

Modelowanie dokładności optycznych współrzędnościowych maszyn pomiarowych / Wiktor Harmatys. – Kraków, 2022

Spis treści

1. Wstęp	7
2. Współrzędnościowa technika pomiarowa	12
2.1. Rodzaje systemów pomiarowych	13
2.1.1. Klasyczne współrzędnościowe maszyny pomiarowe	13
2.1.2. Systemy skanujące	16
2.1.3. Optyczne maszyny współrzędnościowe	17
3. Analiza stanu wiedzy z zakresu tematu pracy	19
3.1. Podział błędów pochodzących od układów optycznych	19
3.1.1. Aberracja sferyczna	20
3.1.2. Koma	20
3.1.3. Astygmatyzm	21
3.1.4. Krzywizna pola	22
3.1.5. Dystorsja	23
3.1.6. Aberracja chromatyczna	24
3.2. Cyfrowe przetwarzanie obrazu pomiaru współrzędnościowego	25
3.3. Metody rozpoznawania krawędzi	30
3.3.1. Operacje wykonywane na obrazie cyfrowym	30
3.3.2. Operator krzyżowy Robertsa	31
3.3.3. Operator Canny'ego	32
3.3.4. Operator Sobela	33
3.4. Rodzaje układów automatycznego ustawienia płaszczyzny ostrości (AF)	35
3.5. Metody oceny dokładności pomiarów optycznych	36
3.5.1. Podział metod oceny dokładności pomiarów optycznych	36
3.5.2. Metoda porównawcza	36
3.5.3. Metoda wielopozycyjna	38
3.5.4. Metoda symulacyjna	40
3.6. Wzorcowanie współrzędnościowych optycznych systemów pomiarowych	42
3.6.1. Wyznaczenie błędu próbkowania głowicy pomiarowej rejestrującej obraz PF2D	42
3.6.2. Wyznaczenie błędu próbkowania PFV2D	42
3.6.3. Wyznaczenie błędu pomiaru długości EXY	43
3.6.4. Wyznaczenie błędu pomiaru długości głowicy pomiarowej rejestrującej obraz EV	43
4. Hipoteza, cel i zakres pracy	45

5. Identyfikacja źródeł błędów optycznej maszyny pomiarowej	47
5.1. Źródła błędów współrzędnościowych maszyn pomiarowych	47
5.2. Badanie jakości podświetlenia	49
5.3. Wpływ podświetlenia na wyniki pomiarów	56
5.4. Badanie powtarzalności pomiaru współrzędnych punktu	63
5.5. Modelowanie prawdopodobieństwa odtworzenia punktów	67
5.6. Modelowanie wpływu temperatury w pomiarach optycznych	75
5.7 Wpływ zmian temperatury pracy maszyny na wyniki pomiarów	77
5.8. Modelowanie błędów układu automatycznego ustawienia płaszczyzny ostrości	90
6. Model matematyczny maszyny optycznej	95
6.1. Opracowany model optycznej współrzędnościowej maszyny pomiarowej	95
6.2. Symulacja punktów w zależności od rodzaju oraz użytego podświetlenia	98
6.3. Symulacja błędów związanych ze zmianą temperatury otoczenia oraz maszyny	105
6.4. Symulacja powtarzalności systemu	109
6.5. Błędy związane z użyciem układu automatycznego ustawienia płaszczyzny ostrości	111
7 Weryfikacja modelu	113
7.1. Wzorcowanie obiektu z wykorzystaniem klasycznych metod	113
7.2. Porównanie wyników wzorcowania z metodą symulacyjną	115
7.3. Walidacja modelu	120
8. Integracja aplikacji V-0-CMM PK z oprogramowaniem Calypso	125
9. Wnioski i kierunki dalszych badań	129
Literatura	131
Spis ilustracji	141
Spis tabel	145
Streszczenie	146
Summary	148