

УДК 004.932

## ОЦІНКА СТАНУ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ

К. т. н. О. Ю. Бабілунга, д. т. н. О. Г. Дерев'янченко, А. С. Яремчук

Одеський національний політехнічний університет  
Україна, м. Одеса  
babilunga@mail.ru, alder2011@mail.ru, a.s.yaremchuk@gmail.com

*Розглянуто проблему формування тривимірних моделей різальної частини інструментів за зображеннями, що отримані з використанням спеціального пристосування. Проведено модифікацію методу тривимірної багатовидової реконструкції об'єктів з метою підвищення точності тривимірного представлення різальної частини інструмента. Запропоновано методику оцінки стану різального інструменту в системі технічного зору на основі тривимірних моделей.*

*Ключові слова: 3D-моделі, різальні інструменти, оцінка зносу, цифрові камери, багатовидова реконструкція, система технічного зору.*

Одним із шляхів скорочення витрат на дорогі різальні інструменти для верстатів з числовим програмним управлінням і для гнучких виробничих модулів (ГВМ) є розробка компонентів системи технічного зору (СТЗ) для оцінки стану інструменту і прийняття рішення про своєчасну заміну його на стадії попередньої відмови.

Найчастіше в СТЗ результати контролю різальної частини (РЧ) інструменту представляються двома ортогональними проекціями (цифровими зображеннями) на основну і робочу площини в системі геометрії різального інструмента (PI). Обробка отриманих зображень — образів РЧ в двовимірному просторі — виконується, зазвичай, із застосуванням методів контурної сегментації (оцінка форми зони зносу за зовнішньою межею) або текстурного аналізу (оцінка структури поверхні зони зносу) [1]. При цьому оцінка форми і текстури при зміні станів поверхні і різальної частини PI за отриманими зображеннями виконується автономно. Це призводить до істотних втрат цінної діагностичної інформації про реальне просторове положення різальної кромки — основного формоутворюючого елемента інструмента.

Аналіз інформаційних джерел показав, що задача оцінки стану різального інструмента на основі тривимірних моделей (3D-моделей) є, по суті, завданням визначення параметрів просторового відхилення поточної форми РЧ інструмента від початкової форми. Подібне відхилення може виникнути, наприклад, у результаті пластичної деформації матеріалу інструмента, наявності відколу або наросту на РЧ інструмента. Задача оцінки стану PI може бути вирішена із застосуванням технології цифрової обробки зображень в тривимірному просторі [1, 2] в два етапи: тривимірна реконструкція об'єкта (побудова 3D-моделі) і оцінка форми об'єкта за отриманими 3D-моделями.

Метою роботи є розробка методики оцінки форми РЧ PI на основі тривимірних моделей та дослідження її використання для підвищення достовірності оцінки стану інструмента.

У структурі сучасних верстатів класу ГВМ широко використовуються цифрові фото- та відеокамери. Тому для формування 3D-моделі різальної частини інструмента запропоновано застосовувати метод багатовидової тривимірної реконструкції об'єктів [3], що використовує на етапі реєстрації даних про об'єкт цифрову фотокамеру. За цифровими зображеннями об'єкта, отриманими із різних ракурсів, можна сформувані 3D-моделі об'єктів у вигляді єдиної форми — хмари точок.

Зйомка зображень РЧ інструменту проводилась з використанням спеціального пристосування, що дозволяє зафіксувати положення РЧ PI в просторі та забезпечує зміну ракурсу зйомки. В ході експерименту за одну серію зйомки реєстрували набір з 15 цифрових зображень РЧ різця для чистового точіння, отриманих з різних ракурсів.

Реалізацію методу багатовидової реконструкції 3D-моделі об'єкта виконано за таким алгоритмом:

- пошук особливих точок з використанням алгоритму SIFT [4, 5] на зображеннях об'єкта, отриманих з різних ракурсів;
- пошук відповідних особливих точок для всіх пар зображень об'єкта;
- визначення внутрішніх і зовнішніх параметрів камери для кожного зображення об'єкта [2];
- визначення тривимірних координат для знайдених відповідних особливих точок — побудова хмари точок [6];
- побудова полігональної моделі шляхом тріангуляції [1, 3] отриманої хмари точок.

На початку дослідження якість отриманої моделі виявилася недостатньою для точного представлення різальної частини інструмента — її поверхня була занадто рельєфною та мала артефакти. Тому було запропоновано провести додатковий пошук на зображеннях геометричних примітивів за допомогою перетворення Хафа та використати їх характеристики [1] для опису форми РЧ, тобто для побудови додаткових точок 3D-моделі. В ході комп'ютерного експерименту була досліджена точність побудови полігональної моделі об'єктів. Встановлено, що об'єм реального об'єкта відрізняється від об'єму, розрахованого за його 3D-моделлю, яку отримано з використанням модифікованого методу багатовидової реконструкції, в середньому на 3%, що майже в два рази менше ніж при застосуванні базового методу.

Для порівняння побудованих тривимірних моделей запропоновано методику оцінки стану РІ:

- побудова 3D-моделей (різальної частини нового та зношеного інструмента) на основі методу багатовидової реконструкції у вигляді хмари точок;
- пошук відповідних точок у хмарах точок обох моделей;
- знаходження відстаней між відповідними точками на двох 3D-моделях;
- оцінка різниці між двома 3D-моделями на основі розрахованих відстаней.

Побудова 3D-моделі різальної частини інструмента і підвищення точності її представлення дозволили отримати інформацію про геометрію різальної кромки інструмента в тривимірному просторі, що забезпечило необхідні умови для проведення подальших досліджень з діагностування макрозносу РЧ інструмента в системах точного зору.

Комп'ютерне моделювання процесу оцінки форми об'єктів при діагностуванні стану різальних інструментів з використанням розробленої методики дало підвищення достовірності оцінки стану інструменту в середньому на 6—7%.

Модифікований метод тривимірної багатовидової реконструкції об'єктів та розроблену методику оцінки форми об'єктів можна рекомендувати для побудови 3D-моделей об'єкта при вирішенні задачі оцінки його форми в системах технічного зору різного прикладного призначення.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
2. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход. — Москва: Изд. дом «Вильямс», 2004.
3. Иванов В.П., Батраков А.С. Трёхмерная компьютерная графика. — Москва: Радио и связь, 1995.
4. Bernal J., Villarino F., Sanchez J. Feature Detectors and Feature Descriptors: Where We Are Now // CVC Technical Report. — 2010. — Iss. 154. — P. 1 — 108.
5. Lowe D. G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision. — 2004. — Iss. 60. — P. 91 — 110.
6. Osada R., Funkhouser T., Chazelle B., Dobkin D. Matching 3D Models with Shape Distributions // SMI 2001 International Conference. — 2001. — P. 154 — 166.

О. Yu. Babilunga, A. G. Derevyanchenko, A. S. Yaremchuk

#### **The evaluation of the cutting tool using three-dimensional models.**

The problem of the forming of three-dimensional models of cutting tools on the base images, which were got using a special device, is considered. The modification method of three-dimensional reconstruction, in order to improve the accuracy of three-dimensional representation of the cutting tool has been performed. The technique of evaluation of cutting tools based on three-dimensional models in the vision system is offered.

Keywords: *3D-model, cutting tools, wear evaluation, digital camera, multispecies reconstruction, vision system.*