



УКРАЇНА

(19) UA (11) 13591 (13) U
(51) МПК (2006)
G06K 9/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РОЗПІЗНАВАННЯ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФІГУР

1

2

(21) u200508580

(22) 07.09.2005

(24) 17.04.2006

(46) 17.04.2006, Бюл. № 4, 2006 р.

(72) Білан Степан Миколайович, Южаков Сергій Васильович

(73) КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУ

(57) Спосіб розпізнавання плоских геометричних фігур, який полягає в тому, що сканують і перетворюють зображення в послідовність сигналів, визначають функцію площини перетину вхідної фігури та її копії, порівнюють з еталонними значеннями функцію перетину площин і визнача-

ють класи фігур для кожного напрямку, який **відрізняється** тим, що процес порівняння розділяють на швидкий та детальний, обчислюють інтегральні показники за допомогою основних параметрів функції площини перетину, на швидкому етапі порівняння інтегральних показників визначають деякий клас фігур А, шляхом порівняння отриманих інтегральних показників з генерованими за формулами або еталонними інтегральними показниками, для однозначної ідентифікації фігури проводять детальне порівняння отриманих функцій площини перетину з еталонними і визначають еталон, який відповідає даному зображенню.

Корисна модель відноситься до автоматики та обчислювальної техніки і може знайти використання при розпізнаванні плоских фігур в робототехніці, в системах технічного зору, при аналізі препаратів і рентгенограм і т.п.

Відомо спосіб розпізнавання геометричних фігур [А.С. СССР №1376109, БИ №7, 1988г.], в якому, згідно способу по А.С. СССР №1020840, під час появи експериментальних рівнів інтегральних сигналів формують сигнали тимчасового відрахунку, формують результуючі сигнали, пропорційні відповідним сигналам тимчасового відрахунку і обернено пропорційні відповідним експериментальним рівням інтегральних сигналів, і по отриманій послідовності результуючих сигналів визначають фігуру, що розпізнається.

Недоліком даного способу є низька швидкодія за рахунок необхідності сканування фігури в багатьох напрямках, а також вузька галузь використання за рахунок розпізнавання будь-яких фігур, змінених своєю орієнтацією в полі аналізу.

Відомо спосіб розпізнавання плоских геометричних фігур [Патент України №51190А - Опубл. 2002 -Бюл. №11], що полягає у перетворенні зображення фігури в набір сигналів, проектує зображення фігури на фоточутливий елемент, виділяють вершини фігури і визначають відстані між сусідніми вершинами, визначають площу та периметр фігури шляхом підрахунку точок, що нале-

жать контуру та площині зображення фігури, формують вектор ознак, до якого входять величини площини, периметра, кількості вершин та величин відстаней між сусідніми вершинами, порівнюють значення отриманого вектора із значеннями еталонних векторів, за ступенем співпадання векторів визначають фігуру, що розпізнають.

Недоліком способу є низька швидкодія в зв'язку з витрачанням великої кількості часу на визначення і формування вектору ознак.

Найбільш близьким за змістом є спосіб розпізнавання плоских геометричних фігур [Патент України №48903А -Опубл. 2002 -Бюл. №8], який полягає в тому, що сканують і перетворюють зображення в послідовність сигналів, визначають функцію площі перетину вхідної фігури та її копії, паралельно зсувають копію фігури і на кожному кроці зсуву визначають площу перетину вхідної фігури та її копії, проводять зсув до отримання площі перетину, яка дорівнює нулю, що відповідає максимальному зсуву у відповідному напрямку, перпендикулярному першому, і визначають для нього функцію перетину площин, порівнюють з еталонними значеннями функцію перетину площин і визначають класи фігур Х та У для кожного напрямку відповідно, а шукану фігуру визначають на перетині отриманих множин фігур, які належать відповідним класам Х та У,

(19) UA (11) 13591 (13) U

Недоліком даного способу є низька швидкодія, яка обумовлена необхідністю порівняння отриманих функцій перетину площин (ФПП) з кожною із ФПП(φ), які складають еталонні поверхні, для всіх еталонів, кількість яких може бути дуже великою.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу для розпізнавання плоских фігур, який дозволяє зменшити час, що витрачається на розпізнавання. Це досягається за рахунок розділення процесу порівняння на швидкий та детальний. Швидкий етап зменшує час розпізнавання за рахунок введення до еталонів масивів інтегральних показників для отриманих ФІШ. Застосування двох етапів дозволяє підвищити точність розпізнавання.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб розпізнавання плоских геометричних фігур, який полягає в тому, що сканують і перетворюють зображення в послідовність сигналів, визначають функцію площі перетину вхідної фігури та її копії, порівнюють з еталонними значеннями функцію перетину площин і визначають класи фігур для кожного напрямку, процес порівняння розділяють на швидкий та детальний, обчислюють інтегральні показники за допомогою основних параметрів функції площини перетину, на швидкому етапі порівняння інтегральних показників визначають деякий клас фігур А, шляхом порівняння отриманих інтегральних показників з генерованими за формулами або еталонними інтегральними показниками, для однозначної ідентифікації фігури проводять детальне порівняння отриманих функцій площини перетину з еталонними і визначають еталон, який відповідає даному зображенню.

На Фіг.1, 2 представлено схематичне подання способу розпізнавання геометричних фігур на основі визначення ФПП,

на Фіг.3 - пояснення визначення ФПП і інтегральних показників,

а на Фіг.4 - блок-схема пристрою, що реалізує даний спосіб.

Суть корисної моделі полягає в наступному.

Функції площини перетину визначаються для двох напрямків сканування (по горизонталі для отримання ФПП(x) та по вертикалі для отримання ФПП(y)). ФПП(x) та ФПП(y) порівнюються з еталонними ФПП (Фіг.1, 2). У випадку, коли образи, що розпізнаються, відносяться до опуклих простих фігур (коло, квадрат, прямокутник, трикутник і т.п.), ФПП яких можуть бути аналітично визначені за допомогою основних параметрів, еталонні функції будуються по формулах. Еталони фігур, для яких аналітичне визначення ФПП не можливе (неправильні, не опуклі, зображення з декількох ізольованих частин), зберігаються у вигляді поверхонь, що складаються з ФПП(φ) при скануванні еталонної фігури в напрямках $\varphi = 0, 3\pi/2$. Основними параметрами функцій площини перетину є S_0 (площа вхідного зображення) та X_{\max} і Y_{\max} (значення максимальних зсувів відповідно у горизонтальному та вертикальному напрямках).

Швидкий етап порівняння базується на введенні до еталонів масивів інтегральних показників k_φ , обчислення цих показників для отриманих функцій площі перетину (k_x для ФПП(x) та

ку для ФПП(y), де $y = x + \pi$) і безпосередньому порівнянні k_x і k_y з k_φ для всіх напрямків сканування кожного еталону. Допустиме відхилення при порівнянні позначимо як δ . Інтегральний показник має властивість не змінюватись при масштабуванні основних параметрів функції площини перетину (S_0, X_{\max}, Y_{\max}).

$$k_\varphi = \frac{\int_0^{I_{\max}} \Phi_{\text{ПП}}(i) di}{S_0 \cdot I_{\max}} = \text{const},$$

де φ - напрямок, для якого визначається ФПП, і та I_{\max} - відповідно зсув та максимальний зсув у напрямку φ (Фіг.2).

Для ФПП(x) та ФПП(y) параметр k визначається аналогічно із заміною φ на x або y та I_{\max} на X_{\max} чи Y_{\max} відповідно. Інтегральний показник для фігур, ФПП яких визначається аналітично, також може бути обчислений аналітично.

Еталонні поверхні можуть зберігатись у вигляді масиву аналогових ФПП(φ), так і у вигляді масиву оцифрованих ФПП(φ). В обох випадках швидкість порівняння підвищується за рахунок того, що процес порівняння констант (k_x чи k_y з k_φ) займає менше часу, ніж порівняння функцій площини перетину (ФПП(x) чи ФПП(y) з ФПП(φ)), в якому б вигляді вони не існували.

Детальний етап порівняння ні чим не відрізняється від запропонованого у прототипі. Це безпосереднє порівняння ФПП(x) чи ФПП(y) з еталонними ФПП(φ). Допустиме відхилення при порівнянні позначимо як δ_1 . Детальний етап залишається необхідним в зв'язку з тим, що

$\int_0^{I_{\max}} \Phi_{\text{ПП}}(\varphi) di$ для фігур різної форми при однакових S_0 та I_{\max} може бути також однаковим, що призведе до співпадання інтегральних показників таких фігур.

Віднесемо масив всіх наявних еталонів до класу А. На першому (швидкому) етапі порівняння для всіх еталонів у напрямках від φ до $\varphi + \pi$ порівнюються інтегральні показники k_x і k_φ , і при їх співпаданні (якщо вони відрізняються не більше ніж на певну задану величину δ) дані еталони фігури відносяться до класу Х ($X \in A$), а дані напрямки заносяться до масиву φ_x .

Після цього для вибраних еталонів (Х) у напрямках $\varphi_y = \varphi_x + \pi/2$ проводиться порівняння k_y і $k_{\varphi+\pi/2}$, і при їх співпаданні дані еталони відносяться до класу Y ($Y \in X$).

Для еталонів, що входять до класу Y, проводиться детальний етап порівняння ФПП(x) з ФПП(φ_x), при їх співпаданні (якщо вони на всьому своєму протязі відрізняються не більше ніж на певну задану величину δ_1) дані еталони відносяться до класу X1 ($X1 \in Y$).

Для еталонів, що входять до класу X1, проводиться детальний етап порівняння ФПП(y) з

ФПП(φ_y), при їх співпаданні дані еталони відносяться до класу $Y1$ ($Y1 \in X1$).

Якщо $Y1 \neq \emptyset$, то еталон, який відповідає заданому зображенню входить до класу $Y1$. При первинній настройці системи розпізнавання, варіюючи похибки δ та δ_1 у відповідності з параметрами обладнання, можна добитися того, що фігура буде ідентифікована однозначно ($Y1=1$).

Якщо $Y1 = \emptyset$, то серед наявних еталонів відсутній еталон, який відповідає зображенню, що розпізнається. В такому випадку необхідно проस्कаниувати дане зображення у напрямках $\varphi = 0,3\pi/2$, для створення еталонної поверхні та масиву інтегральних показників, що відповідають даному зображенню. Тобто, необхідно навчити систему розпізнавати дане зображення.

Пристрій, що реалізує даний спосіб (Фіг.3) містить оптичну систему 1, блок 2 визначення ФПП(x) та k_x фігури, блок 3 визначення ФПП(y) та k_y фігури, блок генерації ФПП та $k\varphi$ правильних фігур 4, схему порівняння 5, блок пам'яті 6, блок масштабування 7, блок тимчасової пам'яті 8, блок керування 9.

Пристрій працює наступним чином.

За командою блока керування 9 оптична система 1 сприймає зображення фігури, що розпізнається. Інформація передається на блоки 2 і 3 визначення ФПП, де проходить генерація ФПП(x) та ФПП(y) зчитаного зображення, визначаються основні параметри функції площини перетину (S_0 , X_{\max} , Y_{\max}) та обчислюються інтегральні показники k_x і k_y . Дані з блоків 2 і 3 передаються на блок генерації ФПП правильних фігур 4, де по основним параметрам (S_0 , X_{\max} , Y_{\max}) за аналітичними формулами формуються еталонні ФПП та обчислюються їх інтегральні показники.

Згенеровані блоком 4 (за допомогою S_0 , X_{\max}) інтегральні показники еталонів k_{xe} в схемі 5 із заданою точністю δ порівнюються з k_x , визначеним блоком 2. Для всіх згенерованих еталонів у блоці 8 формуються масиви X еталонів, які попали до класу X .

Для еталонів масиву X у блоці 4 генеруються інтегральні показники k_{ye} (S_0 , Y_{\max}) та проводиться їх порівняння (блок 5) із заданою точністю δ з k_y , визначеним блоком 3. Еталони, для яких відбулося співпадання інтегральних показників k_{ye} з k_y , заносяться у блок 8 у вигляді масиву Y .

Для еталонів масиву Y у блоці 4 (за допомогою S_0 , X_{\max}) генеруються ФПП(X_e), та проводиться їх порівняння (блок 5) із заданою точністю δ_1 з ФПП(x), визначеною блоком 2. Еталони, ФПП(X_e) яких співпали з ФПП(x), заносяться у блок 8 у вигляді масиву $X1$.

Для еталонів масиву $X1$ у блоці 4 (S_0 , Y_{\max}) генеруються ФПП(Y_e), та проводиться їх порівняння (блок 5) із заданою точністю δ_1 з ФПП(y), визначеною блоком 3. Еталони, ФПП(Y_e) яких співпали з ФПП(y), заносяться у блок 8 у вигляді масиву $Y1$.

Якщо вхідне зображення відповідає одному еталону, який генерується у блоці 4, то саме цей еталон одноосібно має складати масив $Y1$. У випадку, коли на одному з етапів ми отримуємо пус-

тий масив (X , Y , $X1$ або $Y1$), то блок керування 9 відразу дає команду пошуку еталону в блоці пам'яті 6 серед фігур, ФПП яких не можливо визначити аналітичне.

Слід зазначити, що в цьому блоці еталонні поверхні мають зберігатися приведеними до єдиного масштабу. Тобто, всі відповідні основні показники (S_{0e} - площа еталону, $I_{\max e}$ - максимальний зсув еталону у напрямку l) всіх еталонів мають зберігатися однаковими. Це ніяким чином не вплине на форму еталонних ФПП(l) відносно основних еталонних показників, але значно спростить процес порівняння.

Інтегральні показники еталонів в схемі 5 із заданою точністю 5 порівнюються з k_x , визначеним блоком 2. Для всіх згенерованих еталонів у всіх напрямках співпадання φ у блоці 8 формуються масиви X еталонів, які попали до класу X , та відповідних напрямків φ_x .

Для еталонів масиву X у напрямках $\varphi_x + \pi$ вибираються в блоці 6 інтегральні показники та проводиться їх порівняння (блок 5) із заданою точністю δ з k_y , визначеним блоком 3. Всі еталони, для яких відбулося співпадання інтегральних показників з k_y , заносяться у блок 8 у вигляді масиву Y .

Для еталонів масиву Y у відповідних напрямках φ_x проводиться порівняння (блок 5) із заданою точністю δ_1 ФПП(φ_x) взятих з блоку 6, із ФПП(x), визначеною блоком 2. Для цього необхідно, щоб ФПП(x) була промасштабована у блоці 7 (її основні параметри приведені до S_{0e} та $I_{\max e}$). Еталони, ФПП(x_e) яких співпали з ФПП(x), заносяться у блок 8 у вигляді масиву $X1$. Також до блоку 8 заносяться масив відповідних напрямків φ_x .

Для еталонів масиву $X1$ у відповідних напрямках $\varphi_x + \pi$ проводиться порівняння (блок 5) із заданою точністю δ_1 ФПП($\varphi_x + \pi$) взятих з блоку 6, із ФПП(y), визначеною блоком 2. Для цього необхідно, щоб ФПП(y) була промасштабована у блоці 7 (її основні параметри приведені до S_{0e} та $I_{\max e}$). Еталони, ФПП($\varphi_x + \pi$) яких співпали з ФПП(y), заносяться у блок 8 у вигляді масиву $Y1$.

Якщо вхідне зображення відповідає еталону, який зберігається у блоці 6, то саме цей еталон одноосібно має складати масив $Y1$. У випадку, коли на одному з етапів ми отримуємо пустий масив (X , Y , $X1$ або $Y1$), то результат розпізнавання негативний. Дане зображення повинно бути занесено до блоку пам'яті 6, як новий еталон, шляхом визначення ФПП фігури в напрямках $\varphi = 0 \div 3\pi/2$ для створення еталонної поверхні.

Проведемо приблизний розрахунок прискорення швидкості порівняння еталонів з використанням розділення цього процесу на два етапи. Нехай еталони зберігаються у вигляді числових масивів KxD , де K - кількість напрямків сканування еталонних ФПП(φ), з яких складається еталонна поверхня, D - довжина ФПП(φ), E - кількість еталонів, m - кількість ФПП(φ), для яких відбулося співпадання при порівнянні з ФПП(x). Приймемо час порівняння двох чисел за одиницю.

В прототипі порівняння ФПП(x) з усіма еталонними ФПП(φ) займає $E \cdot K \cdot D$ одиниць часу, потім для m еталонів проводиться порівняння еталонних ФПП(φ) з ФПП(y), що займає $m \cdot D$ одиниць часу. Загальний час порівняння таким чином буде дорівнювати $E \cdot K \cdot D + m \cdot D$.

При використанні пропонуємої модифікації порівняння k_x з k_φ еталонних ФПП(φ) займає $E \cdot K$ одиниць часу (визначення класу X), для m еталонних ФПП(φ), для яких відбулося співпадання ($m \leq E$), проводиться порівняння k_y з k_φ . Воно займає m одиниць часу. На цьому етапі визначається p ФПП(φ) еталонів, які відносяться до класу Y . Далі проводиться детальний етап порівняння еталонів класу Y з ФПП(x), де визначається q еталонів класу $X1$ ($q \leq p$). Він займає $p \cdot D$ одиниць часу. Останнім кроком розпізнавання буде детальний етап порівняння еталонів класу $X1$ з ФПП(y), де визначається клас $Y1$ еталонів. Він займає $q \cdot D$ одиниць часу. Загальний час запропонованого процесу порівняння буде дорівнювати $E \cdot K + m + (q + p) \cdot D$.

Прийmemo $E \cdot K \gg m \geq p \geq q$. Це виходить з того, що при великій кількості еталонів, однакових k_φ

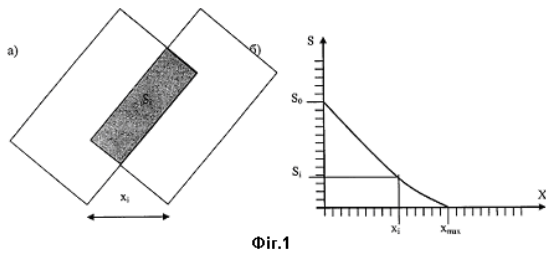
завжди буде менше загальної кількості напрямків сканування, тоді

$$\frac{E \cdot K + (q + p) \cdot D + m}{E \cdot K \cdot D + m \cdot D} \approx \frac{1}{D} + \frac{q + p}{E \cdot K + m} + \frac{m}{E \cdot K \cdot D + m \cdot D} \approx \frac{1}{D}$$

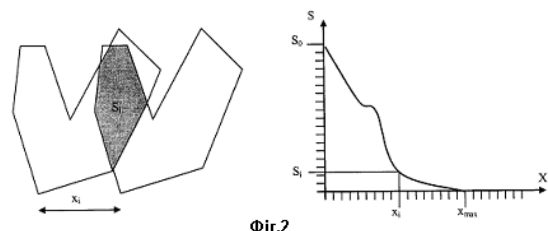
Таким чином, швидкодія даного методу в порівнянні з еталом збільшується приблизно в D раз ($D = l_{\max}$).

Пропонуємоий спосіб розпізнавання фігур базується на критерії, інваріантному відносно такого афінного перетворення, як паралельний зсув. При зміні розмірів фігури її функції площини перетину не змінюють форми, та легко масштабуються за розмірами, а інтегральні показники взагалі не змінюються. Не має необхідності поводити визначення ФПП вхідного зображення у всіх напрямках, тому що значення ФПП для всіх можливих напрямків зберігається у вигляді еталонних поверхонь. Внаслідок цього розпізнавання зображення можливе незалежно від кута його повороту за наявності відповідного еталону.

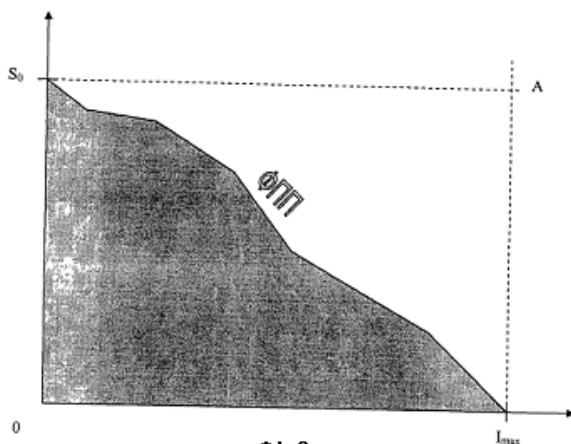
Даний спосіб розпізнавання дозволяє підвищити швидкодію роботи пристрою розпізнавання.



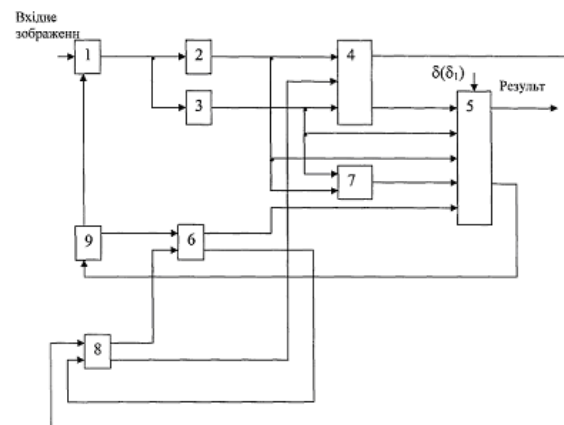
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4