповідно, в обробленні зображень розглядаються два види сусідства та два відповідних їм виду зв'язності: сусідство «по хресту» і 4-зв'язність; сусідство «по квадрату» і 8-зв'язність.

Найчастіше використовується відношення 8-зв'язності, при якому вважається, що на прямокутній ділянці кожна точка зображення має вісім сусідів [3].

Зв'язковою ділянкою зображення вважається така його ділянка, в якій всі точки ділянки мають однакове значення (яскравості або іншої ознаки); між будь-якими двома точками, що належать цій ділянці, існує безперервний шлях, що складається

з точок, які також належать цій ділянці та є при цьому «сусідами» в сенсі заданого відношення сусідства (8- або 4-зв'язності). У разі аналізу бінарного зображення перша умова означає, що розглядаються окремі зв'язкові ділянки, з яких складається «об'єкт» або фон».

Метою сегментації зображення в «широкому сенсі» є розбиття зображення на семантичні ділянки, які мають сувору кореляцію з об'єктами або ділянками спостережуваної тривимірної сцени [3]. У більш вузькому сенсі під сегментацією півтонових зображень розуміють завдання розбиття площини кадру на ряд зв'язкових ділянок, що не перетинаються, кожна з яких має деяку внутрішню однорідність того чи іншого виду (однорідність яскравості пікселів).

Нехай уся ділянка кадру позначається як R . Тоді сегментацією зображення називається процес розбиття R на таку сукупність зв'язкових ділянок $\{R_{ij}\}$, $i = 1..n$, що для них виконуються такі основні умови:

$$\begin{aligned} \text{а) } R &= \bigcup R_i, i = 1..n, \\ \text{б) } R_i \cap R_j &= \emptyset, \forall i \neq j, \\ \text{в) } \text{Pred}(R_i) &= \text{TRUE}, i = 1..n, \\ \text{г) } \text{Pred}(R_i \cup R_j) &= \text{FALSE}, \forall i \neq j. \end{aligned} \quad (1)$$

де $\text{Pred}(R)$ – булевський предикат однорідності ділянки в деякому заданому сенсі.

Перша умова цього виразу стверджує, що ділянки розбиття цілком покривають кадр зображення. Друга умова описує той факт, що ділянки розбиття попарно не перетинаються. Третя умова вимагає, щоб кожна ділянка розбиття була однорідною ділянкою зображення в заданому сенсі. Нарешті, четверта умова вимагає, щоб попарне об'єднання будь-яких двох ділянок цього розбиття не задовольняло умову однорідності.

У завданнях розпізнавання образів для класифікації та селекції виділених ділянок часто використовуються інтегральні геометричні ознаки [4]. Зазвичай ці ознаки задаються евристично й характеризують форму образу. До них належать такі основні евристики: площа образу; положення центра мас образу; положення центра мас образу, що розглядається як бінарний; периметр образу; відношення квадрата периметра до площі образу; формат; компактність; периметр і площа описаного прямокутника мінімальної площі; відношення площі описаного прямокутника до площі образу; відношення квадрата периметра описаного прямокутника до площі; формат описаного прямокутника; відносні довжина й ширина

образу. Наприклад, площа S вважається як число ненульових елементів образу.

Координати центра ваги образу розраховуються через статичні моменти:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\int_{\Omega} B(x, y) x dx}{\iint_{\Omega} B(x, y) dx dy} \\ y_c &= \frac{\int_{\Omega} B(x, y) y dy}{\iint_{\Omega} B(x, y) dx dy}, \end{aligned} \quad (2)$$

У термінах IMAQ Vision зв'язкова ділянка називається «часткою» (particle). Операція типу Threshold здійснює бінаризацію вхідного зображення, виходячи із заданих значень мінімального й максимального порогів. Після цього значення пікселів стають рівними 0 – «фон» або 1 – «об'єкт». Далі будь-який піксель або група прилеглих один до одного ненульових пікселів, оточена фоном, може бути виділена як окрема зв'язкова ділянка за допомогою наступної операції.

Алгоритм оброблення й виявлення об'єкта на зображенні

Досліджуваний алгоритм передбачає оброблення й аналіз вхідного зображення, виділення символічної інформації (номерного знака автомобіля) з вхідного зображення [4].

Система оптичного розпізнавання складається з таких основних блоків: блок попереднього оброблення зображення; блок сегментації (локалізації та виділення) елементів тексту; блок виділення ознак; блок розпізнавання символів. Ці алгоритмічні блоки відповідають послідовним крокам оброблення та аналізу зображень. Розглянемо поетапно цей алгоритм. На першому етапі здійснюється приведення вхідного зображення до півтонового вигляду шляхом виділення з нього колірного складника (Color Plane extraction).

Наступний етап передбачає згладжування, фільтрацію з метою усунення шумів, нормалізації розміру, а також інших перетворень з метою виділення знакових елементів або ознак, що використовуються згодом для їх розпізнавання. У цьому випадку використано функцію IMAQ Convolute, яка здійснює лінійну фільтрацію (згортку) зображення в просторовій ділянці з довільно заданою маскою. Для оброблення зображення обрано досить велику маску (kernel size = 7), оскільки в разі збільшення розміру вікна фільтрації зростає здатність фільтра до притлумлення його шумового складника. На вихідному відфільтрованому зображенні об'єкти мають більш окреслені, чіткі форми.

Наступний крок алгоритму полягає у виділенні текстових ділянок, рядків і розбитті зв'язкових текстових рядків, кожне з яких відповідає одному текстовому символу.

Для реалізації виділення символічних ділянок використано функцію shape detection, яка дає змогу знаходити об'єкти на зображенні за відомими для них контурами. У цьому випадку для номерного знака автомобіля пошук відбувався за прямокутними формами об'єктів. Отриманий результат функції ілюструє рис. 1.

Останнім етапом цього алгоритму є розпізнавання символів у ділянці пошуку. Розпізнавання символів відбувається в процесі порівняння виділених характерних ознак з еталонними наборами і структурами ознак, що сформовані й збереженні в процесі навчання системи на еталонних прикладах текстових символів.

Навчання системи передбачає оброблення еталонного зображення (стандартного номерного знака автомобіля) з налаштуванням символічних характеристик (розмір і кількість символів

на зображенні, міжсимвольна відстань тощо). Вихідне зображення цього алгоритму зображено на рис. 2, блок-діаграма розробленого та протестованого програмного алгоритму – на рис 3.

Досліджувані алгоритми, які створені для вирішення прикладних завдань машинного зору, повинні працювати на реальних зображеннях. Водночас у процесі оброблення реальних зображень є багато чинників, які впливають на процес їх оброблення й аналізу. Наведемо лише основні з них:

- завади та «шум» – мають десятки видів джерел виникнення, до яких можна зарахувати недосконалість сенсорів приймально-передавальної апаратури та апаратури оцифрування зображень, важкі умови зйомки, недоліки освітлення тощо;
- складний текстурований фон виявлення об'єктів;
- ефекти маскування одних об'єктів іншими об'єктами, як правило, не визначеної заздалегідь форми;



Рис. 1. Виділення шуканої ділянки (функція shape detection)



Рис. 2. Результат алгоритму зчитування символічної інформації

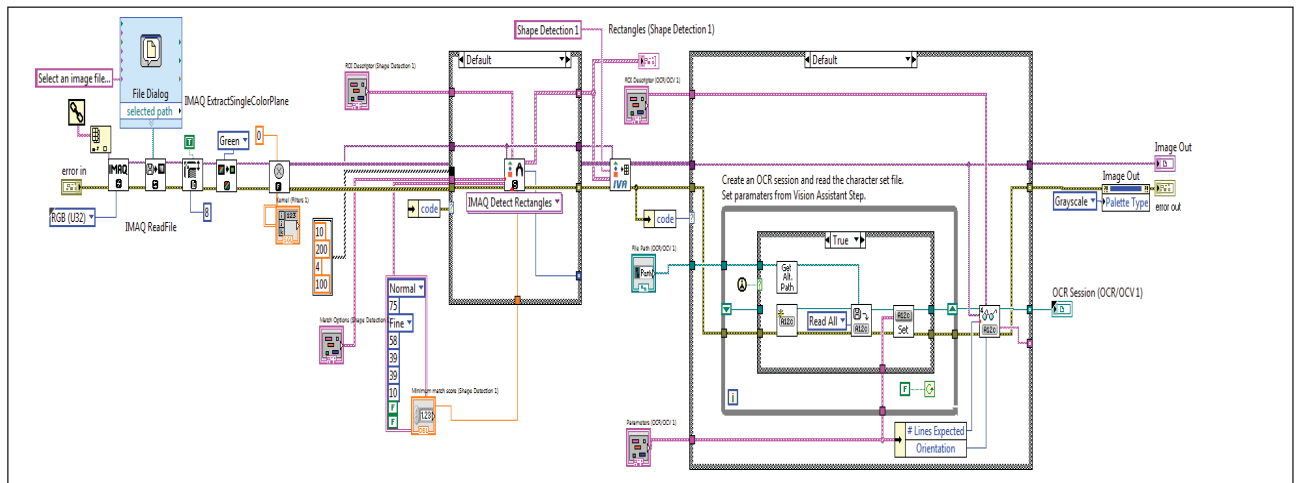


Рис. 3. Блок-діаграма алгоритму

- спотворювальні оптичні ефекти у вигляді різних розфокусувань, дисторсій об'єктивів, спотворень ракурсів тощо;

- ефекти різкої зміни освітлення, відблиски, тіні;

- різноманітність і мінливість самих об'єктів – мінлива структура (як у текстових рядків, автомобільних номерів або штрихових кодів), можливі дефекти тощо;

- ефекти зміни середовища між сенсорами й об'єктами спостереження – задимлення, атмосферні опади, пил, штучні перешкоди та багато іншого;

- несинхронність реєстрації та оброблення даних у динамічних задачах, пов'язана з обмеженнями швидкодії комп'ютерних засобів зберігання й аналізу зображень.

Висновки. Розроблено програмні алгоритми для виділення контурів об'єкта (автомобіля) на отриманому зображенні та для зчитування символічної

інформації (номерного знака автомобіля) на сцені спостереження. Запропоновано підходи до сегментації й фільтрації зображення, що здатні обробляти інформацію в режимі реального часу, при цьому незважаючи на шуми та значні спотворення зображення. Практичне значення й новизна розробленого програмного алгоритму полягає в тому, що застосування запропонованого рішення, наприклад, у системах автоматичного відеоспостереження під час фіксації порушень правил дорожнього руху або викрадення автомобіля дає змогу постійно оцінювати стан контрольованої території, виділяючи так звані охоронні події (наявність автомобіля в зоні спостереження), фіксувати номерний знак авто й заносити його до бази даних у режимі реального часу. Важливо також те, що запропонований програмний продукт не потребує великих обчислювальних витрат, що дає можливість його налаштування на сучасних недорогих персональних комп'ютерах, тим самим значно зменшуючи загальну вартість системи.

Список літератури:

1. Визильтер Ю.А., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision. Москва: ДМК Пресс, 2016. 464 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Мерков А. Распознавание образов. Построение и обучение вероятностных моделей. Санкт-Петербург: Ленанд, 2014. 240 с.
4. Слынько Ю. Регистрация изображений и сопровождение объектов. Москва: Lambert Academic Publishing, 2011. 116 с.

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ЗАДАННОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ IMAQ VISION

В среде электронного моделирования Labview разработан пошаговый программный алгоритм для выделения контуров объекта (например, автомобиля) на полученном изображении для считывания основной символической информации (номерного знака) на сцене наблюдения. Предложены методы сегментации и фильтрации изображения, которые позволяют в режиме реального времени проводить процесс обработки информации в условиях шумов и искажений изображения. Разработанный алгоритм может быть использован в системах видеонаблюдения, где необходима автоматическая фиксация объектов наблюдения при условии небольшой стоимости системы. Определено, что в задачах распознавания образов для классификации и селекции выделенных областей целесообразно использовать интегральные геометрические признаки. Найдено, что простейшая система оптического распознавания может состоять всего лишь из 4 блоков, основным из которых можно считать блок распознавания символов.

Ключевые слова: изображение, система, объект, алгоритм, наблюдение, схема.

ALGORITHM OF RECOGNITION AND ALLOCATION OF THE CONTOURS OF THE ASSIGNED OBJECT BASED ON THE USE OF THE IMAQ VISION PLATFORM

In Labview's electronic simulation environment, a step-by-step program algorithm is developed to isolate the contours of an object (for example, a car) on the resulting image to read out special symbolic information (license number) on the scene. The methods of segmentation and image filtration are proposed, which allow real-time processing of information under noise and image distortion. The developed algorithm can be used in video surveillance systems, where automatic fixation of objects of observation is necessary under the condition of a small system cost. It is determined that in the problems of pattern recognition for classification and selection of the selected regions, it is advisable to use integral geometric features. It is found that the simplest system of optical recognition can consist of only 4 blocks, the main one of which can be considered a block for character recognition.

Key words: image, system, object, algorithm, observation, scheme.