

Т.М. Локтікова, доц.
Житомирський державний технологічний університет
В.Б. Марченко, інж.
Філія “Житомирське центральне відділення ПІБ”
Н.О. Фрайденбергер, викл.
Житомирський коледж бізнесу і права

МЕТОД ТА АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ МАШИННОГО ЗОРУ

Вибрано метод та розроблено алгоритм обробки та розпізнавання зображень для системи машинного зору, інваріантний до зсуву, повороту та зміни масштабу, з метою подальшого сортування та контролю якості деталей складної форми. Було проведено моделювання алгоритму. Запропоновано апаратну реалізацію системи машинного зору.

Постановка проблеми

На сьогодні в промисловості прагнуть скоротити час рутинної людської праці. Часто останнім етапом виробництва є операції сортування та контролю якості виготовленої продукції. Заміна людини саме на цих операціях є складним завданням, оскільки тут перед розробником постає проблема заміни людського зору.

Око є універсальним приладом, який дозволяє визначати розміри предметів, кольорову гаму, межі тіней тощо. Людина не просто дивиться на предмети, вона змінює кут зору і одержує повну інформацію про їхню форму та розмір, яку мозок аналізує і робить висновки.

Раніше з цією метою використовували системи “технічного зору”. Тобто вважали, що якщо є відеокамера і плата введення зображення, то цього цілком достатньо, щоб замінити людське око.

Наступним етапом розвитку систем “технічного зору” стали системи “машинного зору” [1]. Це – новий клас систем, в завдання яких входить отримання зображення, його математичний аналіз і, після цього, отримання висновків, на основі яких здійснюється керування різними процесами або механізмами.

Однією з областей застосування систем машинного зору (СМЗ) є машинобудування, де необхідно проводити сортування та контроль якості деталей складної форми. Ця галузь виробництва характеризується наявністю газів, диму та пилу.

Створення системи машинного зору – складна технічна задача, яка вимагає правильного вибору апаратних засобів (відеокамери, оптики, плати введення відеозображення в персональний комп’ютер) і розробки керуючої програми для кожного конкретного випадку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день існує багато способів апаратної побудови СМЗ, які можна звести до трьох основних структур для цифрової обробки зображень (рис. 1)[2].

У загальному розумінні головною задачею керуючої програми системи машинного зору є задача автоматичного розпізнавання зображення.

При вирішенні задачі розпізнавання зображення виділяють два основні етапи: попередня обробка зображення і безпосередньо розпізнавання об’єкта (класифікація або ідентифікація).

Результатом попередньої обробки зображення є такий опис проекції об’єкта, за якого забезпечується задана надійність розпізнавання [3], [4]. До попередньої обробки зображення належать такі операції:

- фільтрація (згладжування) зображення;
- сегментація зображення;
- опис об’єктів в просторі ознак.

Основним етапом попередньої обробки зображення є сегментація, оскільки саме на цій стадії обробки об’єкти (деталі) виділяються із сцени для подальшого розпізнавання і аналізу. На сьогодні існує багато методів сегментації, які ґрунтуються на двох принципах: подібності та розривності. На принципі подібності засновані методи виділення контурного препарату зображення на основі локального аналізу, глобального аналізу за допомогою перетворення Хуа або глобального аналізу за допомогою методів теорії графів. На другому принципі засновані методи пошуку порогового рівня яскравості зображення на основі її гістограми. Серед таких найбільш поширеними є дискримінантний та ентропійний критерії.

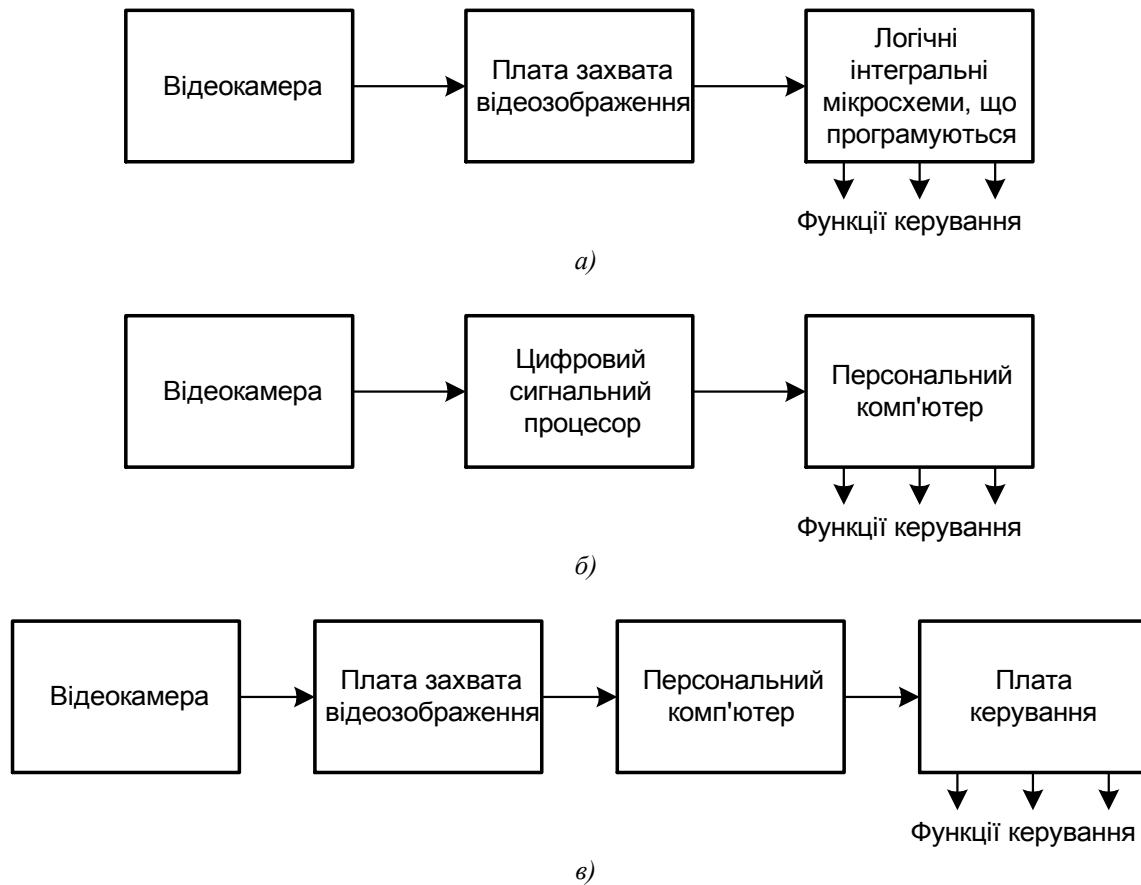


Рис. 1. Основні структури для цифрової обробки зображень

Для вирішення задачі безпосереднього розпізнавання зображення використовуються такі методи, як кластеризація, факторний аналіз, дискримінантний аналіз, нейромережеві методи, вейвлет-перетворення [5], [6].

Постановка завдання

В даній статті здійснюється вибір методу та розробка алгоритму обробки та розпізнавання зображень для системи машинного зору, інваріантного до зсуву, повороту та зміни масштабу, з метою подальшого сортування та контролю якості деталей складної форми в умовах підвищених загазованості, задимленості та запиленості.

Виклад основного матеріалу

В запропонованій СМЗ попередня обробка зображення виконується за допомогою дискримінантного критерію пошуку глобального порогу яскравості. Даний метод цілком може бути застосований для обробки зображень в умовах підвищених загазованості, задимленості та запиленості, оскільки не залежить від рівня освітлення сцени. Крім того, на відміну від методів виділення контурного препарату, цей метод не містить великої кількості обчислювальних операцій, що знижує вимоги до вибору апаратних засобів системи.

За дискримінантним критерієм оцінюється міра роздільності класів [7]:

$$\lambda = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_W^2}, k = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_W^2}, \eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2}, \tag{1}$$

де σ_W^2 – внутрішньокласова дисперсія рівнів яскравості, σ_B^2 – міжкласова дисперсія рівнів яскравості, σ_T^2 – повна дисперсія рівнів яскравості.

При цьому

$$\begin{aligned} \sigma_W^2 &= \omega_0 \sigma_0^2 + \omega_1 \sigma_1^2, \\ \sigma_B^2 &= \omega_0 (\mu_0 - \mu(L))^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu(L))^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_1 - \mu_0)^2, \\ \sigma_T^2 &= \sum_{i=1}^L (i - \mu(L))^2 p_i, \end{aligned} \tag{2}$$

де ω_1 і ω_0 – ймовірності приналежності будь-якої точки до об’єкта (λ_1) або фону (λ_0); μ_1 і μ_0 – середні рівні яскравостей об’єкта і фону відповідно; $\mu(L)$ – середній рівень яскравості всього зображення; σ_1 та σ_0 – дисперсії яскравостей об’єкта і фону відповідно.

Найкращим глобальним порогом вважається поріг t^* , що максимізує одну з критеріальних функцій λ, k, η .

Найпростішою мірою відносно глобального порогу t^* є функція $\eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2}$, оскільки для її обчислення не вимагається знання дисперсій яскравостей об’єкта і фону, а достатньо тільки значень середніх рівнів яскравості фону $\mu(t)$ і всього зображення $\mu(L)$ та ймовірності приналежності будь-якої точки до фону $\omega(t)$.

Таким чином, оптимальний поріг t^* задовольняє умову:

$$\sigma_B^2(t^*) = \max_{1 \leq t \leq L} \sigma_B^2(t), \tag{3}$$

$$\text{де } \sigma_B^2(t) = \frac{[\mu(L)\omega(t) - \mu(t)]^2}{\omega(t)[1 - \omega(t)]}. \tag{4}$$

На основі знайденого глобального порогу вхідне зображення бінаризується:

$$S(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } f(x, y) > t^* \\ 0, & \text{якщо } f(x, y) \leq t^* \end{cases}, \tag{5}$$

де нулі відповідають точкам фону, а одиниці – точкам об’єкта.

Для забезпечення інваріантності до зсуву, повороту та зміни масштабу зображення застосовується операція нормалізації [8].

Оскільки бінаризоване зображення на площині xOy однозначно визначається скалярною функцією $S(R)$, ($R = (x, y)$ – вектор з компонентами x і y), нормалізація зображення еквівалентна наступним операціям над кожним вектором R :

$$R_0 = M_\psi \cdot M_k \cdot (R - R_c), \tag{6}$$

де R_0 – нормалізований вектор, R_c, M_ψ, M_k – вектор і матриці перетворення на відповідних етапах нормалізації: на першому етапі нормалізації зображення має місце його плоско-паралельний зсув на величини X_c і Y_c уздовж відповідних осей, на другому етапі – орієнтування, тобто поворот на кут ψ , на третьому етапі – масштабування в k разів.

При цьому

$$R = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}, R_c = \begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \end{pmatrix}, M_\psi = \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi \\ \sin \psi & \cos \psi \end{pmatrix}, M_k = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}. \tag{7}$$

Першим кроком нормалізації є пошук центра ваги об’єкта, тому що алгоритми пошуку саме цього елемента є інваріантними до зсуву та повороту вхідного зображення об’єкта:

$$X_c = \frac{1}{M_c} \sum_{i=1}^{M_c} x_i, Y_c = \frac{1}{M_c} \sum_{i=1}^{M_c} y_i, \tag{8}$$

де M_c – загальна кількість точок об’єкта.

В результаті центрування проекція об’єкта буде описуватися зміщеною функцією яскравості $S_1(x, y) = S(x - X_c, y - Y_c)$.

Для орієнтування використовуються такі інтегральні характеристики зображення, як його моменти різних порядків:

$$\mu_{\alpha\beta} = \sum_{i=1}^{M_c} x_i^\alpha y_i^\beta. \tag{9}$$

Кут ψ повороту зображення проти годинникової стрілки щодо початкового положення для отримання нормалізованого зображення розраховується за формулою:

$$\psi_0 = 0,5 \cdot \arg \operatorname{tg} \frac{2\mu_{11}}{\mu_{02} - \mu_{20}}. \tag{10}$$

Зазначимо, що стандартному зображенню відповідає проекція об'єкта, для якої виконуються такі умови:

$$\mu'_{11} = 0, \mu'_{02} > \mu'_{20}, \mu'_{30} > 0,$$

де $\mu'_{20}(\psi) = \mu_{20} \cos^2 \psi + \mu_{02} \sin^2 \psi - \mu_{11} \sin 2\psi,$

$$\mu'_{02}(\psi) = \mu_{20} \sin^2 \psi + \mu_{02} \cos^2 \psi + \mu_{11} \sin 2\psi,$$

$$\mu'_{11}(\psi) = 0,5(\mu_{20} - \mu_{02}) \sin 2\psi + \mu_{11} \cos 2\psi,$$

$$\mu'_{30}(\psi) = \mu_{30} \cos^3 \psi - 2\mu_{21} \cos^2 \psi \sin \psi + 2\mu_{12} \cos \psi \sin^2 \psi - \mu_{03} \sin^3 2\psi.$$

Таким чином, остаточна формула для розрахунку кута повороту вхідного зображення об'єкта має вигляд:

$$\psi_0 = 0,5 \operatorname{arg} \operatorname{tg} \frac{2\mu'_{11}}{\mu'_{02} - \mu'_{20}} + \nu \frac{\pi}{2} \quad (\nu = 0, 1, 2, \dots).$$

Запропонований метод попередньої обробки зображення дає змогу для подальшого розпізнавання об'єкта використовувати нейронну мережу Хеммінга. Дана мережа працює дуже просто і швидко. Вихідний сигнал формується в результаті проходження через всього лише один шар нейронів. Ідея роботи мережі полягає в знаходженні відстані Хеммінга від образу, що розпізнається, до всіх зразків [9]. Мережа повинна вибрати зразок з мінімальною відстанню Хеммінга до невідомого вхідного сигналу, внаслідок чого буде активізований тільки один вихід мережі, що відповідає цьому зразку.

У мережі Хеммінга використаний один з найпростіших алгоритмів формування синаптичних ваг мережі:

$$w_{ik} = \frac{x_i^k}{2}, \quad k = \overline{0, m-1}, \quad i = \overline{0, n-1},$$

де m – кількість об'єктів, що розпізнаються мережею, n – розмірність вхідного сигналу,

x_i^k – i -й елемент k -го об'єкта.

В даному випадку активаційна функція мережі $f(q)$ є лінійною з насиченням (рис. 2).

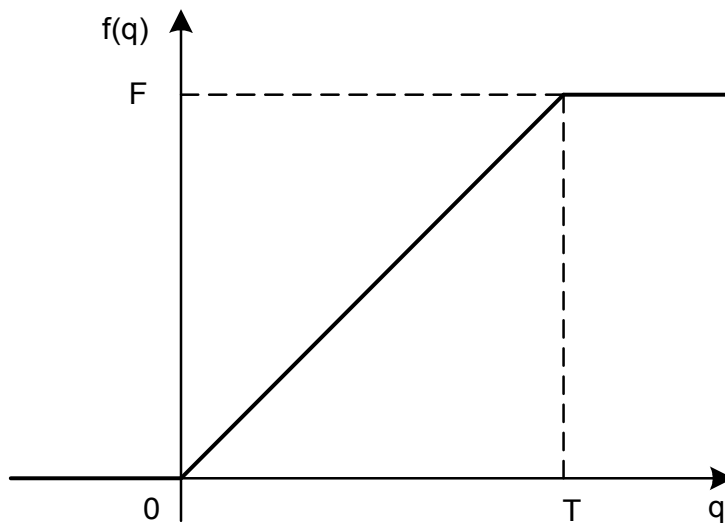


Рис. 2. Активаційна функція нейронів мережі Хеммінга

З урахуванням всього вищевикладеного був розроблений алгоритм обробки і розпізнавання зображень в СМЗ, структурна схема якого зображена на рис. 3.

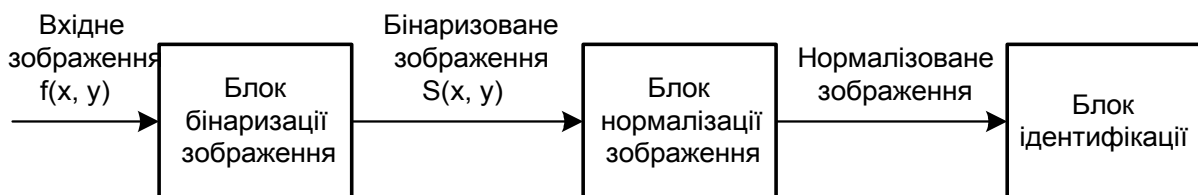


Рис. 3. Структурна схема алгоритму

Було проведено моделювання алгоритму із застосуванням програмного пакету Visual C++ 6.0 в операційній системі Windows, результати якого наведені на рис. 4.

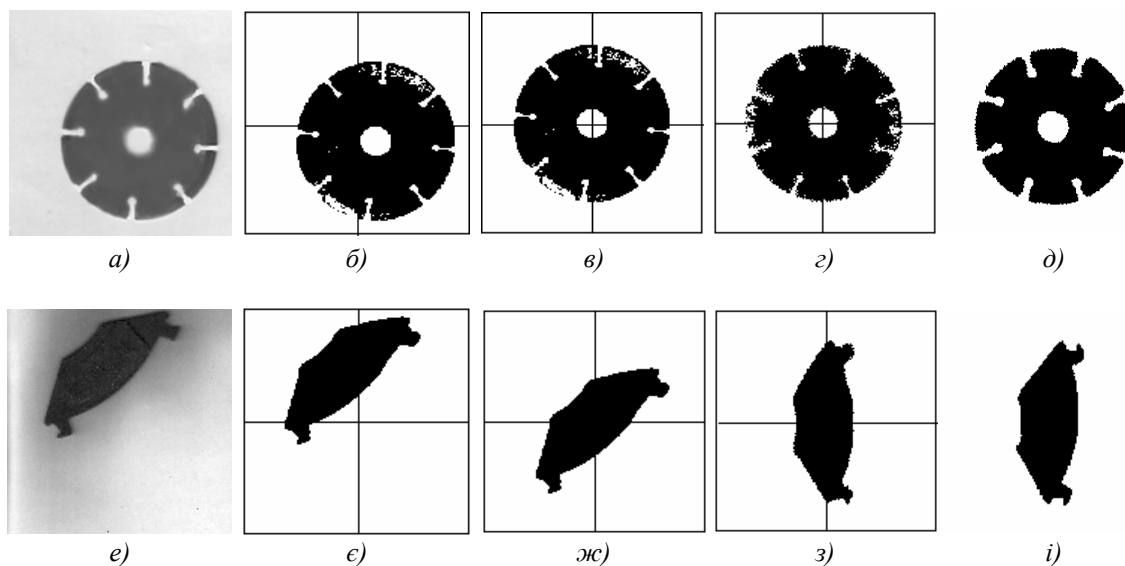


Рис. 4. Результати моделювання: а,е – вхідне зображення, б,є – бінаризоване зображення, в,ж – централізоване зображення, г,з – нормалізоване зображення, д,і – розпізнане зображення

Моделювання алгоритму обробки та розпізнавання зображення показало, що відносна похибка попередньої обробки першого зображення склала 5,3 %, другого – 2,3 %, що є достатнім для подальшого використання нейронної мережі Хеммінга, оскільки дана мережа здатна розпізнавати об'єкти, спотворені на 30 %.

Висновки

Використання нейронної мережі Хеммінга призводить до значного збільшення кількості обчислювальних операцій, що містить алгоритм обробки та розпізнавання зображень в СМЗ, тому для його реалізації необхідно використовувати спеціальні цифрові сигнальні процесори, серед яких можна рекомендувати процесор ADSP-BF561 сімейства Blackfin фірми Analog Devices [10]. Цей процесор має продуктивність 3000 ММАС, а також до його складу входить спеціальний порт PPI для безпосереднього введення зображень з цифрових відеокамер. Для загального керування системою використовується персональний комп'ютер. Крім того, до апаратного забезпечення запропонованої СМЗ включено спеціальне кільцеве освітлення, призначене для створення рівномірного розсіяного освітлення в промислових умовах, що покращує якість розпізнавання об'єктів. Тоді структурна схема СМЗ приймає вигляд (рис. 5).

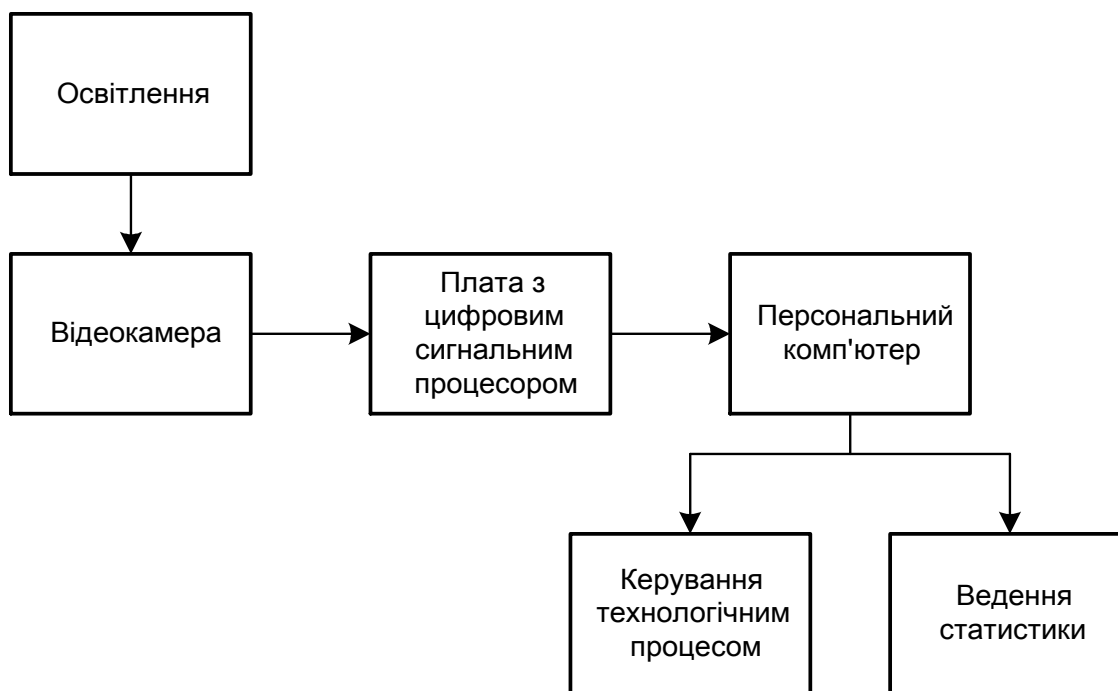


Рис. 5. Структурна схема СМЗ

Зазначимо, що запропонована СМЗ використовується для обробки та розпізнавання двовимірних зображень, але при подальшому удосконаленні на її основі можна виконати розробку СМЗ, що буде здійснювати розпізнавання тривимірних зображень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Соколов Г. Новейшие тенденции и перспективы развития систем машинного зрения // Мир компьютерной автоматизации. – 2000. – №3. – С. 12–17.
2. Борисов Ю., Грошев А. и др. Модуль цифровой обработки ИК-изображений // Компоненты и технологии. – 2002. – №2. – С. 14–22.
3. Катус Г.П. Техническое зрение роботов. Автоматическая обработка и интерпретация изображений // Информационные технологии. – 2001. – №1. – С. 9–17.
4. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
5. Головки В.А. Нейросетевые методы распознавания изображения. – Брест: Брестский политехнический институт, 1999. – 260 с.
6. Плекин В.Я., Малышев В.А. Алгоритм распознавания изображения с помощью вейвлет-преобразования // Работы Третьей Международной конференции DSPA-2000, 2000. – С. 56–59.
7. Бакут П.А., Колмогоров Г.С. Сегментация изображений: методы пороговой обработки // Зарубежная электроника. – 1987. – №10. – С. 6–24.
8. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высш. школа, 1983. – 295 с.
9. Короткий С. Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга // Компьютерная графика. – 2001. – №3. – С. 43–59.
10. Охрименко В. Blackfin – сигнальные процессоры для мобильных приложений // Электронные компоненты и системы. – 2004. – №3. – С. 20–24.

ЛОКТИКОВА Тамара Миколаївна – доцент кафедри автоматики та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– цифрова обробка сигналів та розпізнавання образів.

Тел.: (0412) 24-14-17.

E-mail: dfikt_ltn@us.ziet.zhitomir.ua

МАРЧЕНКО Віктор Борисович – інженер-програміст філії “Житомирське центральне відділення ПІБ”.

Наукові інтереси:

– комп’ютерна обробка сигналів.

Тел.: 8-066-7979500.

E-mail: vulkan@ukr.net

ФРАЙДЕНБЕРГЕР Наталія Олександрівна – викладач інформатики Житомирського коледжу бізнесу і права.

Наукові інтереси:

– комп’ютерна обробка сигналів.

Тел.: (0412) 24-21-31.

E-mail: fraiden@mail.ru

Подано 11.11.2004

Локтікова Т.М., Марченко В.Б., Фрайденбергер Н.О. Метод та алгоритм обробки та розпізнавання зображень для системи машинного зору

Локтикова Т.Н., Марченко В.Б., Фрайденбергер Н.А. Метод и алгоритм обработки и распознавания изображений для системы машинного зрения

Loktikova T.N., Marchenko V.B., Fraydenberger N.A. Method and algorithm of processing and recognition of the images for the system of computer vision

УДК 004.932

Метод та алгоритм обробки та розпізнавання зображень для системи машинного зору / Т.М. Локтікова, В.Б. Марченко, Н.О. Фрайденбергер // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 4 / Технічні науки. – С. ??-??: ил. 5. – Бібліогр.: 10 назв.

Вибрано метод та розроблено алгоритм обробки та розпізнавання зображень для системи машинного зору, інваріантний до зсуву, повороту та зміни масштабу, з метою подальшого сортування та контролю якості деталей складної форми. Було проведено моделювання алгоритму. Запропоновано апаратну реалізацію системи машинного зору.

УДК 004.932

Метод и алгоритм обработки и распознавания изображений для системы машинного зрения / Т.Н. Локтикова, В.Б. Марченко, Н.А. Фрайденбергер // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 4 / Технічні науки. – С. ??-??: ил. 5. – Библиогр.: 10 назв.

Выбран метод и разработан алгоритм обработки и распознавания изображений для системы машинного зрения, инвариантний к сдвигам, повороту и изменению масштаба, с целью последующей сортировки и контроля качества деталей сложной формы. Было проведено моделирование алгоритма. Предложена аппаратная реализация системы машинного зрения.

УДК 004.932

Method and algorithm of processing and recognition of the images for the system of computer vision / T.N. Loktikova, V.B. Marchenko, N.A. Fraydenberger // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 4 / Технічні науки. – P. ??-??: il. 5. – Refs.: 10 titles.

The method is selected and the algorithm of processing and recognition of the images for the system of computer vision, invariant to shifts, rotational displacement and rescaling is designed, with the purpose of the subsequent sorting and quality control of details of the composite form. Modeling of algorithm was carried out. The hardware realization of the system of computer vision is offered.