

УДК 621.9.01

**О. Г. Дерев'янченко**, д-р техн. наук,

**О. Ю. Бабілуंगा**, канд. техн. наук,

**А. О. Соценко**

### **РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗОН ЗНОСУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОПИСУ ТЕКСТУР**

*Анотація.* Досліджено використання статистичного підходу до опису текстурних зображень зон зносу різального інструменту. Реалізовано алгоритм обчислення ознак текстурних зображень на основі побудови матриці суміжності. Проведено оцінку інформативності обчислених ознак. Підтверджено підвищення достовірності розпізнавання зон зносу різальних інструментів на основі отриманого опису текстурних зображень

**А. Г. Дерев'янченко**, д-р техн. наук,

**О. Ю. Бабілуंगा**, канд. техн. наук,

**А. А. Соценко**

### **РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗОН ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ ТЕКСТУР**

*Аннотация.* Исследовано применение статистического подхода к описанию текстурных изображений зон износа режущего инструмента. Реализован алгоритм вычисления признаков текстурных изображений, основанный на построении матрицы смежности. Проведена оценка информативности вычисленных признаков. Подтверждено повышение достоверности распознавания зон износа режущего инструмента на основе полученного описания текстурных изображений.

**A. G. Derevyanchenko**, ScD,

**O. Yu. Babilunga**, PhD,

**A. A. Socenko**

### **IMAGE RECOGNITION ZONES CUTTING TOOL WEAR USING A STATISTICAL APPROACH TO THE DESCRIPTION OF TEXTURES**

*Abstract.* The statistical approach to describe texture image zones of wear of cutting tools was investigated. The algorithm for computing features of image texture based on the co-occurrence matrix was development. The evaluation of information features was made. Increasing the reliability of recognition zones of wear of cutting tools based on that description of the texture images was confirmed.

В умовах автоматизованого виробництва при обмеженій участі оператора в управлінні процесом обробки забезпечення надійності різального інструменту (РІ) стає особливо важливим. За відсутності на верстаті систем контролю і діагностики стану різального інструменту звичайно на практиці використовується примусова заміна різального інструменту (незалежно від ступеня використання індивідуального ресурсу різальної частини) – для попередження появи відмов різального інструменту. Така стратегія виявляється недоцільною з точки зору економічної ефективності, особливо при проведенні прецизійної обробки [1].

Зображення різальної частини (РЧ) РІ, що сформовані за допомогою комп'ютерної системи технічного зору, мають складну структуру, яка визначається двома складовими. По-перше, різноманіттям форм зон зносу РЧ РІ, по-друге, особливостями внутрішньої структури, до складу якої входять

проточини, сліди концентрованого зносу, пошкодження цілісності покриття та інші дефекти контактної поверхні РІ, які можна розглядати як елементи текстури. Своєчасне виявлення цих елементів у структурі РЧ РІ забезпечує ідентифікацію моделі відмови РІ вже в початковий період роботи.

Метою роботи є підвищення достовірності розпізнавання текстурних зображень за рахунок використання статистичного підходу до опису текстурних зображень у системах діагностування стану зон зносу різальних інструментів.

Розпізнавання текстурних зображень [5] виконується в декілька етапів:

складається навчальна вибірка з  $Q$  класів видів зображень  $W_1, W_2, \dots, W_Q$ . Реальні зображення, які отримані системою реєстрації за допомогою оптичних пристроїв, спотворені дією перешкод, мають нерівномірну освітленість, слабку контрастність. Це ускладнює як їх візуальний аналіз людиною-оператором, так і автоматичну обробку в ЕОМ. Для виконання цього завдання вико-

© Дерев'янченко О.Г., Бабілуंगा О.Ю.,  
Соценко А.О., 2011

ристовуються методи поліпшення якості зображень: фільтрація, контрастування та ін.;

формується  $l$ -мірний простір ознак, такий, що кожному зображенню відповідає свій вектор ознак  $V = (v_1, v_2, \dots, v_l)^T$ . Для опису зображень одного класу використовується еталонний вектор  $V_e$ , всі компоненти якого є, як правило, середніми арифметичними значеннями відповідних компонент усіх зображень заданого класу.

реалізується процедура класифікації порівнянням вектора ознак зображення невідомого класу  $V_0$  з еталонними векторами ознак класів зображень  $V_{ie}$ ,  $i = 1..Q$ . Рішення про приналежність зображення до одного з класів ухвалюється на підставі мінімуму обраної міри про відмінність вектора ознак від еталона.

У [3] запропоновано використання матриць суміжності рівня «сірого» для розрахунку ознак текстури. Нехай  $D : \{\theta, d\}$  – оператор позиціонування,  $A$  – матриця розміром  $k \times k$ , що складається з елементів  $a_{ij}$ , кожний з яких показує, скільки разів елемент з інтенсивністю  $f_i$  зустрівся на визначеній оператором  $D$  позиції відносно елемента з інтенсивністю  $f_j$  де  $1 \leq i, j \leq k$ . Порядок матриці  $A$  визначається кількістю різних градацій інтенсивності у вхідному зображенні.

Нехай  $r$  – число пар елементів зображення, які задовольняють вимогам оператора  $D$  (сума всіх елементів матриці  $A$ ). Якщо побудувати матрицю  $P$  шляхом ділення всіх елементів  $A$  на  $r$ , то  $p_{ij}$  буде оцінкою ймовірності тієї події, що пара пікселів зі взаємним розташуванням згідно з правилом  $D$  буде мати значення  $(f_i, f_j)$ . Така матриця  $P$  є матрицею суміжності інтенсивності. Оскільки вона залежить від  $D$ , то наявні в зображенні ділянки з заданою текстурою можливо виявити, вибираючи належний оператор позиціонування.

Розроблено алгоритм реалізації статистичного підходу до опису текстурних зображень на основі побудови матриці суміжності:

*Крок 1.* Квантування значень інтенсивності відтінків «сірого» зображення.

*Крок 2.* Побудова матриці суміжності: визначення напрямку обробки зображення  $\theta = (0^0, 45^0, 90^0, 135^0)$ ;

визначення відстані  $d$  між пікселем  $i$  та зображенням  $j$ ;

обчислення матриці

$$A(i, j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \begin{cases} 1, & (f(i, j) = i) \text{ à } (f(i+d, j+d) = j) \\ 0, & \text{та} \end{cases}$$

приведення матриці до симетричності;

транспонування отриманої матриці  $A^T$ ;

додавання матриць  $A = A + A^T$ ;

нормалізування матриці  $P = A(i, j)/r$ ,  $i = 0..N, j = 0..M$ , де  $r$  – сума елементів матриці.

З науково-технічних джерел [3,4] відомі основні ознаки, що обчислюються за матрицею суміжності та використовуються для опису текстурних зображень:

другий кутовий момент

$$v_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^2;$$

контраст

$$v_2 = \sum_{n=0}^{N-1} n^2 \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij} \right], |i-j|=n;$$

коефіцієнт кореляції

$$v_3 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N ij p_{ij} - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y},$$

де  $\mu_x, \mu_y$  – середнє значення  $p_x$  та  $p_y$ ;  $\sigma_x, \sigma_y$  – стандартне відхилення;

момент зворотної різниці

$$v_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{p(i, j)}{1 + (i-j)^2};$$

сумарне середнє

$$v_5 = \sum i p_{x+y}(i);$$

сумарна ентропія

$$v_6 = -\sum p_{x+y}(i) \log(p_{x+y}(i));$$

інформаційна міра кореляції

$$v_7 = \frac{v_7 - H(X1)}{\max\{H(X), H(Y)\}},$$

де

$$H(X1) = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j) \log\{p_x(i) p_y(j)\}$$

$$H(X) = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j) \log(p_x(i)),$$

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j) \log(p_y(j)).$$

Для розпізнавання були виділені три класи текстурних зображень зон зносу різального інструменту: клас 1 – «рівномірний знос», клас 2 – «знос з порушенням цілісності покриття поверхні РЧ», клас 3 – «концентрований знос».

Аналіз текстурних зображень здійснювався на тестовій базі даних зображень в якій міститься по 30 зображень для кожного класу зносу РІ.

Відповідно з алгоритмом реалізації статистичного підходу до опису текстурних зображень, для кожного класу текстурних зображень РЧ РІ, були побудовані матриці суміжності та обчислені ознаки (таблиця).

Відбір ознак для аналізу на інформативність здійснювався з урахуванням розподілу значень ознак за класами текстурних зображень РЧ РІ. На першому етапі ознаки, що мали нестійкі значення в межах одного з

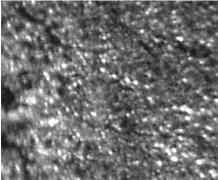




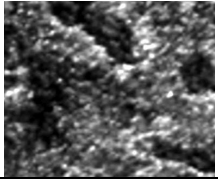




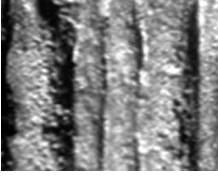
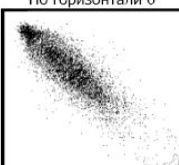
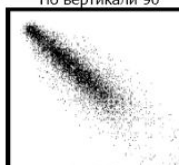
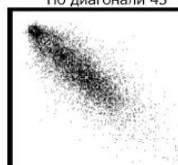
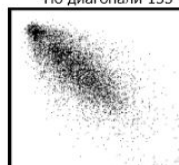
класів, було виключено з подальшого розгляду.

Подальший аналіз на інформативність здійснювався для таких ознак: другий кутовий момент  $v_1$ , контраст  $v_2$ , зворотний момент різниці  $v_4$ , сумарне значення  $v_5$ , сумарна ентропія  $v_6$ .

Методом повного перебору [5] було проаналізовано різні комбінації формування векторів ознак текстурних зображень РЧ РІ (рис. 1).

У вікні графічного інтерфейсу для обчислення ознак текстурних зображень можливо вибрати метод формування опису зображення: при виборі методу обчислення ознак за матрицею суміжності виводиться матриця суміжності для початкового зображення (рис. 3).

**Приклади матриць суміжності кожного класу зображень**

Клас зносу	Матриці суміжності			
1. 	По горизонталі 0° 	По вертикалі 90° 	По діагоналі 45° 	По діагоналі 135° 
2. 	По горизонталі 0° 	По вертикалі 90° 	По діагоналі 45° 	По діагоналі 135° 
3. 	По горизонталі 0° 	По вертикалі 90° 	По діагоналі 45° 	По діагоналі 135° 

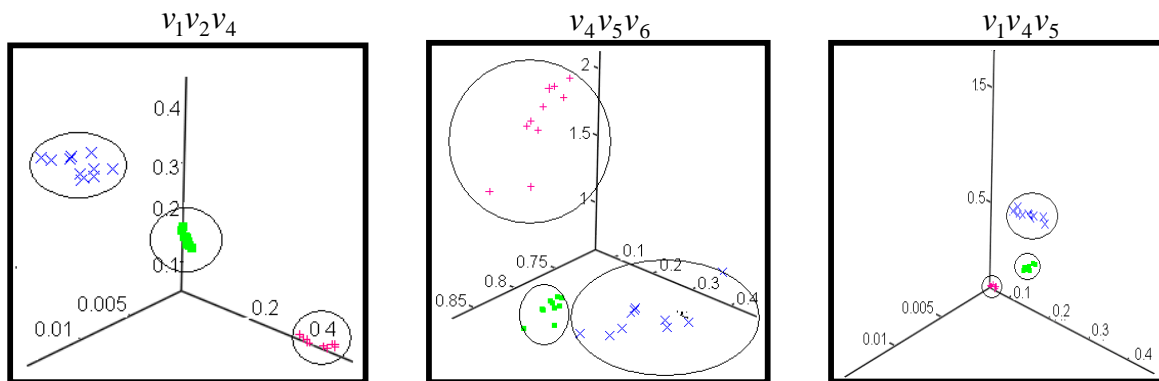


Рис.1. Представлення розподілу значень комбінацій ознак різних класів текстурних зображень зон зносу РЧ РІ

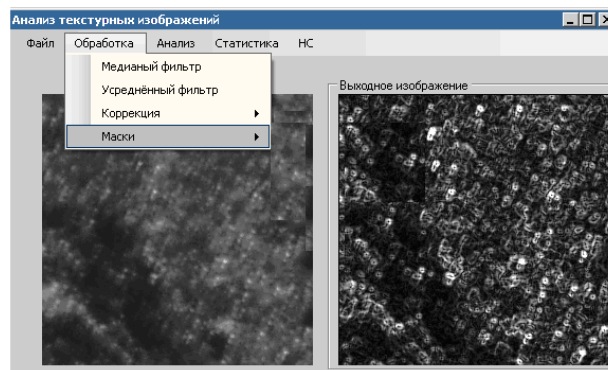


Рис.2. Вікно вибору методу попередньої обробки зображення

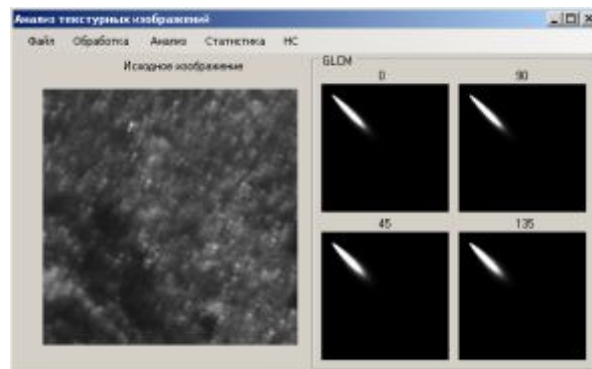


Рис. 3. Вікно інтерфейсу системи з відображенням матриці суміжності зображення

Для визначення вірогідності вірного розпізнавання текстурних зображень зон зносу РЧ РІ було проведено комп'ютерне моделювання процесу розпізнавання. Умови експерименту:

зображення розділено на дві підвибірки: навчальну (30) та тестову (45);

обрано три класи зображень: рівномірний знос, знос з порушенням цілісності покриття поверхні та концентрований знос;

для обчислення вектора інформативних ознак використовувалась матриця суміжності зображення;

класифікація проводилась за допомогою ймовірнісної нейронної мережі [2].

Отримано такі проценти вірного розпізнавання зображень при тестуванні контрольної вибірки текстурних зображень зон зносу різальних інструментів: рівномірний знос РЧ – 95 %; знос зі слідами порушення РЧ – 90 %; концентрований знос РЧ – 95 %.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу існуючих систем і методів обробки та розпізнавання текстурних зображень встановлено, що в процесі розпізнавання зображень реалізуються три основні завдання: попередня обробка, формування опису текстур, класифікація.

Встановлено, що характер зносу різального інструменту, тобто розподіл зносу по робочих поверхнях інструменту, залежить від технологічних умов його експлуатації, характеризується складною топографією та потребує проведення детального аналізу структури поверхні зони зносу, тобто текстурного аналізу.

Розроблено систему розпізнавання текстурних зображень для діагностування стану різальних інструментів. При розробці системи розпізнавання текстурних зображень реалізовано алгоритми поліпшення якості зображень, для опису класів текстур розроблено алгоритм, заснований на обчисленні матриці суміжності інтенсивності зображення, для побудови класифікатора застосована ймовірнісна нейронна мережа. Проведено аналіз інформативності ознак, обчислених за матрицею суміжності.

Розпізнавання зображень зон зносу різальної частини різального інструменту для трьох класів текстур з використанням статистичного підходу до опису зображень показало, що процент вірного розпізнавання дорівнює 94 %, що на 7 % більше, ніж із використанням реалізованого раніше спектрального підходу до опису зображень.

#### Список використаної літератури

1. Дерев'янченко О.Г. Діагностування станів різальних інструментів при прецизійній обробці / О.Г.Дерев'янченко, В.Д.Павленко, А.В.Андреев. –Одеса: Астропрінт, 1999. – 184 с.

2. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2001. – 291 с.

3. Haralick R.M. Statistical and Structural Approaches to Texture /R.M. Haralick // Proceeding of the IEEE. – 1979. – Vol. 67. – P. 786-804.

4. Gotlieb C. Texture descriptors based on Co-occurrence Matrices / C.Gotlieb, H.Kreyszig //Comput. Vision Graphics Image Processing – 1990. –V. 51. – № 1.– P. 70.

5. Pratt W.K. Digital image processing / W.K. Pratt. – USA: John Wiley & Sons, 2001. – 750 p.

Отримано 10.02.2011



Дерев'янченко  
Олександр Георгійович,  
д-р техн. наук, зав. каф.  
Технологія конструкц. матеріалів та атеріалознавство»  
Одес. нац. політехн. ун-ту  
e-mail: alder50@mail.ru,  
тел. 067-208-10-47



Бабілунга  
Оксана Юрійвна,  
канд. техн. наук, доцент  
каф. «Інформаційні системи» Одес. нац. політехн.  
ун-ту e-mail: babilunga@mail.ru,  
тел. (048) 7348-356



Соценко  
Аліса Олександрівна,  
студенка магістратури каф.  
«Інформаційні системи»  
Одес. нац. політехн. ун-ту  
тел. 0-999-019-382