

АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ

В даній роботі описано дев'ять алгоритмів порівняння двох деталей: еталонної та вимірюваної. Вони дозволяють давати точний висновок про придатність виготовленої деталі. Приведений алгоритм обробки інформації, що здатний з високою точністю проводити збір, обробку та передачу інформації про виміряні точки поверхні.

Координатно-вимірювальні машини (КВМ) разом із системою її управління забезпечують визначення координат всіх точок поверхонь деталей в просторі вимірювання та дозволяють визначити метрологічні параметри відхилення від форми та розташування поверхонь деталей особливо складної конфігурації за допомогою математичних розрахунків з використанням векторної, лінійної алгебри та інших обчислювальних методів. Якщо деталь виміряна, інформація з КВМ надходить на обчислювальний пристрій, де відбувається її обробка. Обробка інформації полягає у порівнянні еталонної та виміряної деталі і висновку про придатність другої для випуску з підприємства. Автором проведений аналіз роботи дев'яти алгоритмів обробки інформації при вимірюванні деталей, порівняння яких наведено нижче.

1. Алгоритм порівняння за відповідними точками

В цьому алгоритмі припускається, що кількість точок, заданих в еталоні і кількість виміряних точок співпадає. Крім того, оскільки порядок обходу щупа однаковий для кожної деталі, то вважається, що перша точка вимірюваної деталі відповідає першій еталонній, друга – другій і т.д. Якщо $A_1(x_{a1}, y_{a1}, z_{a1})$ і $B_1(x_{b1}, y_{b1}, z_{b1})$ дві такі точки, то алгоритм визначає відстань між кожною парою таких точок за формулою

$$d = \sqrt{(x_{a1} - x_{b1})^2 + (y_{a1} - y_{b1})^2 + (z_{a1} - z_{b1})^2} .$$

Якщо найбільша з таких відстаней менша за допустиму похибку, то за даним алгоритмом порівняння деталей вважається придатною.

2. Алгоритм порівняння за найближчими точками

В цьому алгоритмі кількість точок еталонної деталі і вимірюваної може бути різною. Це не означає, що їх неможливо порівнювати, оскільки оцінити ідентифікацію деталей можна і органоліптичним методом, не зважаючи на кількість полігонів, з яких складена деталь і не використовуючи спеціальних технічних засобів. Крім того, КВМ володіє розвинутою сенсорикою та засобами штучного інтелекту. Вона здатна до автоматичного вимірювання в рамках поставлених вимірювальних задач. В процесі роботи можливий обмін інформацією та узгоджена дія між підсистемами на різних рівнях діяльності. Висока точність та швидкодія вимірювань дозволяють забезпечити стовідсотковий контроль виробів з реєстрацією результатів в пам'яті комп'ютера.

В цьому алгоритмі, як і в усіх інших, набір точок представляється у вигляді двох двовимірних масивів розміру $n \times 3$, де n – кількість точок. Після цього визначається довільно точка у просторі. Потім знаходяться відстані від цієї точки до найближчих до неї точок еталонної (d_e) та вимірюваної (d_m) деталі та знову вибирається довільна точка і знаходяться відстані і цей процес повторюється 100 разів. Якщо хоча б на одній ітерації виявилось, що $|d_e - d_m| > \epsilon$ (ϵ – задана похибка), то деталь вважається непридатною.

Схема алгоритму порівняння за найближчими точками представлена на рисунку 2.

3. Алгоритм порівняння за найдалшими точками

В цьому алгоритмі, як і в попередньому, кількість точок еталонної деталі і вимірюваної може

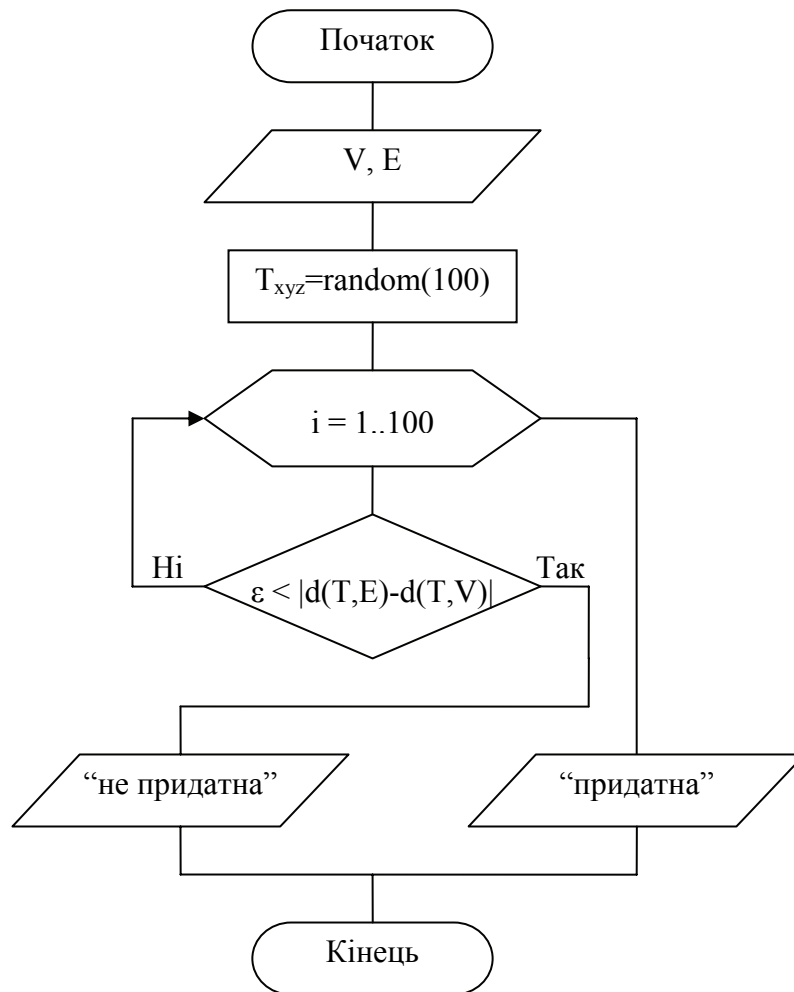


Рис. 1. Алгоритм порівняння за найближчими точками

бути різною. В алгоритмі береться довільним чином точка у просторі. Потім знаходяться відстані від цієї точки до найдалших до неї точок еталонної (d_e) та вимірюваної (d_m) деталі. Потім знову вибирається довільна точка і цей процес повторюється 100 разів. Якщо хоча б на одній ітерації виявилось, що $|d_e - d_m| > \varepsilon$ (ε – задана похибка), то деталь вважається непридатною.

4. Алгоритм порівняння за середніми відстанями

Цей алгоритм подібний до двох попередніх, але він знаходить середні відстані між довільно обраною точкою в просторі і всіма точками еталонної (d_e) та вимірюваної (d_m) деталі. Процес повторюється 100 разів. Різниця відстаней порівнюється з допустимою похибкою і якщо вона виявилася більшою, то деталь вважається непридатною.

5. Алгоритм порівняння за центрами мас

Центр мас – це геометрична точка, яка характеризує рух тіла або системи частин як цілого. На практиці центр мас майже завжди співпадає з центром тяжіння. В однакових деталях однаковий центр тяжіння. В даному алгоритмі, незалежно від кількості контрольних точок деталей, розраховуються їх центри мас і відстань між ними порівнюються з допустимою похибкою. Центр мас розраховується за формулами

$$X_c = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}; Y_c = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}; Z_c = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n}{n},$$

де n – кількість контрольних точок деталі, X_c, Y_c, Z_c – координати центру мас деталі, X_i, Y_i, Z_i – координати i -тої контрольної точки деталі, $i = 1..n$.

Якщо відстань між ними більше похибки, то деталь вважається дефективною.

6. Алгоритм порівняння за об'ємами

В цьому алгоритмі обчислюються об'єми еталонної та вимірюваної деталі. Об'єм обчислюється як сума об'ємів тетраедрів, які задаються чотирма точками, що послідовно беруться з множини точок. Об'єми тетраедрів обчислюються за допомогою формули мішаного добутку векторів, які йдуть з одної точки до трьох інших.

Формула для визначення об'єму тетраедра

$$V = \frac{1}{6} \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ x_4 - x_1 & y_4 - y_1 & z_4 - z_1 \end{vmatrix},$$

де $X_1(x_1, y_1, z_1)$, $X_2(x_2, y_2, z_2)$, $X_3(x_3, y_3, z_3)$, $X_4(x_4, y_4, z_4)$ – чотири обрані точки в просторі. Оскільки у однакових деталей однакові об'єми, то вони порівнюються між собою і якщо різниця між ними більше похибки, то деталь вважається дефективною.

7. Алгоритм порівняння за площами проекцій

В цьому алгоритмі обчислюються проекції еталонної та вимірюваної деталі на площини XY, XZ та YZ. Площа проекцій обчислюються як сума площ трикутників, які задаються трьома точками, що послідовно беруться з множини точок. Площі трикутників обчислюються за формулою векторного добутку

$$S_{xy} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & 0 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & 0 \end{vmatrix} \text{ (для проекції XY);}$$

$$S_{xz} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x_2 - x_1 & 0 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & 0 & z_3 - z_1 \end{vmatrix} \text{ (для проекції XZ);}$$

$$S_{yz} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ 0 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{vmatrix} \text{ (для проекції YZ);}$$

Потім площі відповідних проекцій порівнюються між собою і якщо хоча б одна пара проекцій відрізняється більш ніж на задану похибку, то деталь вважається непридатною.

8. Алгоритм порівняння за площею поверхні

В цьому алгоритмі обчислюються площі поверхонь обох деталей (еталонної та вимірюваної). Площа поверхонь обчислюється, як сума площ трикутників які задаються трьома точками, що послідовно беруться з множини точок. Площі трикутників обчислюються, як і в попередньому алгоритмі, за формулою векторного добутку

$$S_{\Delta} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{vmatrix}.$$

Якщо різниця площ деталей більша за допустиму похибку, то виготовлена деталь вважається дефективною.

9. Алгоритм міжточкового порівняння

В цьому алгоритмі деталі можуть бути задані різною кількістю точок. Нехай кількість точок в еталонній деталі дорівнює n_e , а у вимірній – n_m . В алгоритмі береться найменше з них: $n = \min(n_e, n_m)$. Потім з n вибирається довільним чином 100 точок і між ними знаходиться відстань. Якщо хоча б одна відстань більша за допустиму похибку, то деталь вважається непридатною.

Розроблено програмно-математичне забезпечення, що реалізує наведені вище алгоритми. У відповідності до об'єктно-орієнтованого підходу воно належить до третього ієрархічного рівня структури інформаційно-керуючої системи КВМ. Програмно-математичне забезпечення цього рівня призначається для вирішення функціональних задач, що реалізують процес вимірювання геометричних розмірів об'єктів; управління модельними режимами, системи підготовки до вимірювання, включаючи засоби юстировки та вводу даних на другому рівні. На третьому рівні реалізується оптимізація режимів роботи КВМ, включаючи рухи координат X, Y, Z та щупів самокерованої вимірювальної головки, а також функціонування в цілому при виконанні умов, а саме:

- дистанційне керування;
- тривимірне зображення;
- інформаційна сигналізація про аварійний режим.

Висновки

В даній роботі розроблено дев'ять алгоритмів порівняння виготовлених деталей та еталонних за контрольними точками. Ці контрольні точки знімаються за допомогою координатно-вимірювальної машини, а потім передаються на обчислювальний пристрій для виконання порівняння. Всі ці алгоритми не є досконалими, але якщо вони будуть працювати разом, то вийде доволі точний висновок про придатність чи дефективність виготовленої деталі. Висновок робиться за правилом більшості, тобто якщо більшість алгоритмів дали позитивний результат (деталь придатна), то деталь вважається придатною. Програмне забезпечення, що реалізує розроблені алгоритми, може бути корисним для операторів станка з числовим програмним управлінням та контролерів якості виготовлених деталей.

Список літератури

1. *Квасников В.П.* Повышение точности и быстродействия информационно-измерительных систем механических величин объектов со сложными пространственными поверхностями / Квасников В.П. – К.: Черкасы, 2002. – 192 с.
2. *Гапшис А. А.* Координатные измерительные машины и их применение / Гапшис А. А., Каспарайтис А. Ю., Модестов М.Б. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
3. *Новицкий П.В.* Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
4. *Борковська Л.О.* Інформаційні технології розробки програмно-математичного забезпечення координатно-вимірювальних машин / Борковська Л.О. – “Радіоелектроніка. Інформатика. Управління” № 2, 2005. – С. 106-110.