

# Аналіз зон зносу в системах діагностування станів інструментів з використанням СТЗ

О.Г. Дерев'янченко, С.Г Антошук, О.Ю. Бабілонга, А.В. Поплавський

Одеський національний політехнічний університет  
milit@milit.tm.odessa.ua

## Abstract

Method of visual control efficiency by previous transformation of cutting tools images was described. Suggested method will allow different details level. This will increase control reliability and efficiency designed.

## 1. Вступ

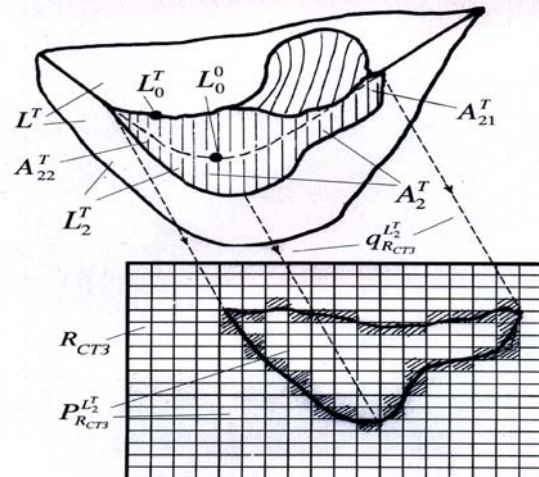
У сучасному машинобудівному виробництві все частіше переходять до використання автоматизованих і автоматичних верстатних систем і комплексів, які є дорогими й досить складними технічними системами. У такому виробництві велике значення має розробка методів контролю й пристроїв, що дозволяють одержувати інформацію про ступінь зношування ріжучих інструментів (РІ). Надійність РІ у значній мірі визначає працездатність технологічної системи, продуктивність і якість обробки. В умовах автоматизованого виробництва, при обмеженій участі оператора в керуванні процесом обробки, забезпечення ефективності РІ стає особливо важливим. При відсутності на верстаті систем контролю й діагностування станів РІ звичайно використовується практика примусової зміни інструменту (поза залежністю від ступеня використання індивідуального ресурсу ріжучої частини РІ) - для попередження появи його відмови. Це значно знижує економічну ефективність процесу обробки. Оснащення верстатів для прецизійної обробки системами діагностики РІ переслідує наступні завдання: своєчасне виявлення тенденції появи усувних відмов РІ і їх попередження; ідентифікація (на початковій стадії експлуатації інструменту) індивідуальної моделі накопичення дефектів і формування неусувної відмови РІ, послідовне уточнення й прогнозування залишкового ресурсу інструменту. Все це в комплексі забезпечує підвищення якості обробки, ступеня використання індивідуального ресурсу РІ. Таким чином, проблема контролю й діагностування станів РІ в автоматизованому або автоматичному режимах є досить актуальною. Відповідні дослідження зосереджені на створенні моделей зношування РІ та розробці методів контролю та діагностування станів інструментів.

## 2. Формування зображень РІ в СТЗ

Існують різні системи діагностики, серед яких досить перспективними є ті, які оснащені автоматизованими системами обробки зображень (АСОЗ). Використання АСОЗ дозволяє вирішувати завдання діагностування РІ на підставі їх контролю оптичними датчиками. Ціль візуального контролю складається у виявленні параметрів зношування й визначенні геометричних розмірів дефектів. В умовах прецизійної обробки основна зона

зношування ( $A_2^T$ ) ріжучої частини ( $L^T$ ) розташована на задній поверхні РІ ( $L_2^T$ ). Періодична реєстрація проєкцій (образів)  $L_2^T$  не дозволяє виявляти положення вершини РЧ ( $L_0^T$ ), зон головної ( $A_{21}^T$ ) і допоміжної ( $A_{22}^T$ ) задніх поверхонь у структурі  $L_2^T$ , однак забезпечує розпізнавання класів форми зони зношування [1]. Крім того, цифровий образ  $A_2^T$  можна використовувати для виділення текстурних ділянок.

Схема формування цифрового образу  $A_2^T$  наведена на малюнку 1. У моменти переривання обробки в контрольній позиції верстата попередньо очищена ріжуча частина РІ орієнтується щодо телекамери, освітлюється, і відбитий світловий потік попадає на матрицю телекамери СТЗ.



Малюнок 1: Схематичне уявлення процесу формування первинного образу задньої поверхні зношеного РІ з використанням СТЗ

## 3. Автоматизована системи обробки зображень РІ

Автоматизована системи обробки зображень здійснює наступні процедури [2,3]: попередню обробку зображень, виділення та аналіз контурів; розрахунок ознак форми дефектів, класифікацію, стиск та зберігання. При цьому одним з відповідальних етапів є виділення та аналіз контурів зображення РІ.

### 3.1. Попередня обробка

Слід помітити, що в останні роки основою методології обробки є акумулювання локальних властивостей зображення та побудова на його основі глобальних властивостей. Динаміка процесу розпізнавання в більшості випадків адекватно описується законом перцепції Н.Н. Ланге: спочатку виділяються лише загальні, дифузійні відомості про предмет, які змінюються більш певним і детальним його сприйняттям. Такий підхід моделює людське сприйняття візуальної інформації, засноване на виділенні спочатку грубих, а потім більше тонких властивостей зображення. Однак дифузійне представлення (низькочастотна фільтрація) приводить до розмиття контуру об'єкта на зображеннях, що при необхідності аналізу геометричної форми є неприпустимим.

Ефект розмивання контурів може бути істотно знижений при використанні рангових фільтрів [2, 3]. Рангова обробка знаходить застосування при фільтрації та відновленні сигналів, препаруванні зображень, виділенні ділянок заданої геометрії, аналізі статистичних характеристик зображень та ін. Рангові фільтри реалізують обробку "ковзачим вікном":

$$g(n_1, n_2) = \Phi\{f(n_1 + k_1, n_2 + k_2)\}, (k_1, k_2) \in D\},$$

де  $\Phi$  – оператор перетворення відліків вхідного сигналу  $\{f\}$ ;  $D$  – вікно, визначене відносно початку координат.

Принцип дії (і ідея) рангової обробки полягає в тому, що для кожного розташування вікна будується й аналізується варіаційний ряд по відлікам, які попадають у вікно. Варіаційним рядом сукупності з  $N$  чисел  $\{f\}$  називається послідовність  $\{f_r\}$ , у якій ці числа впорядковані. Значення індексу  $r$  (порядковий номер числа  $f$  у варіаційному ряді називається рангом, а число  $f$  – порядковою статистикою). Таким чином, для рангових алгоритмів нелінійний оператор перетворення  $\Phi$  будується через варіаційний ряд відліків у вікні  $D$ :

$$g(n_1, n_2) = \Phi\left\{f(n_1, n_2)\right\}_{r=1}^N},$$

де  $\{f(n_1, n_2)\}$  – варіаційний ряд для розташування вікна із центром у точці  $(n_1, n_2)$ , при якому формується вихідне значення  $g(n_1, n_2)$ ,  $N$  – число відліків у вікні  $D$ .

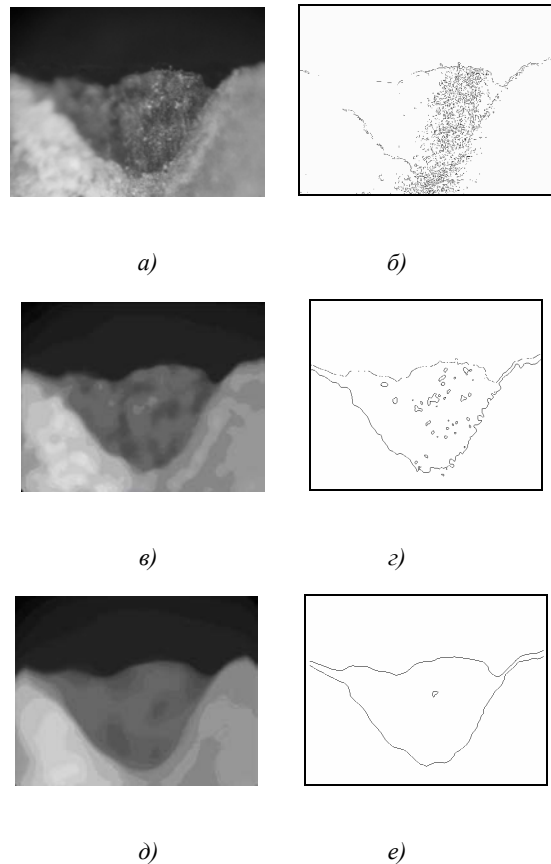
Останній вираз записують у більш короткій формі:  $g = \Phi\{f_r\}$ .

При побудові АСОЗ РІ для попередньої обробки використовувався медіанний фільтр, що у термінах рангової обробки записується:  $g = f_{\frac{N+1}{2}}$ , при  $N$  – непарному.

Слід відмітити, у випадку застосування рангової фільтрації для виділення загальних властивостей форми об'єкта можлива каскадна обробка зображення тим самим фільтром, розміри якого погоджені зі ступенем "загрубіння". Ті області, які залишилися без зміни на поточному кроці каскадної обробки, не будуть мінятися і надалі, тобто в процесі фільтрації

### 3.2. Аналіз геометричної форми

Результати виділення контуру початкового зображення зони  $A_2^T$  зносу РІ та зображення після обробки медіанним фільтром з різним ступенем його "загрубіння" наведені на малюнку 2. Аналіз показав, що при зберіганні контурів та границь ділянок після обробки медіанним фільтром усуваються дрібні й несуттєві деталі зображення. При цьому зберігається форма об'єкту, тобто для оцінки параметрів зони зношування досить виділити тільки зовнішній її силует.



Малюнок 2. Вихідне зображення зони зносу РІ (а), зображення після обробки медіанним фільтром з різним ступенем "загрубіння" (б, д), виділені контури відповідних зображень (б, з, е).

Для аналізу геометричної форми розраховуються діагностичні ознаки РІ. По отриманому контуру зони зношування розраховуються діагностичні ознаки РІ. У якості набору ознак форми, що відповідає поставленому завданню, були обрані структурно - статистичні ознаки, отримання яких засновано на методі геометричних моментів ознак ГМО [4].

Розглянемо основні етапи алгоритму формування ГМО в структурі процесу діагностування РІ:

1. Обчислення площі фігури через координати її точок.

$$S = \sum_{i=1}^n [(y_i + y_{i+1})(x_i - x_{i+1})] / 2,$$

де  $n$  – число крапок контуру.

2. Знаходження статистичних моментів інерції контуру у вихідній системі координат по наближених виразах:

$$I_x = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i+1})(y_i^2 + y_i y_{i+1} + y_{i+1}^2);$$

$$I_y = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{i+1})(x_i^2 + x_i x_{i+1} + x_{i+1}^2).$$

Координати  $i$ -ої точки щодо нових осей координат  $(x'_0, y'_0)$  можуть бути визначені:

$$x'_i = x_i - x'_0, y'_i = y_i - y'_0.$$

3. Визначення координат центру ваги фігури та перенесення початку координат у цю точку

$$x'_0 = I_y / S, \quad y'_0 = I_x / S$$

4. Визначення  $R_i$  по всіх точках контуру

$$R_i = \sqrt{(x'_i)^2 + (y'_i)^2}$$

Обчислення  $R_{\min}$  й  $R_{\max}$ .

5. Визначення кроку дискретизації

$$\Delta\rho = (R_{\max} - R_{\min}) / J,$$

де  $J$  – кількість рівнів.

6. Обчислення значення інтегралів:

$$\beta_j = \int_0^{2\pi} I(\rho, \varphi) d\varphi,$$

При простеженому контурі інтеграл можна замінити відповідною сумою:

$$\beta_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\rho_j^2 - \rho_{j-1}^2) \Delta\varphi_i + (R_i R_{i+1} \sin \Delta\varphi_i - \rho_{j-1}^2 \Delta\varphi_i),$$

де  $\Delta\varphi_i$  – кут між векторами  $R_i$  й  $R_{i+1}$

7. Визначення значення ГМО  $c_{jp} = \beta_j \left(\frac{\rho_j}{R_{\min}}\right)^p$ .

По отриманому вектору ознак приймається діагностичне рішення про стан РІ за допомогою імовірнісної нейронної мережі.

### 3.3. Стиск та зберігання зображень

При контролі РІ типу різців стан ріжучої частини можна оцінити по двох зображеннях - відповідно, передньої й задньої поверхонь. Протягом періоду стійкості РІ можуть мати місце 5-7 операцій контролю (відповідно, будуть отримані й збережені 10-14 зображень). У процесі контролю багатозубих РІ (протяжки, фрези та ін.) кількість зображень збільшується до десятків на кожний інструмент. При створенні бази даних для великої кількості діагностуємих РІ різко зростають необхідні обсяги пам'яті. У зв'язку із цим виникає завдання стиску збережених зображень.

Для ефективного збереження візуальної інформації її рішення використовуються два основних підходи. Перший передбачує побудову алгоритмів та систем за принципом стиску інформації без втрат і не забезпечує необхідний коефіцієнт стиску графічної інформації. Найбільш відомі алгоритми - Хаффмана, LZ, RLE і інші. В основі другого підходу лежить ідея застосування того або іншого перетворення (Фур'є, Хаара, вейвлет-перетворення) і видалення з перетвореного зображення деяких коефіцієнтів. Розробка алгоритмів і систем стиску із втратами (JPEG, MPEG і інші) може викликати необоротні втрати інформації, що є неприпустимим для графічних файлів у тих областях, де потрібна точна відповідність інформаційної структури вхідного й вихідного потоку.

У даній роботі пропонується проводити стиск зображень РІ по наступному алгоритму:

- виділення інформативної й неінформативної областей (зони зношування та сторонніх зон);

- стиск інформативної області з використання першого підходу;

- стиск неінформативної області з максимальним коефіцієнтом стиску (другий підхід).

Частина зображення, що потрапила в інформативну область, стискується з кодуванням. При цьому коефіцієнт стиску становить 5 - 10 разів, залежно від площі виділеної інформативної зони. Частина зображення поза зоною стискується із втратами з коефіцієнтом стиску більше 10. У результаті тестування середній коефіцієнт стиску становив 7-8 без істотних змін у районі зони зношування РІ. Даний підхід дозволяє в кілька разів поліпшити ступінь стиску в порівнянні зі стиском вихідного зображення.

## 4. Висновки

Застосування рангових методів обробки зображень дозволяє підвищити завадостійкість систем контролю РІ та забезпечує проведення поетапного аналізу дефектів інструменту. Це забезпечує підвищення ефективності комп'ютерних систем технічної діагностики різальних інструментів різноманітного типу. Розробки можуть знайти застосування в багатьох практично важливих додатках.

## 5. Література

- [1] А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко, А.В. Андреев Діагностування станів різальних інструмент при прецизійній обробці.- Одеса, Астропринт, 1999-184 с.
- [2] Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.- 784 с. -ISBN 5-9221-0270-2.
- [3] Антошук С.Г., Глазева О.В., Деревянченко А.Г. Оценка геометрических характеристик объектов при визуальном контроле режущих инструментом // Холодильна техніка і технологія. - 2004. - №3(89). - С. 61–64.
- [4] Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.