

Література

1. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.
2. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Марычев О.И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. – М.: Наука, 1981. – 797 с.
3. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Марычев О.И. Интегралы и ряды. Специальные функции. – М.: Наука, 1983. – 798 с.
4. Ленок М.П., Шинкарик Н.И. Гибридные интегральные преобразования Лежандра. – Львов, 1989. – 60 с. – (Препринт/АН УССР. Ин-т прикл. проблем механики и математики; 89.0).
5. Ленок М.П. Исследование основных краевых задач для диссипативного волнового уравнения Бесселя. – Киев, 1983. – 61 с. – (Препр./АН УССР. Ин-т математики, 83.3).
6. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. – М.: Физматгиз, 1959. – 468 с.
7. Шилев Г.Е. Математический анализ. Второй специальный курс. – М.: Наука, 1965. – 328 с.
8. Ленок М.П., Шинкарик М.І. Гібридні інтегральні перетворення (Фур'є, Бесселя, Лежандра). Частина I. – Тернопіль; Економічна думка, 2004. – 368 с.
9. Ленок М.П., Міхалевська Г.І. Інтегральні перетворення типу Конторовича-Лібсдеса. – Чернівці: Прут, 2002. – 280 с.
10. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. – М.: Физматгиз, 1963. – 431 с.
11. Комаров Г.М., Ленок М.П., Мороз В.В. Скінченні гібридні інтегральні перетворення, породжені диференціальними рівняннями другого порядку. – Чернівці: Прут, 2001. – 228 с.

Одержано 01.08.2006 р.

УДК 681.325; 621.397.61

І.Коноваленко, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

АЛГОРИТМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КОЛОВОЇ ФОРМИ НА ЗОБРАЖЕННІ

У статті описано алгоритм для розпізнавання положення колових об'єктів на контурних бінарних зображеннях. Його застосування дозволить скоротити час аналізу зображення порівняно зі стандартним алгоритмом, що використовує перетворення Хаха. Розроблено необхідне математичне забезпечення для практичної реалізації запропонованого методу розпізнавання колових об'єктів за допомогою ЕОМ. Роботу алгоритму проаналізовано на ряді тестових та реальних зображень. Показано залежність точності розпізнавання від рівня шумів. Дослідження показали, що запропонований метод можна ефективно використовувати для розпізнавання положення колових об'єктів на зображеннях.

I.Konvalenko

THE ALGORITHM FOR RECOGNITION OF A POSITION OF CIRCULAR OBJECTS ON IMAGES

In the article the algorithm for recognition of a position of circular objects on binary images is described. In the application will allow to reduce time of image analysis compared with standard algorithm, which uses Hough transformation. The necessary software for practical realization of algorithm is developed. The work of offered algorithm is analysed on a number of test and real images. The dependence of efficiency of recognition on a level of noise is shown. A research has shown that the offered method can effectively be used for recognition of a position of circular objects on images.

1 Вступ

Швидкий розвиток мікропроцесорної техніки за останні десятиліття привів до значного розширення кола завдань, що вирішуються з використанням засобів цифрової обробки зображень. Цьому сприяє підвищення швидкості роботи, надійності, а також суттєве зменшення вартості цифрових обчислювальних машин і технічних засобів передачі та обробки сигналів. Методи обробки зображень відіграють значну роль у наукових дослідженнях, промисловості, медицині та інформаційних системах.

Одним із найважливіших завдань при аналізі отриманої сцени є розпізнавання фрагментів зображення та локалізація положення об'єктів, що можуть мати інтерес для практичного використання. При цьому дуже часто доводиться мати справу з простими геометричними об'єктами, зокрема, колової форми.

Дуда Р. та Харт П. [1] для виявлення прямих та кривих ліній на зображенні використовували перетворення Хоха. При цьому кожна дискретна точка на декартовій площині x, y перетворюється у криву на площині полярних координат ρ, θ . Ця площина розбивається на окремі комірки. Якщо якась ділянка кривої проходить через певну комірку, то вага даної комірки зростає на одиницю. Після того, як всі точки будуть перетворені, досліджуються комірки параметричної площини ρ, θ . Мала вага комірки, як правило, вказує на ізольовану точку, яку можна виключити з подальшого аналізу. О'Горман і Клоуз запропонували видозмінене перетворення Хоха для зв'язування точок перепадів яскравості у контурну лінію [2]. Згідно з їхнім алгоритмом, кут θ на площині (ρ, θ) отримується, виходячи з напрямку градієнта перепаду яскравості, після чого обчислюють значення ρ . Проте вага комірки (ρ, θ) збільшується не на одиницю, а на величину модуля градієнта, що надає більшій значимості контрастним перепадам яскравості порівняно із слабкими.

Всі згадані алгоритми характеризуються значною кількістю обчислень для кожної аналізованої точки, що при великих зображеннях є суттєвим недоліком. У даній статті ми пропонуємо алгоритм для виявлення кола на зображенні, який базується на пошуку трьох точок, що можуть належати одному колу. При цьому кожна точка набуває найбільшої ваги в параметричному просторі лише для найбільш ймовірного кандидата у коло. Порівняно із згаданими методами, наш алгоритм дозволяє суттєво зменшити обсяг обчислень, потрібних для детектування колових фрагментів.

2 Алгоритм для визначення положення кола

Вважатимемо, що вже є відомим бінарне контурне зображення, сформоване на основі реального багатоградієнного зображення. Принципи виділення контурів розглядаються, зокрема, в роботі [2]. Представимо множину вузлових точок на контурному зображенні як

$$P = \{p_i\}, \quad (1)$$

де p_i – елемент масиву, що відповідає точці з координатами (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, N_p$; N_p – загальна кількість вузлових точок.

Вагова множина, що міститиме рейтинги відповідних точок, матиме вигляд

$$W = \{w_i\}, \quad (2)$$

де $w_i = (x_{ci}, y_{ci}, r_{ci}, v_i)$, x_{ci}, y_{ci} – координати центру кола, якому найбільш ймовірно належить точка p_i , r_{ci} – його радіус, v_i – ваговий коефіцієнт кола, якому найбільш ймовірно належить точка p_i . Початкове значення $v_i = 0$.

В загальному блок-схема запропонованого алгоритму вказана на рис. 1. Розглянемо окремі кроки алгоритму детальніше.

2.1 Пошук триад, що можуть належати одному колу

Згадані раніше алгоритми ґрунтуються на послідовному переборі всіх можливих триад вузлових точок зображення, що значно завищує кількість обчислень, які необхідно проводити. Проте, врахувавши властивості кола як геометричної фігури, можна суттєво

скоротити кількість тріад точок, що, ймовірно, належать одному колу. Якщо взяти на колі дві точки – A_1 та A_2 , то обов'язково має існувати третя точка A_3 , для якої справджуватиметься рівність $A_1A_2 = A_2A_3$ (див. рис. 2).

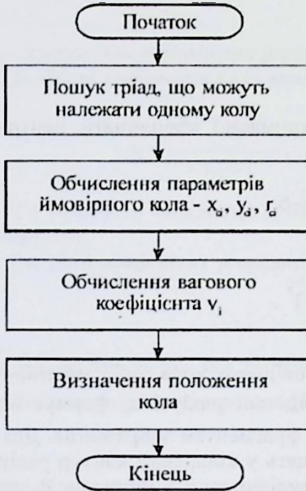


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритму для пошуку фрагментів колової форми на зображенні.

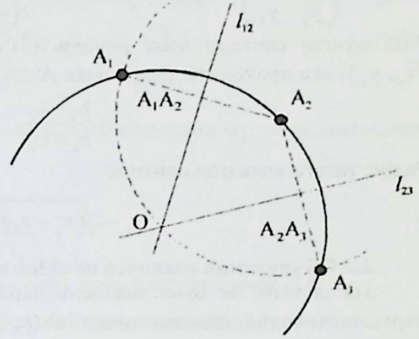


Рисунок 2 - Якщо точки A_1 та A_2 належать одному колу, то існує й точка A_3 , для якої $A_1A_2 = A_2A_3$.

При цьому пошук третьої точки слід робити на колі з центром у точці A_2 і радіусом A_1A_2 . Якщо така точка існує, то виконується детальніший аналіз наявності кола, що проходить через точки A_1, A_2, A_3 . Кожна точка з масиву P послідовно вибирається у ролі точки A_1 . Якщо при цьому A_1 є елементом з індексом ξ (тобто $A_1 = p_\xi$), то для точки A_2 по чергові вибираються елементи масиву P з індексами від $\xi+1$ до N_p . За умову наявності точки A_3 приймемо

$$|A_1A_2 - A_2A_3| \leq \delta_p, \quad (3)$$

де $A_iA_j = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ – відстань між точками A_i та A_j ; δ_p – допустиме відхилення довжини відрізка.

Якщо точку A_3 знайдено, то, припускаючи, що всі три точки (A_1, A_2, A_3) дійсно належать одному колу, визначаємо параметри цього кола: координати центру та радіус.

2.2 Обчислення параметрів ймовірного кола

З рис. 2 видно, що центр шуканого кола є точкою перетину серединних перпендикулярів l_{12} та l_{23} до відрізків A_1A_2 та A_2A_3 . Врахувавши, що пряма l_{12} перпендикулярна до відрізка A_1A_2 та проходить через його середину (тобто точку з координатами $\left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right)$), отримаємо для неї наступне рівняння:

$$y = -\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right)x + \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{(x_1 + x_2)(x_2 - x_1)}{2(y_2 - y_1)} \quad \text{або} \quad (4)$$

$$y = k_1x + b_1, \quad (5)$$

де $k_1 = -\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right)$, $b_1 = \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{(x_1 + x_2)(x_2 - x_1)}{2(y_2 - y_1)}$ – коефіцієнти рівняння прямої.

Аналогічно рівняння прямої l_{23} має вигляд:

$$y = - \left(\frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \right) x + \frac{y_2 + y_3}{2} + \frac{(x_2 + x_3)(x_3 - x_2)}{2(y_3 - y_2)} \quad \text{або} \quad (6)$$

$$y = k_2 x + b_2, \quad (7)$$

$$\text{де } k_2 = - \left(\frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \right), \quad b_2 = \frac{y_2 + y_3}{2} + \frac{(x_2 + x_3)(x_3 - x_2)}{2(y_3 - y_2)}.$$

Розв'язуючи систему двох рівнянь (5) та (7), отримаємо координати центра кола (x_c, y_c) , яке проходить через точки A_1, A_2 та A_3 :

$$x_c = \frac{b_2 - b_1}{k_1 - k_2}, \quad y_c = k_1 x_c + b_1. \quad (8)$$

Радіус такого кола становитиме

$$r_c = \sqrt{(x_c - x_1)^2 + (y_c - y_1)^2}. \quad (9)$$

2.3 Обчислення вагового коефіцієнта

Після того, як було знайдено параметри ймовірного кола, слід перевірити, чи справді оточення навколо точки $O(x_c, y_c)$ на відстані радіуса r_c формує коловий контур, адже A_1, A_2 та A_3 можуть належати різним фрагментам зображення. Для цього обчислюється загальна кількість точок N_c , які входять у кільцевий контур радіусом r_c та товщиною δ_r . Приналежними колу вважаються такі точки p_i з множини P , для яких виконується рівність:

$$|Op_i - r_c| \leq \delta_r, \quad (10)$$

де δ_r – допустиме відхилення радіуса кола, Op_i – відстань від центра кола O до точки p_i .

Обчислену кількість точок на колі порівнюватимемо з довжиною ідеального кола $N = 2\pi r_c$. Ваговий коефіцієнт, що характеризуватиме ступінь схожості знайденого контура з колом, визначимо так:

$$v = \frac{N_c}{N} = \frac{N_c}{2\pi r_c}, \quad (11)$$

де v – ваговий коефіцієнт, що входить у запис вагової множини W (рівняння (2)).

Якщо обчислене значення вагового коефіцієнта для точки p_i більше за його поточне значення v_i (нагадаємо, що початкове значення $v_i=0$), то заповнюється елемент w_i вагової множини таким чином:

$$x_{ci} = x_c, \quad y_{ci} = y_c, \quad r_{ci} = r_c, \quad v_i = v. \quad (12)$$

Обчислення, описані у пп. 2.1...2.3, слід виконувати, поки всі точки із множини P (1) не будуть розглянуті в ролі точки A_1 . Після закінчення вказаних розрахунків кожна вузлова точка множини P матиме відповідний запис у ваговій множині W , що описуватиме коло, якому найбільш ймовірно належить дана точка. Якщо точка ні разу не брала участі у розгляді кола, що проходить через неї, її ваговий коефіцієнт v_i прийматиме початкове нульове значення.

2.4 Визначення положення колових об'єктів

Через похибки, пов'язані як із квантуванням неперервного зображення при його перетворенні у цифрову форму, так і з попередньою обробкою малюнка, у параметричному просторі результуючої вагової множини W можуть бути присутні елементи з дещо відмінними параметрами, які описують одне і те ж коло на зображенні. Щоб усунути такі дублікати, слід для всіх пар елементів w_i та w_j ($i \neq j$) об'єднати ті елементи множини, які задовільняють умовам (13):

$$\begin{aligned} |x_{ci} - x_{cj}| &< \delta_w, \\ |y_{ci} - y_{cj}| &< \delta_w, \\ |r_{ci} - r_{cj}| &< \delta_w. \end{aligned} \quad (13)$$

де δ_w – допустиме відхилення радіусів та положень знайдених кіл.

За дійсні параметри кола вважатимемо їх середні значення:

$$\bar{x}_c = \frac{x_{ci} + \sum_j x_{cj}}{n_j + 1}, \quad \bar{y}_c = \frac{y_{ci} + \sum_j y_{cj}}{n_j + 1}, \quad \bar{r}_c = \frac{r_{ci} + \sum_j r_{cj}}{n_j + 1}, \quad (14)$$

де $n_j + 1$ – кількість знайдених дублікатів (n_j – кількість елементів w_j , які задовільняють умовам (13)).

Ваговий коефіцієнт усередненого кола

$$\bar{v}_i = \frac{\bar{N}_c}{2\pi \bar{r}_c}, \quad (15)$$

де $\bar{N}_c$ – кількість точок, що належать усередненому колу з параметрами (14).

Якщо середній ваговий коефіцієнт $\bar{v}_i$ більший за певне граничне значення L_v :

$$\bar{v}_i > L_v, \quad (16)$$

то робиться висновок, що на зображенні може існувати коло з параметрами (14). Дані про таке коло заносяться у масив

$$C = \{c_i\}, \quad (17)$$

де $c_i = (\bar{x}_{ci}, \bar{y}_{ci}, \bar{r}_{ci}, \bar{v}_i)$ – елемент множини, що містить дані про знайдене коло.

2.5 Перевірка знайдених об'єктів на відокремленість від фону

Проте часто знайдений об'єкт c_i може не бути реальним колом на зображенні – точки, що "належать" йому, можуть відповідати фону, випадковому шуму чи іншим, оточуючим об'єктам.

Розглянемо збільшений фрагмент растрового бінарного зображення, який містить частину об'єкта, розпізнаного як коловий (рис. 3). Відповідно до даного алгоритму, цей об'єкт описується параметрами c_i (17). Через центр кола c_i та будь-яку точку, яка знаходиться на ньому, проведемо уявну пряму p .

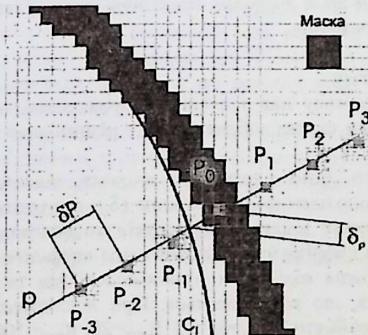


Рисунок 3. Фрагмент колового об'єкта.

На багатьох реальних зображеннях контур колового об'єкта не співпадатиме з ідеальним контуром знайденого кола c_i , а буде зміщений в радіальному напрямку на відстань δ_r . Прямі перетне контур колового об'єкта у точці P_0 .

Починаючи з точки P_0 , в обидва боки від колового контуру на однаковій відстані δ_P позначимо точки P_q ($q \in \{-Q \dots Q\}$, де Q – ціле число), що належать цій прямій. На кожну точку P_q накладемо маску і підрахуємо кількість p_q фонових точок зображення, які потрапили в маску. У найпростішому випадку маска може мати вигляд квадрата розміром 3×3 точки, як показано на рис. 3. Відстань між точками δ_P можна вибирати більшу або рівну половині розміру маски. Кількість точок P_q (тобто глибина аналізу простору навколо об'єкта) може бути різною – в залежності від особливостей реальних колових контурів, що розпізнаються на зображенні.

На основі обчислених значень p_q сформуємо для всієї сукупності точок P_q масив $N_Q = \{p_q\}$. За критерій наявності на ділянці P_0P_Q колового контуру приймемо коефіцієнт E_C , що враховує перепад яскравості на відрізьку P_0P_Q :

$$E_C = \frac{\left| \frac{1}{\tau+1} \sum_{i=0}^{\tau} p_i - \frac{1}{Q-\theta+1} \sum_{i=0}^Q p_i \right|}{N_M}, \quad (18)$$

де $\frac{1}{\tau+1} \sum_{i=0}^{\tau} p_i$, $\frac{1}{Q-\theta+1} \sum_{i=0}^Q p_i$ – середні значення кількості точок у масці відповідно для початкової та кінцевої ділянки відрізка P_0P_Q , $0 \leq \tau \leq \theta$, $\tau \leq \theta \leq Q$; N_M – кількість точок у масці. Для прикладу, ілюстрованого на рис. 3, даний коефіцієнт обчислюється так:

$$E_C = \frac{|0.5 \cdot (n_0 + n_1) - 0.5 \cdot (n_2 + n_3)|}{N_M}.$$

Коефіцієнт E_C для ділянки P_0P_Q обчислюється аналогічно і враховує перепад яскравості у напрямку до середини колового об'єкта.

Вважатимемо, що на ділянці P_QP_Q наявний контур колового об'єкта, якщо виконуватиметься наступна умова:

$$E_C \geq E_{C_{gr}} \text{ або } E_C \geq E_{C_{gr}}, \quad (19)$$

де $E_{C_{gr}}$ – граничне значення коефіцієнта E_C .

Як показали подальші дослідження, даний крок дозволяє ефективно зменшувати кількість неправильно розпізнаних об'єктів зображення.

3 Дослідження запропонованого алгоритму

Розглянемо спочатку дію описаного алгоритму над тестовим зображенням, що містить п'ять ідеальних кіл (рис. 4, а) та над тим самим зображенням з різним рівнем шуму – від 10 до 50% (рис. 4, б, в, г).

На результат розпізнавання впливатимуть різні параметри, зокрема, діапазон радіусів, в якому робиться аналіз, допустиме відхилення радіуса кола (δ_r), допустиме відхилення довжини відрізка A_iA_j (δ_p), допустиме відхилення радіусів та положень знайдених кіл (δ_w), граничне значення вагового коефіцієнта L_v та значення коефіцієнта $E_{C_{gr}}$. В загальному випадку ці параметри можна підбирати в залежності від типу зображення та особливостей колових контурів, що розпізнаються. При дослідженні описаного алгоритму на зображеннях (рис. 4) прийнято $\delta_r = \delta_p = \delta_w = 10$, $R_{min} = 20$, $R_{max} = 100$.

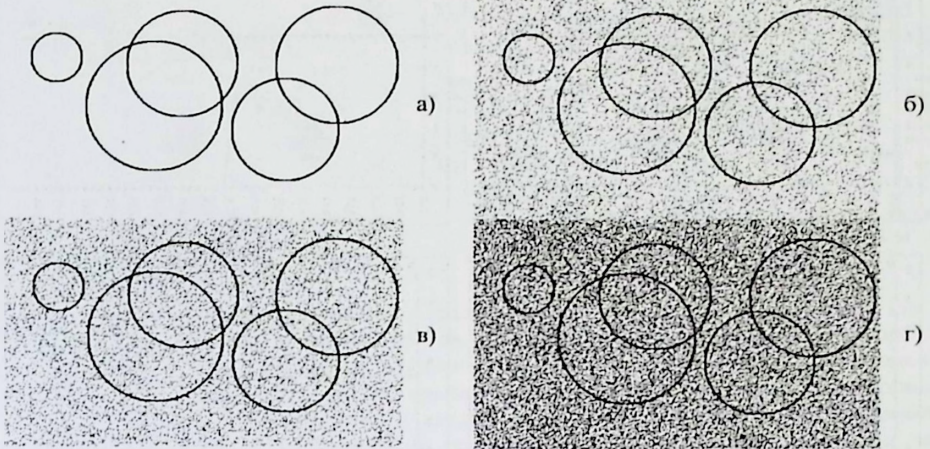


Рисунок 4 - Тестові зображення з різним рівнем шуму (а – 0%, б – 10%, в – 20%, г – 50%).

Дослідження проводилось у діапазоні L_v від 0 до 0.5 – саме на цей діапазон припадають всі знайдені колові об'єкти. Зауважимо, що в загальному випадку коефіцієнт L_v може приймати значення від 0 до 1. Проте для зменшення обсягу даних, що обробляються, та підвищення швидкодії алгоритму, до бінарного зображення нами застосовувалась маска у вигляді решітки з квадратними комірками, відстань між горизонтальними та вертикальними полосками якої дорівнює 1 точці. Всі пікселі зображення, що попадають на маску, видаляються. Таким чином, кількість точок на контурному зображенні зменшується приблизно вдвічі, що приводить до такого ж зменшення значень коефіцієнта L_v .

При роботі алгоритму можлива хибна локалізація неіснуючих (фантомних) колових об'єктів. Позначимо їх кількість як N_{fc} . Кількість правильно знайдених реальних кіл позначимо N_{ci} . Результат роботи алгоритму для вказаних зображень приведено на залежностях N_{ci} та N_{fc} від значення вагового коефіцієнта L_v (рис. 5). Даний коефіцієнт є ключовим параметром при роботі розробленого алгоритму, так як забезпечує прийняття базового рішення про те, чи існує коло з обчисленими параметрами (x_{ci}, y_{ci}, r_{ci}) .

Успішною роботу алгоритму слід вважати тоді, коли розпізнаються всі існуючі кола ($N_{ci}=5$), а фантомні кола відсутні ($N_{fc}=0$). Як видно з результатів пошуку, для ідеального зображення без шуму (рис. 4, а, рис. 5, а) фантомних колових об'єктів не з'являється взагалі, а всі реальні кола розпізнаються в широкому діапазоні значень коефіцієнта L_v – від 0.13 до 0.45.

При збільшенні рівня шумів на зображенні різко зростає кількість невірно знайдених кіл, проте для всіх досліджуваних сцен існує діапазон L_v , у якому правильно розпізнаються всі об'єкти і не виникають фантомні кола. Так, для сильно зашумленого малюнка (рис. 4, г) цей діапазон звужується до величин L_v від 0.19 до 0.24. Таким чином, при аналізі зображень (рис. 4) можна прийняти значення $L_v=0.21$ і забезпечити цим стовідсоткову точність розпізнавання.

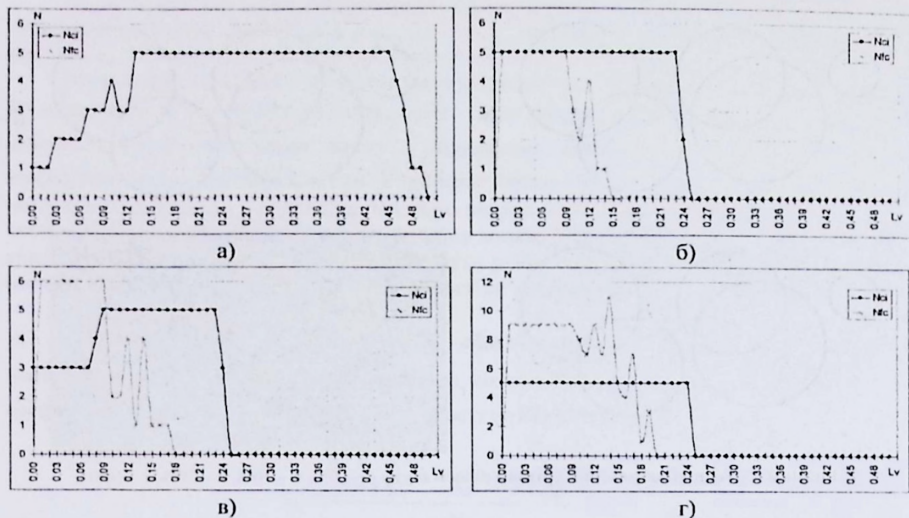


Рисунок 5 - Залежності кількості правильно знайдених (N_{ci}) та фантомних (N_{fc}) кіл на зображеннях (рис. 4, а...г) в залежності від величини коефіцієнта L_v .

Якщо наперед відома кількість об'єктів на зображенні, які слід розпізнати, то для оцінки ефективності алгоритму можна використати відносний критерій E_p , який враховує кількість правильно та неправильно розпізнаних об'єктів:

$$E_p = 1 - \frac{|N_{ci} - N_{ci}| + N_{fc}}{N_{ci} + N_{ci} + N_{fc}}, \quad (20)$$

де N_{ci} – кількість об'єктів на зображенні.

Критерій ефективності розпізнавання (20) може приймати значення від 0 до 1 і дорівнює одиниці при абсолютно правильному розпізнаванні шуканих об'єктів ($N_{ci} = N_{ci}$, $N_{fc} = 0$). Графіки залежності критерію E_p від L_v для аналізованих зображень приведено на рис. 6. За допомогою сукупності кривих $E_p = f(L_v)$ (рис. 6) можна виявити діапазон L_v , на якому аналізовані зображення правильно розпізнаються – при цьому всі криві повинні проходити на рівні 1. У нашому конкретному випадку значення вагового коефіцієнта може змінюватися від 0.19 до 0.23.

Розглянемо роботу алгоритму на реальному зображенні (рис. 7, а). На рис. 7, б показано контурне зображення, сформоване на основі даного. Воно й використовувалось при аналізі за допомогою розробленого алгоритму.

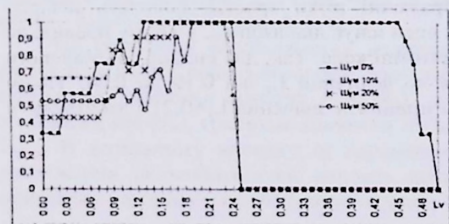


Рисунок 6 - Значення критерію ефективності розпізнавання E_p .

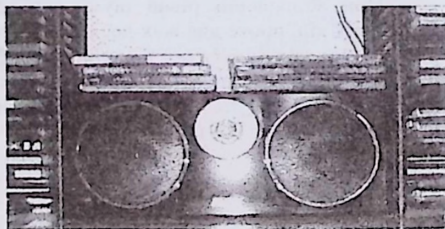


Рисунок 7, а - Вихідне багатоградцієне зображення.

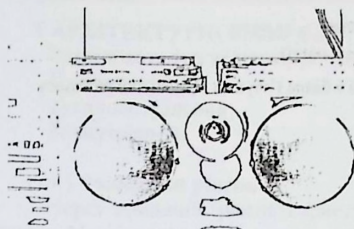


Рисунок 7, б - Контурне зображення.

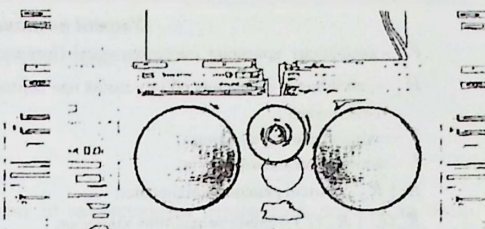


Рисунок 7, в - Контурне зображення, на яке накладено результат аналізу – товсті кола із засічками.

Три знайдені колові об'єкти показано на рис. 7, в – у вигляді товстих кіл з радіальними засічками, накладених на контурне зображення. Зауважимо, що в результаті специфіки отримання зображення (рис. 7, а) на ньому під середнім коловим об'єктом існує світловий відблиск круглої форми, якому на контурному зображенні (рис. 7, б) відповідає фрагмент у вигляді майже правильного кола. При роботі алгоритму він також розпізнався б як існуючий коловий об'єкт, проте під час застосування пропонованого методу було задано такий діапазон радіусів пошуку, який виключив таку можливість.

Нами було проведено дослідження роботи пропонованого алгоритму на ряді інших реальних зображень, в результаті чого виявлено, що при правильному налаштуванні алгоритму можна гарантувати його надійну роботу.

Література

1. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 2000. – 510 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – Кн. 1, 2..

Одержано 21.12.2006 р.

УДК 681.3.07

В. Шаряк

Івано-Франківський інститут менеджменту і економіки „Галицька академія”

АРХІТЕКТУРА І КОДУВАННЯ БАЗ ДАНИХ НА ОСНОВІ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ БАЗИСІВ

В статті викладено основи теоретико-числових базисів в інформаційних технологіях та їх застосування при організації бази даних. Показано перспективи використання базисів Галуа для підвищення компактності представлення інформації в базах даних. Подано приклади розрахунку ефективності рекурсивних баз даних по відношенню до ієрархічних баз даних.

V. Sharyak

ARCHITECTURE AND CODING OF DATABASE ON THE BASIS OF THEORETICALLY-NUMERICAL BASES

The article is about the bases of theoretically – numerical bases in the information technologies and their use during the organization of database. The prospects of the use of Galua bases are presented to increase the compactness of presentation of information in the given bases. The examples of calculation of efficiency of current database are set concerning the hierarchical bases of information.