

POMIARY WIELKOŚCI GEOMETRYCZNYCH Z UŻYCIEM KAMERY CCD

1. WPROWADZENIE

1.1. Zastosowanie metod optycznych

Metody optyczne pomiarów długości (przemieszczeń liniowych) i kątów (przemieszczeń kątowych) są stosowane ze względu na bezdotykowy charakter pomiaru. Metody optyczne wykorzystują zwykle detektory półprzewodnikowe:

- detektory pojedyncze – sygnał zero-jedynkowy,
- diody podwójne – pomiar różnicowy, dokładne określanie punktu w jednym kierunku,
- diody poczwórne – pomiar różnicowy, dokładne określanie punktu w dwóch kierunkach,
- elementy PSD jedno- i dwuwymiarowe – pomiar położenia punktu jedno- i dwukierunkowy (sygnał analogowy),
- linijki CCD – pomiar jednokierunkowy cyfrowy,
- matryce CCD – pomiar dwukierunkowy cyfrowy, najczęściej matryce oferowane są wraz z obudową i obiektywem tworząc kamerę CCD.

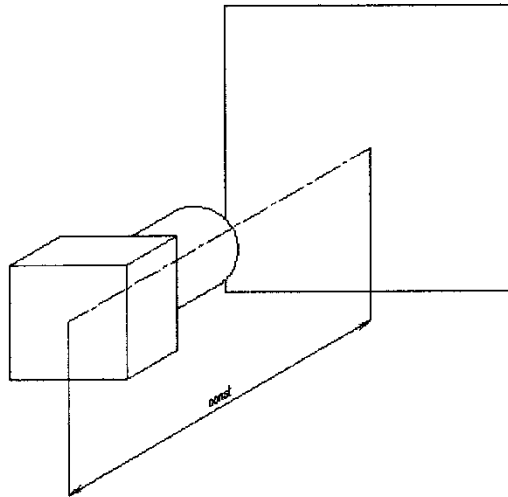
Mierzenie przemieszczeń drobnych elementów urządzeń mechatroniki wymaga specyficznych metod. Elementy o małych wymiarach i poruszające się z dużymi przyspieszeniami nie mogą być poddawane obciążeniom mechanicznym. Nacisk pomiarowy tradycyjnego przyrządu pomiarowego (np. czujnik z trzpieniem pomiarowym) mógłby zakłócić pracę urządzenia, a nawet doprowadzić do jego uszkodzenia. W takim przypadku poszukuje się metod bezdotkowych. Znaczną grupę stanowią metody optyczne, między innymi z użyciem kamer CCD.

1.2. Metoda rozpoznania obrazu

W zaawansowanych metodach pomiaru bezdotkowego, z użyciem kamer CCD, przydatne jest automatyczne – programowe rozpoznawanie obrazu. Identyfikacja obrazu czarnobiałego jest mniej skomplikowana niż obrazu kolorowego. Najprostsza metoda identyfikacji obrazu czarnobiałego polega na wybraniu zakresu szarości pikseli, który zostanie uznany za obiekt (obiekty), zaś pozostałe piksele za tło. Piksele leżące koło siebie i należące do przedziału "obekt" łączone są logicznie w jeden obiekt, dla którego można obliczyć powierzchnię, współrzędne środka i inne parametry.

1.3. Opis metody pomiaru długości

Metoda dotyczy pomiaru długości w płaszczyźnie obrazu. Aby zmierzyć odległość pomiędzy dwoma punktami należy "sfotografować" mierzony obiekt przy pomocy kamery i odpowiedniego oprogramowania. W obrazie określa się punkty krańcowe. Można tego dokonać dwojako: przez wskazanie kursorem na odpowiedni piksel obrazu (współrzędne będą liczbą całkowitą) lub przez programową identyfikację obrazu (obliczony zostanie środek ciężkości obiektu, współrzędne będą liczbami rzeczywistymi). Na podstawie współrzędnych oblicza się odległość wyrażoną w pikselach. Aby zamienić piksele na jednostki długości (m, mm, μm , cale) układ trzeba wzorcować. Wzorcowanie polega na wyznaczeniu długości w pikselach znanego wzorca długości. Należy przy tym pamiętać, aby odległość przedmiotów mierzonych od kamery pozostawała stała, co pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Stała odległość kamery od płaszczyzny obrazu

1.4. Opis metody pomiaru kąta

Metoda dotyczy pomiaru kąta w płaszczyźnie obrazu. Aby zidentyfikować kąt niezbędne są trzy punkty: wierzchołek kąta i dwa punkty do wyznaczenia kierunku ramion kąta. Identyfikacja punktów jest identyczna jak przy pomiarach długości. Z par punktów ("wierzchołek" i "ramię") obliczane są równania prostych. Ze współczynników kierunkowych tych prostych obliczany jest kąt przecięcia. Wynik pomiaru (kąt) podany jest w stopniach lub radianach. Przy pomiarach kątów nie występuje etap wzorcowania.

2. WYKONANIE CWICZENIA

2.1. Przyrządy używane w ćwiczeniu

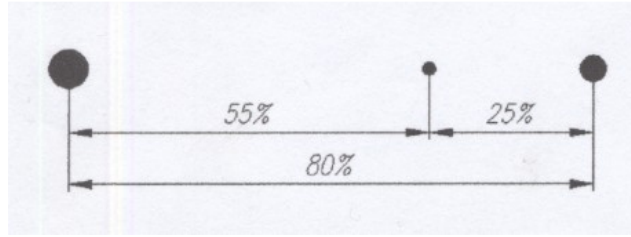
W ćwiczeniu używany jest następujący sprzęt:

- kamera:
 - typ: WZT-ZTSP-K17-CCD produkcji Elemis, obiektyw Tevidon 1,4/25 produkcji Carl Zeiss Jena,
 - rozdzielczość: 768 x 542 pikseli,
 - zakres kolorów: 256 odcieni szarości,
 - komunikacja z komputerem przez kartę typu Frame Grabber;
- komputer: PC z programem akwizycji i przetwarzania obrazu *Micro Scan 1.3* pracującym w systemie operacyjnym *Windows 95/98*,
- wzorce długości i kąta.

2.2. Przygotowanie szablonów do pomiarów długości

Do wykonania ćwiczenia potrzebne są dwa szablony, które należy wykonać samodzielnie. Na arkuszu narysować czarne koła, jak pokazano na rysunkach 2 i 3. Kontrastowość rysunku powinna być duża, najlepiej do rysowania użyć czarnego flamastra. Orientacyjne długości wyrażone są w procentach odniesionych do wielkości zakresu pomiarowego kamery (zależy on od odległości kamery od przedmiotu). Koła powinny być różnej średnicy, jest to pomocne przy automatycznym rozpoznawaniu obiektów. Na szablonie drugim odległość kół powinna być taka, by obraz zmieścił się na monitorze w kierunku pionowym.

Uwaga: na szablonie umieścić tylko koła (bez linii wymiarowych).



Rys. 2. Szablon pierwszy



Rys. 3. Szablon drugi

2.3. Badanie właściwości metrologicznych przy pomiarze długości

Jednym z parametrów określających właściwości metrologiczne jest powtarzalność wyników (powtarzalność wskazań). Powtarzalność wyników przy pomiarze długości możemy oszacować jako stosunek odchylenia standardowego wyników z kilku prób do wartości średniej. Im ten stosunek mniejszy, tym powtarzalność lepsza.

Należy zbadać powtarzalność dla dwóch metod: ręcznej identyfikacji obiektów (operator) oraz identyfikacji automatycznej (komputer). Doświadczenia wykonać pięciokrotnie, dla dwóch długości wzorca: 80% oraz 25% wykorzystania zakresu pomiarowego kamery.

Po uruchomieniu komputera włączyć program *Micro Scan* i wykonać niżej opisane czynności:

1. uzyskać obraz z kamery *CCD* (służy do tego ikona z rysunkiem kamery). Ustawić ostrość oraz przysłonę kamery.



2. zamrozić obraz i przenieść go do okna edycyjnego (przy pomocy ikon).



3. za pomocą funkcji *Metrics – Measure – Distance* zmierzyć odległość pomiędzy środkami kół (metoda „ręczna”). Wyniki pomiarów wyświetlane są w dolnym prawym rogu ekranu – należy je zapisać w sprawozdaniu. Poniższa ikona służy do wyznaczania punktów krańcowych wzorca.



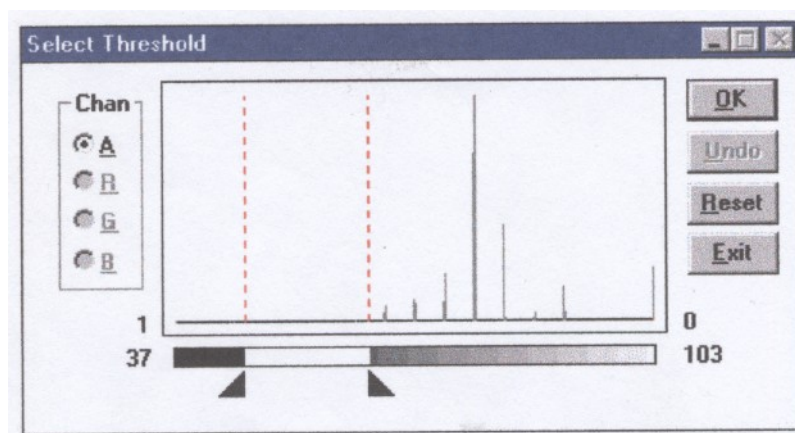
Po wykonaniu pomiarów do dalszych czynności przejść przy pomocy poniższej ikony. Identyczny znak stosowany jest w większości funkcji (okienek) programu *Micro Scan*.



4. kolejnym etapem zbierania danych jest pomiar z programową identyfikacją obiektów. Uruchomić funkcję *Select Threshold* przy pomocy poniższej ikony.



Okienko funkcji pokazano na rysunku 4. Trójkątne znaczniki służą do zadawania przedziału szerokości uznawanego za obiekt. Należy zadać odpowiedni przedział szerokości.



Rys. 4. Ustawianie zakresu szerokości

5. Następnie zidentyfikować obiekty. Służy do tego funkcja *Objects – Ident – Edit*, którą można uruchomić poniższą ikoną.



Piksele uznane za obiekt zmieniają kolor na niebieski. Wynik zapisać w pliku (plik umieścić w katalogu *C:\MicroScan\Lab_M54* i nadać mu nazwę np. *dlug_1.dat*, a przy kolejnych pomiarach wykorzystywać dopisywanie do pliku *Append*).

6. Plik z wynikami importować do *Microsoft Excel*. W pliku jako znacznik dziesiętny stosowana jest kropka, natomiast *Microsoft Excel* w swej typowej konfiguracji stosuje przecinek – konwersji można dokonać w *Microsoft Excel* przez funkcję *Edycja-Zamień* (zamienić należy wszystkie kropki na przecinki). Plik zawiera następujące informacje:

- area* – pole powierzchni obiektu (ilość pikseli) [pix²],
- perim* – długość obwodu (konturu) [pix],
- avr_d* – średnia średnica obiektu, średnica koła o polu powierzchni równym polu obiektu [pix],
- max_d* – maksymalna średnica obiektu [pix],
- ctr_x*, *ctr_y* – współrzędne środka geometrycznego obiektu [pix],
- ftr_x*, *ftr_y* – średnice fereta, rozpiętość rzutów prostokątnych na kierunku poziomy (x) i

pionowy (y) [1],

elong – elipsowatość: stosunek max_d do średnicy prostopadłej do max_d [1].

Na podstawie wartości parametrów ctr_x oraz ctr_y należy obliczyć odległości pomiędzy obiektami, odległość średnią, odchylenie średnie standardowe (σ) i stosunek sigmy do wartości średniej – dla każdej z dwóch wzorcowych długości.

Pomiary wykonać co najmniej 5 razy. Następnie porównać powtarzalność wyników w obrębie metody (w zależności od długości) oraz porównać obie metody określania punktów („ręczną” i automatyczną).

Uwaga: aby zadanie wykonać poprawnie należy dla każdego pomiaru zmieniać położenie szablonu i zamrażać nowy obraz.

2.4. Badanie czułości kamery w zależności od kąтового położenia obiektu

Druga część ćwiczenia poświęcona jest badaniu wpływu kąтового położenia obiektu mierzonego na czułość zestawu pomiarowego. Do wykonania tej części służy drugi szablon lub wzorzec długości.

Należy zebrać dane doświadczalne, postępując podobnie jak w pierwszej części ćwiczenia. Dla kolejnych pomiarów obracać szablon (wzorzec) o kilkanaście stopni, tak aby uzyskać co najmniej 10 różnych położenia wzorca dla kąta półpełnego.

Dla tak zebranych danych obliczyć przy pomocy *Microsoft Excel* długości obiektu [pix] dla wszystkich pomiarów oraz kąty pod jakimi jest on położony. Znaleźć maksymalną i minimalną długość obiektu. Obliczyć długość średnią i odchylenie średnie kwadratowe, oszacować kierunki główne czułości [pix/mm] maksymalnej i minimalnej.

2.5. Wzorcowanie toru pomiarowego

Wzorcowanie ma na celu wyznaczenie wymiarów pikseli, żeby umożliwić podanie wyników pomiarów długości w jednostkach metrycznych (lub innych, np. calach). Należy użyć przymiarów liniowych uznanych za wzorcowe (linijka z podzielną, suwmiarka itp.) i dokonać pomiarów określonej długości w dwu kierunkach: poziomym i pionowym względem ekranu monitora. Pomiary wykonać metodą ręczną lub automatyczną.

2.6. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wyniki pomiarów długości dla dwóch szablonów, wykonanych dwiema metodami (pomiary wykonać co najmniej 5 razy),
- obliczone: wartości średnie długości, sigmy, stosunki sigmy do wartości średniej dla dwóch szablonów i dwóch metod,
- porównanie metod pomiarów z identyfikacją obiektów przez operatora i programową identyfikacją obiektów,
- wyniki pomiarów długości szablonu 2 dla różnych położenia kątowych (pomiary wykonać co najmniej dla 10 położenia kątowych),
- wyniki wzorcowania toru pomiarowego (wymiaru pikseli);
- obliczone: najmniejsza i największa czułość, miara rozrzutu (σ);
- oszacowanie kierunków głównych deformacji (czułości układu pomiarowego),
- wnioski i uwagi.