

РОЗВИТОК ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ МЕХАНІКІВ ТА КОНСТРУКТОРІВ

УДК 519.876.5:51-7(04)

ОРГАНІЗАЦІЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕННЯ СУКУПНОСТІ МОМЕНТНИХ ОЗНАК МАСИВІВ ЦИФРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Дубчак Віктор Миколайович к.т.н. доцент
Вінницький національний аграрний університет
Dubchak V.
Vinnytsia National Agrarian University*

Анотація: в роботі приведені математичні моделі реалізації паралельних обчислень початкових та центральних моментних ознак зображень, встановлена доцільність та ефективність даних результатів досліджень.

Ключові слова: моментні ознаки(моменти), спеціалізований відеопроцесор-обчислювач, управляюча матриця, матрична модель, швидкодія, обчислювальна продуктивність та ефективність.

Вступ

Телевізійні інформаційно-вимірювальні, діагностичні системи фіксації та прийняття рішень, системи технічного зору (СТЗ) промислових роботів, кореляційно-експериментальні системи навігації вимагають не лише великих відповідних продуктивності та швидкості обробки, розпізнавання специфічних проблемноорієнтованих зображень у відповідних відео-процесорах розпізнавальних підсистем, але і вибору відповідного простору ознак, в якому здійснюється таке розпізнавання [1-4]. Визначення незмінних (інваріантних) ознак зображення є винятковим напрямком в теорії розпізнавання образів (зразків). З точки зору завадостійкості зручніше в якості ознак використовувати інтегральні характеристики зображення [5]. Математичною основою виділення інваріантних ознак служить теорія алгебраїчних інваріантів [1, 6], що досліджує клас алгебраїчних функцій, які не змінюються при деяких, наприклад, афінних, перетвореннях координат зображень. Якщо розглядати зображення як функцію координат $B(x,y)$, то в якості ознак можуть і часто використовуються відповідні: початкові, центральні, нормовані та інваріативні двовимірні моменти функції $B(x,y)$ розподілу інтенсивності, яскравості в візуальній площині СТЗ.

Існування однозначної взаємозалежності між початковим зображенням і його нескінченною сукупністю початкових моментних ознак [2] дозволяє з точністю до деякої наперед заданої похибки ε однозначно визначити зображення об'єкта скінченною сукупністю моментних ознак. Як правило, для розв'язання більшої частини практичних вище означених задач вимірювання координат об'єктів, їх можливих просторових орієнтацій, для просторового інваріантного розпізнавання, використовуються моментні ознаки невисоких порядків (приблизно до 4-го, 5-го порядків).

Огляд і обґрунтування

Відомо, що зміна положення об'єкта в площині телекамери може бути представлена як група $g(\Delta x, \Delta y, k, \alpha)$, що діє в просторі $x \in R^2$, де $\Delta x, \Delta y$ - зсуви об'єкта в площині, k – коефіцієнт масштабування зображення об'єкта (можуть бути різні k_x та k_y) [7], α – кут повороту об'єкта в площині (можуть бути і кути β, γ - відносно інших двох осей координат).

Задача полягає в побудові чи виборі з відомих функціоналів від моментів таких, що будуть

інваріантні до дії групи g . Наприклад, група $g(k, \alpha)$ задовольняє вимогу інваріантності лише в полярній системі координат. Нижче наведена система функціоналів володіє такою властивістю як збереження своїх значень при зміні параметрів k та α [6]:

$$\varphi_1 = \frac{M_{10}}{(M_{00})^2}, \varphi_2 = \frac{M_{20}}{(M_{00})^3}, \varphi_3 = \frac{(M_{01})^2 - M_{00} \cdot M_{02}}{(M_{00})^2}, \varphi_4 = \frac{M_{00} \cdot M_{11} - M_{01} \cdot M_{10}}{(M_{00})^3}, \quad (1)$$

де $M_{\alpha\beta}$ – моменти функції зображення $f(r, \varphi)$ в полярній системі координат:

$$M_{\alpha\beta} = \iint_x f(r, \varphi) \cdot r^\alpha \cdot \varphi^\beta dr d\varphi \quad (2)$$

Використання взаємозв'язків між початковими та центральними моментами, що інваріантні зсуву, дозволяє отримувати останні на основі знайдених обчислених відео процесором початкових моментів [1, 2]:

$$\begin{aligned} \mu_{00} &= M_{00}, \mu_{11} = M_{11} - y_c \cdot M_{10}, \mu_{11} = M_{11} - x_c \cdot M_{01}, \mu_{10} = \mu_{01} = 0, \\ \mu_{20} &= M_{20} - x_c \cdot M_{10}, \mu_{02} = M_{02} - y_c \cdot M_{01}, \\ \mu_{21} &= M_{21} - 2x_c \cdot M_{11} - y_c \cdot M_{20} + 2x_c^2 \cdot M_{10} \\ \mu_{03} &= M_{03} - 3y_c \cdot M_{02} + 2y_c^2 \cdot M_{01}, \\ \mu_{30} &= M_{30} - 3x_c \cdot M_{20} + 2x_c^2 \cdot M_{10}. \end{aligned} \quad (3)$$

Нормалізовані центральні моменти визначаються так:

$$\xi_{\alpha\beta} = \frac{\mu_{\alpha\beta}}{\mu_{00}^k}, \quad \text{де } K = \frac{(\alpha + \beta)}{2}, (\alpha + \beta) = 2, 3 \quad (4)$$

В роботі [1] описана нижче наведена система моментів, що інваріантні зсуву, повороту до 45° та двократній зміні масштабу зображення:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \xi_{20} + \xi_{02}, \varphi_2 = (\xi_{20} + \xi_{02})^2 + 4 \cdot \xi_{11}^2, \\ \varphi_3 &= (\xi_{30} - 3\xi_{12})^2 + (3\xi_{21} + \xi_{03})^2, \\ \varphi_4 &= (\xi_{30} + \xi_{12})^2 + (\xi_{21} + \xi_{03})^2, \\ \varphi_5 &= (\xi_{30} - 3\xi_{12}) \cdot (\xi_{30} + \xi_{12}) \cdot [(\xi_{30} + \xi_{12})^2 - 3(\xi_{21} + \xi_{03})^2] + \\ &+ (3\xi_{21} - \xi_{03}) \cdot (\xi_{21} + \xi_{03}) [3(\xi_{30} + \xi_{12})^2 - (\xi_{21} + \xi_{03})^2], \\ \varphi_6 &= (\xi_{20} - \xi_{02}) \cdot [(\xi_{30} + \xi_{12})^2 - (\xi_{21} + \xi_{03})^2] + \\ &+ 4\xi_{11}(\xi_{30} + \xi_{12})(\xi_{21} + \xi_{03}) \\ \varphi_7 &= (3\xi_{12} - \xi_{30}) \cdot (\xi_{30} + \xi_{12}) \cdot [(\xi_{30} + \xi_{12})^2 - 3(\xi_{21} + \xi_{03})^2] + \\ &+ (3\xi_{21} - \xi_{03}) \cdot (\xi_{21} + \xi_{03}) \cdot [3(\xi_{30} + \xi_{12})^2 - (\xi_{21} + \xi_{03})^2]. \end{aligned} \quad (5)$$

Крім вищезгаданих систем інваріантних моментів, в роботі [4] наводиться така система, що інваріантна до проєктивних перетворень:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{(\mu_{20} \cdot \mu_{02} - \mu_{11}^2)}{\mu_{00}^4}, \\ \varphi_2 &= \frac{\mu_{30}^2 \cdot \mu_{03}^2 - 6\mu_{30} \cdot \mu_{21} \cdot \mu_{12} \mu_{03} + 4\mu_{30} \cdot \mu_{12}^3 + 4\mu_{12}^3 \cdot \mu_{03} - 3\mu_{21}^2 \cdot \mu_{21}^2}{\mu_{00}^{10}} \\ \varphi_3 &= \frac{\mu_{20}(\mu_{21} \cdot \mu_{03} - \mu_{12}^2) - \mu_{11} \cdot (\mu_{30} \cdot \mu_{03} - \mu_{21} \cdot \mu_{12}) + \mu_{20} \cdot (\mu_{30} \cdot \mu_{12} - \mu_{21}^2)}{\mu_{00}^7} \end{aligned} \quad (6)$$

Таким чином, ми акцентуємо вище зробленим коротким оглядом цих інваріантів – функціоналів, що ряд відомих систем інваріантних моментів активно і широко використовується для розпізнавання зображень об'єктів.

Алгоритм розпізнавання, що базується на використанні моментних ознак, показаний на рис. 1[8].

Кожний вхідний об'єкт (зображення якого подано на ТВ - камеру), характеризується впорядкованим вектором (матрицею) інваріантних моментів $\varphi_i = \{\varphi_1^i, \varphi_2^i, \varphi_n^i\}$, і являє собою в n-вимірному просторі ознак точку. Для системи (5) цей вектор має 7 членів, для системи (6) – три члени. Для кожного еталонного зображення (чи відповідного набору його перетворених образів) спеціалізований відео процесор обчислює в режимі навчання відповідні системи моментів і результатний вектор інваріантних моментів φ_i .

Ці вектори, масиви зберігаються в пам'яті, а при розпізнаванні в блоці прийняття рішень по вибраному правилу, критерію приймається відповідне рішення про належність розпізнавального об'єкта (його зображення) до того чи іншого класу. В якості такого блоку можна використати нейронні моделі та нейроемулатори, нейропакети, що досить успішно і вже тривалий час демонструють свої переваги і досить малу похибку (<0,5-1%) при розпізнаванні [9-11].

Спеціалізований відеопроцесор – обчислювач

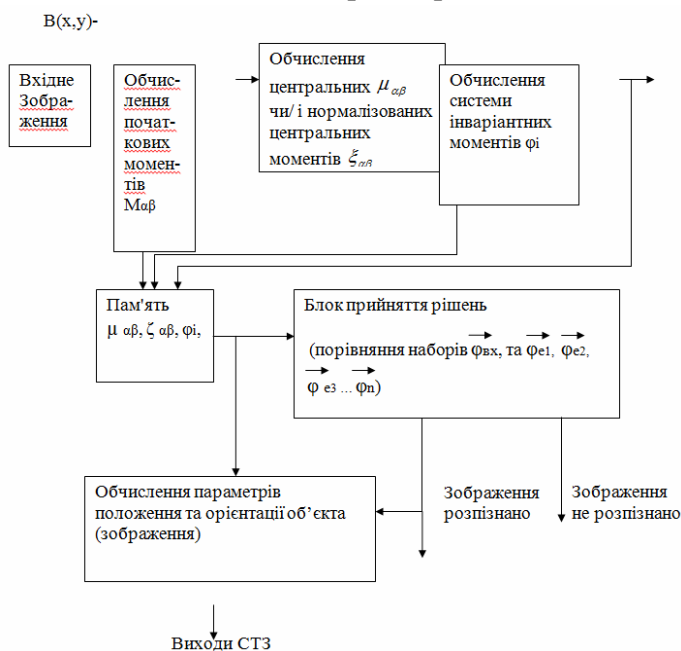


Рис. 1. Алгоритм та структура відеопроцесора розпізнавання на основі сукупності моментних ознак

Для обчислення початкових і на їх основі інших моментів зображень, особливо при значних розмірностях оброблюваних фрагментів зображень, при значному динамічному діапазоні цифрових відліків інтенсивності пікселів, значних кількостях моментних ознак та еталонних зображень, є значна потреба в підвищенні швидкодії, обчислювальної продуктивності та ефективності спеціалізованого відеопроцесора - обчислювача моментних ознак.

Огляд відомих робіт, що розв'язують цю проблему, показує, що в більшості випадків, для визначення кожної моментної ознаки $M_{\alpha\beta}$ використовується своя окрема математична модель та відповідний алгоритм чи спосіб, або окремий функціональний блок-вузол прискореного обчислення [12,13,14].

І лише в роботах [15,16,17], наводяться розроблені нові матричні математичні моделі для паралельного одночасного швидкодійного обчислення всієї сукупності початкових моментних ознак. Цей підхід і його моделі [15-17] орієнтуються на появу паралельних матричних, систолічних, конвеєрних процесорів, матрично-матричних лінійно-алгебраїчних процесорів [18] і суттєво збільшують показники та характеристики процесу обчислення двовимірних інтегральних ознак, в тому числі і моментних, але не лише момент них, а любых, ядром яких є функція від координат (x, y) та параметрів γ, β : Гядра (x, y; γ, β).

Однак матрична модель, розглянута в [15], передбачає жорстко прив'язану систему координат до кутової координати управляючої матриці. А модель, наведена в роботі [16], хоч і розширює

частково можливості прив'язки до будь-якої координатної системи, має той недолік, що в ній (див.рис.2. де показана управляюча матриця) при зсуві системи відліку в управляючій матриці рядок чи стовбець з нулевими значеннями. А це призводить до втрати деякої частини зображення при його обробці, бо відповідні значення яскравостей пікселів множаться на « нуль». З іншого боку, заборона в координатній системі вводити для зображення координати з нульовими значеннями, тобто: $i = 0$; $j = 0$; призводить до того, що відстань, крок між координатами (-1) та (1) стає рівним не «1» а «2».

Z=

16	1	0	1	16	81	256	625	1296	2401	...
-8	-1	0	1	8	27	64	125	216	343	...
4	1	0	1	4	9	16	25	36	49	...
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	...
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...

α

Рис. 2. Управляюча матриця матричної моделі

Тому метою нашої роботи поряд з вищерозглянутими перспективами використання інваріантів також є і вдосконалення матричної моделі паралельного обчислення сукупності моментів зображень і розширення її функціональних можливостей.

Вибір координатних осей x та y , як показано на рис. 3, дозволяє при зміщенні початку координат (з точки 0 в точку $0'$) на осі x та осі y відповідно на $\Delta x = x_c$ та $\Delta y = y_c$ проводити обчислення центральних моментів, а не початкових. При інших зміщеннях $\Delta x \neq x_c$ та $\Delta y \neq y_c$, де x_c, y_c – координати «центра ваги» зображення, початкові моменти та їх значення будуть залежати від вибору початкових координат.

Модифікація моделі

Введемо в розгляд деяку першу базову управляючу матрицю ZL , значення якої в залежності від координати j -(на осі y), причому $j \in 0, N$, $\beta \in 0, \beta_{\max}$, моменту $M\alpha\beta$ та y_c формується за такою формулою:

$$ZL_{\beta,j} = \left[\frac{j - y_c}{N} \right]^{(\beta_{\max} - \beta)} \quad (7)$$

Аналогічно введемо базову управляючу матрицю ZP , значення якої в залежності від координати i – (на осі x), причому $i \in 0, N$ (без зсуву), першого α – індекса (де $\alpha \in 0, \alpha_{\max}$) моменту $M\alpha\beta$ та x_c формується за формулою:

$$ZP_{i,\alpha} = \left[\frac{(i - x_c)}{N} \right]^{\alpha} \quad (8)$$

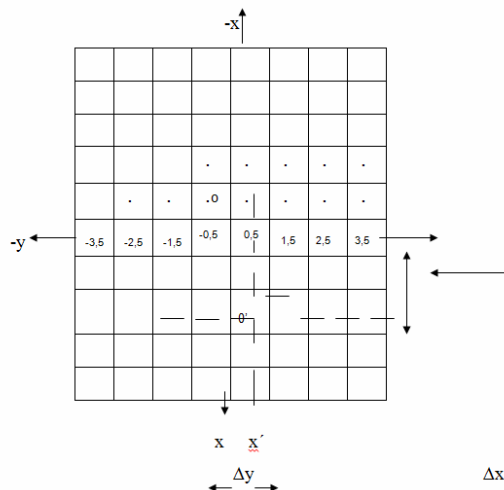


Рис. 3. Зміщення системи відліку

Матрицю ZP можна утворити з матриці ZL, врахувавши, що $x_s \neq u_s$, та виконавши дію матричного транспонування.

Фрагмент матриці ZP для $X_s=1,2$ показано нижче:

$$\alpha = 0 \dots \alpha_{\max}$$

$$\rightarrow$$

	0	1	2	3
0	1	$-9,449 \cdot 10^{-3}$	$8,928 \cdot 10^{-5}$	$-8,436 \cdot 10^{-7}$
1	1	$-1,575 \cdot 10^{-3}$	$2,48 \cdot 10^{-6}$	$-3,906 \cdot 10^{-9}$
2	1	$6,233 \cdot 10^{-3}$	$3,968 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$
3	1	0,014	$2,009 \cdot 10^{-4}$	$2,847 \cdot 10^{-6}$
4	1	0,022	$4,861 \cdot 10^{-4}$	$1,072 \cdot 10^{-5}$
...	1	0,03
127	1	0,991	0,981	0,972

ZP=

$$\downarrow$$

i = 0, ..., N

Суттєвою відмінністю цих матриць ZL та ZP є те, що їх значення нормовані не більше 1,0.

Крім базових управляючих матриць можливо створити ціле їх сімейство, які будуть відрізнятися лише тим, що індекси α та β будуть змінюватися в протилежному напрямку:

α зростає не “вправо”, а “вліво”, β “не вгору”, а “вниз”; що координати i та j зміняться не від “0” до “N”, а від “-N” до “0” і т.д. Це сімейство управляючих матриць дозволяє змінювати у вихідній матриці (масив моментів $M_{\alpha\beta}$) координати того чи іншого моменту. А це суттєво розширює функціональні можливості запропонованої моделі.

При використанні такої матричної моделі відбувається суттєве стиснення інформації, але як показують експерименти та моделювання, використання матриць псевдообернення, MOL та MOP, а саме

$$MOL = ZL^T \cdot (ZL \cdot ZP)^{-1}$$

$$MOP = (ZP \cdot ZL)^{-1} \cdot ZP^T \quad (11)$$

дозволяє з цієї сукупності (всього 25 моментів) відновити деякі зображення розмірністю $N \times N$ відліків повністю за допомогою наступного математичного виразу:

$$B_{ВДН} = MOL \cdot DNM \cdot MOP \quad (12)$$

Висновки

Запропонована модифікована модель паралельного обчислення сукупності центральних та початкових моментів, орієнтована на матричні апаратні реалізації пройшла тестування на комп'ютері, а результати моделювання підтвердили її високу цифрову точність та вказані вище переваги при виборі і системи координат і при формуванні сукупності моментів в потрібному місці масиву.

Список літератури

1. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.И. Распознавание и цифровая обработка изображений. Учебн. пособие. – М.: Высш. шк., 1983. – 295с.
2. An Wei. Target Recognition Under Projective Transformation / An Wei, Sun Zhongang, Xu Hui, Li Hong, Xiong HUI // Proc. SPIE, 1997. – Vol. 3073. – P. 87-93.
3. А.с. № 1412003 СССР: МКИ Н 04Н 7/18. Способ определения координаты геометрического центра светового пятна / В.Г. Красиленко, Р.В. Бойко. – Опубл. 1988, БИ № 27.
4. Баклицкий В.К. Методы фильтрации сигналов в корреляционно-экстремальных системах навигации [Текст]: монография / В.К. Баклицкий, А.М. Бочкарев, В.П. Мусьяков. – М.: Радио и связь, 1986. – 215 с.
5. Бойко Р.В. Быстродействующий метод вычисления моментных признаков при обработке изображений [Текст] / Р.В. Бойко, В.А. Комаров, В.Г. Красиленко // Автометрия. – 1989. – №6. – С.16-22.

6. Жаботинский Ю. Д. Адаптивные промышленные роботы и их применение в микроэлектронике [Текст] / Ю.Д. Жаботинский, Ю.В. Исаев. – М.: Радио и связь, 1985. – 104 с.
7. Красиленко В.Г. Быстродействующий метод пофрагментного интегрирования для вычисления инвариантных признаков при обработке изображений [Текст] / В.Г. Красиленко, В.Н. Дубчак, Р.Н. Бойко. – Винница, 1989. – 14 с.: илл. – Библиогр.: 10 назв. – рус. – Деп. в УкрНИИИИТИ, № 1466. – Ук. 89.
8. Коржук А.Н. Инвариантное распознавание трехмерных объектов в системе технического зрения [Текст] / А.Н.Коржук, Н.В. Коваленко / Материалы научного семинара, МДНТП. – М., 1990. – С. 8-9.
9. Красиленко В.Г. Оптоэлектронные структуры в информационно-вычислительных системах обработки изображений: автореф. дисс. канд.техн.наук: 05.11.16 “Информационно-измерительные системы (в науке и промышленности)” [Текст] / В.Г. Красиленко. – Винница: ВПИ, 1988. – 28 с.
10. Ковтонюк Н.Ф. Оптико-электронный процессор, вычисляющий начальные моменты для систем технического зрения [Текст] / Н.Ф. Ковтонюк, Ю.Д. Думаревский, А.Н. Козлов // Материалы семинара, МДНТП. – М., 1990. – С. 70-74.
11. Krasilenko V.G. Optical pattern recognition algorithms based on neural-logic equivalent models and demonstration of their prospects and possible implementations / V.G. Krasilenko, A.I. Nikolsky, V.M. Voloshin, A. Zaitsev // Proc. of SPIE. – 2001. – Vol. 4387. – P. 247-260.
12. Krasilenko V.G. Prospects of liquid crystal structures application in instrumental realizations of neural network matrix-tensor equivalent models (MTEM) / V.G. Krasilenko, A.I. Nikolsky, M.Y. Bilynska, A.L. Pastushenko // Proc. SPIE, 2002. – Vol. 4938. – P. 212-222.
13. Красиленко В.Г. Спеціалізований матричний обчислювач сукупності узагальнених моментних ознак [Текст] / В.Г. Красиленко, В.М. Дубчак, О.В. Грабчак // Збірник VIII НТП “Наука і навчальний процес”. – Вінниця, 2008. – С. 104-105.
14. Красиленко В.Г. Спецвычислитель моментных признаков изображения в управляющих системах [Текст] / В.Г. Красиленко, Л.Б. Лицинська, В.П. Кожемяко. – УСИМ. – 1994. – № 4-5. – С. 79-83.
15. Красиленко В.Г. Матрична модель паралельного обчислення сукупності моментних ознак зображень [Текст] / В.Г. Красиленко, В.М. Дубчак, О.В. Коцюруба // Матеріали 2-ї НТК “Розвиток наукових досліджень – 2006”. – Полтава: Вид-во “Інтер-Графіка”, 2006. – Т. 6. – С. 88-93.
16. Красиленко В.Г. Спеціалізований матричний обчислювач сукупності узагальнених моментних ознак [Текст] / В.Г. Красиленко, В.М. Дубчак, О.В. Грабчак // Збірник VIII НТП “Наука і навчальний процес”. – Вінниця, 2008. – С. 104-105.
17. Красиленко В.Г. Про один підхід до обчислення моментних ознак масивів цифрової інформації [Текст] / В.Г. Красиленко, В.М. Дубчак, О.В. Коцюруба // Матеріали III міжнародної НПК “Ефективні інструменти сучасних наук – 2007” – Дніпропетровськ: Наука і образование, 2007. – Т. 9. – С. 34-38.
18. Красиленко В.Г. Алгоритми та архітектури для високоточних матрично-матричних перемножувачів на основі оптичної чотиризначної знакозміної арифметики [Текст] / В.Г. Красиленко, Е.В. Дубов, В.І. Яцковський, О.І. Худолій // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2004. – № 1. – С. 13-26.

References

1. Anisimov B.V. , Kurganov V.D. , Zlobin V.I. Raspoznavaniye i tsifrovaya obrabotka izobrazheniy. Uchebn posobiye . - M. : Vyssh. shk. , 1983 . - 295s .
2. An Wei. Target Recognition Under Projective Transformation / An Wei, Sun Zhongang, Xu Hui, Li Hong, Xiong HUI // Proc. SPIE, 1997. – Vol. 3073. – P. 87-93.
A.s. № 1412003 SSSR: MKI H 04N 7/18. Sposob opredeleniya koordinaty geometricheskogo tsentra svetovogo pyatna / V.G. Krasilenko, R.V. Boyko. - Opubl. 1988, BI № 27.
4. Baklitskiy V.K. Metody fil'tratsii signalov v korrelyatsionno-ekstremal'nykh sistemakh navigatsii [Tekst]: monografiya / V.K. Baklitskiy, A.M. Bochkarev, V.P. Mus'yakov. - M. : Radio i svyaz', 1986. - 215 s.
5. Boyko R.V. Bystrodeystvuyushchimi metod vychisleniya momentnykh priznakov pri obrabotke izobrazheniy [Tekst] / R.V. Boyko, V.A. Komarov, V.G. Krasilenko // Avtometriya. - 1989. - №6. - S.16-22.
6. Zhabotinskiy YU. D. Adaptivnyye promyshlennyye roboty i ikh primeneniye v mikroelektronike [Tekst] / YU.D. Zhabotinskiy, YU.V. Isayev. - M. : Radio i svyaz', 1985. - 104 s.
7. Krasilenko V.G. Bystrodeystvuyushchimi metod pofragmentnogo integrirovaniya dlya vychisleniya invariantnykh priznakov pri obrabotke izobrazheniy [Tekst] / V.G. Krasilenko, V.N. Dubchak, R.N. Boyko. - Vinnitsa, 1989. - 14 s. : ill. - Bibliogr. : 10 nazvaniy. - Rus. - Dep. v UkrNIINTY, № 1466. - Uk. 89.

8. Korzhuk A.N. *Invariantnoye raspoznavaniye trekhmernykh ob'yektov v sisteme tekhnicheskogo zreniya* [Tekst] / A.N.Korzhuk, N.V. Kovalenko / *Materialy nauchnogo seminaru, MDNTP*. - M., 1990. - S. 8-9.
9. Krasilenko V.G. *Optoelektronnyye struktury v informatsionno-vychislitel'nykh sistemakh obrabotki izobrazheniy: Avtoref. diss. kand.tekhn.nauk: 05.11.16 "Informatsionno-izmeritel'nyye sistemy (v nauke i promyshlennosti)"* [Tekst] / V.G. Krasilenko. - Vinnitsa: VPI, 1988. - 28 s.
10. Kovtonyuk N.F. *Optiko-elektronnyy protsessor, vychislyayushchiy nachal'nyye momenty dlya sistem tekhnicheskogo zreniya* [Tekst] / N.F. Kovtonyuk, YU.D. Dumarevskiy, A.N. Kozlov // *Materialy seminaru, MDNTP*. - M., 1990. - S. 70-74.
11. Krasilenko V.G. *Optical pattern recognition algorithms based on neural-logic equivalent models and demonstration of their prospects and possible implementations* / V.G. Krasilenko, A.I. Nikolsky, V.M. Voloshin, A. Zaitsev // *Proc. of SPIE*. – 2001. – Vol. 4387. – P. 247-260.
12. Krasilenko V.G. *Prospects of liquid crystal structures application in instrumental realizations of neural network matrix-tensor equivalent models (MTEM)* / V.G. Krasilenko, A.I. Nikolsky, M.Y. Bilynska, A.L. Pastushenko // *Proc. SPIE*, 2002. – Vol. 4938. – P. 212-222.
13. Krasilenko V.G. *Spetsializirovannyi matrichnyy vychislitel' sovokupnosti obobshchennykh momentnykh priznakov* [Tekst] / V.G. Krasilenko, V.M. Dubchak, A.V. Grabchak // *Sbornik VIII NTP "Nauka i uchebnyy protsess"*. - Vinnitsa, 2008. - S. 104-105.
14. Krasilenko V.H. *Spetsobchyslyuvacha momentnykh oznak zobrazhennya v upravlyayuchykh sistemakh* [Tekst] / V.H. Krasilenko, L.B. Lishchynska, V.P. Kozhemyako. - USYM. - 1994. - № 4-5. - S. 79-83.
15. Krasilenko V.G. *Matrichnaya model' parallel'nogo vychisleniya sovokupnosti momentnykh priznakov izobrazheniy* [Tekst] / V.G. Krasilenko, V.M. Dubchak, A.V. Kotsyuruba // *Materialy 2-y NTK "Razvitiye nauchnykh issledovaniy - 2006"*. - Poltava: Izd-vo "Inter grafika", 2006. - T. 6. - S. 88-93.
16. Krasilenko V.G. *Spetsializirovannyi matrichnyy vychislitel' sovokupnosti obobshchennykh momentnykh priznakov* [Tekst] / V.G. Krasilenko, V.M. Dubchak, A.V. Grabchak // *Sbornik VIII NTP "Nauka i uchebnyy protsess"*. - Vinnitsa, 2008. - S. 104-105.
17. Krasilenko V.G. *Ob odnom podkhode k vychisleniyu momentnykh priznakov massivov tsifrovoy informatsii* [Tekst] / V.G. Krasilenko, V.M. Dubchak, A.V. Kotsyuruba // *Materialy III mezhdunarodnoy NPK "Effektivnyye instrumenty sovremennykh nauk - 2007"* - Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovaniye, 2007. - T. 9. - S. 34-38.
18. Krasilenko V.G. *Algoritmy i arkhitektury dlya vysokotochnykh matrichno-matrichnykh peremnozhuвачiv na osnove opticheskoy chetyrekhznachnogo znakoperemnoy arifmetiki* [Tekst] / V.G. Krasilenko, Ye.V. Dubov, V.I. Yatskovskiy, A.I. Khudoley // *Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh*. - 2004. - № 1. - S. 13-26.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ СОВОКУПНОСТИ МОМЕНТНЫХ ПРИЗНАКОВ МАССИВОВ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: в работе приведены математические модели реализации параллельных вычислений начальных и центральных моментных признаков изображений, установлена целесообразность и эффективность данных результатов исследований.

Ключевые слова: моментные признаки (моменты), специализированный видеопроцессор-вычислитель, управляющая матрица, матричная модель, быстрдействие, вычислительная производительность и эффективность.

OF PARALLEL ALGORITHMS AND CALCULATION METHOD POPULATION INSTANTANEOUS FEATURES ARRAY OF DIGITAL INFORMATION

Summary: the mathematical model of parallel computing implementation and initial signs tsestradnykh moment images, the expediency and effectiveness of these research results.

Keywords: torque characteristics (torque) dedicated video processor, calculator, the management matrix, matrix model, speed, computing performance and efficiency.