ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984
Seria: AUTOMATYKA z. 75 Nr kol. 811

Ryszard S. Choraś
Instytut Telekomunikacji i Elektrotechniki
ATR Bydgoszcz

IDENTYFIKACJA I LOKALIZACJA OBIEKTÓW W SYSTEMIE WIZYJNYM ROBOTA PRZEMYSŁOWEGO

Streszczenie. W pracy omówiono podstawowe założenia i wymagania, które powinien spełniać system wizyjny robota przemysłowego i przedstawiono schemat blokowy systemu wizyjnego spełniającego te wymagania. Proces przetwarzania obrazu w systemie wizyjnym robota przemysłowego przedstawiono omawiając operacje realizowane przez poszczególne bloki. Przedstawiono wnioski.

1. Wstęp

Potencjalne zastosowania robotów wyposażonych w systemy wizyjne /tzw. robotów inteligentnych/ są bardzo szerokie m.in. badanie kosmosu, głębin morskich, zastosowania przemysłowe. Proces przetwarzania obrazu w systemie wizyjnym robota można podzielić na : przetwarzanie informacji wizualnej, segmentacja, opis, rozpoznawanie i interpretacja. Informacja wizualna jest przetwarzana w sygnał elektryczny przez czujniki wizyjne. Najbardziej rozpowszechnionymi są kamery widikonowe i matryce diodowe. Sygnał wizyjny jest próbkowany, kwantowany i przesyłany do komputera w postaci 64 x 64 do 512 x 512 elementowej macierzy liczb. Zwiększenie ilości punktów macierzy obrazu, oraz liczby poziomów jaskrawości decydująco wpływa na koszt i szybkość działania systemu. System wizyjny może wykorzystywać jedną lub parę kamer. Większość systemów wykorzystuje pojedynczą kamerę, para kamer daje dużo więcej informacji o scenie. Obrazy otrzymane z dwu kamer mogą być wykorzystane niezależnie lub mogą być stosowane w koniunkcji do otrzymania pary stereo-obrazów. W systemach stereo-obrazowych, obrazy z dwóch kamer ustawionych w dwóch różnych punktach są analizowane w celu uzyskania niezbędnej informacji o scenie. Jeżeli położenie kamery i kąt widzenia są znane mogą być obliczone trójwymiarowe współrzędne punktu w scenie.

Innym ważnym czynnikiem jest oświetlenie sceny. Sposób oświetlenia jest często nie akceptowany ponieważ uzyskuje się w rezultacie obraz o małym kontraście, odbicia itp. Dobre oświetlenie sceny to takie, że uzyskiwany przetworzony obraz jest minimalny /w sensie ilości bitów/ przy czym wszystkie szczegóły są uwidocznione.

Często czujniki wizyjne realizują również zakres przetwarzania wstępnego obrazu, np. geometryczną korekcję, restaurację itp.

Segmentacja jest procesem dzielenia obrazu na oddzielne części lub obiekty. Jest to dziedzina aktywnych badań, bardzo ważna gdyż jest pierwszym krokiem przetwarzania w praktycznych systemach wizyjnych. Algorytmy segmentacji wykorzystują zasadę: podobieństwa i braku ciągłości . Pierwsze wykorzystują pojęcie wartości progowej i na tej podstawie tworzą obszary, drugie realizują operacje wykrywania krawędzi obiektów.

Opis w systemie wizyjnym robota polega na wydzieleniu cech obiektu wykorzystywanych w procesie rozpoznawania. W przypadku idealnym, cechy powinny być niezależne od położenia obiektu, orientacji i zawierać informację jednoznacznie identyfikującą obiekt.

Rozpoznawanie jest procesem podstawowym identyfikującym każdy wydzielony obiekt w scenie i wyznaczającym etykietę dla każdego obiektu. Rozpoznawanie może być dzielone na dwie główne kategorie: decyzyjno-teoretyczne i strukturalne.

Interpretacja polega na porównaniu rozpoznanego obiektu z modelem /parametrami/ i wyciągnięciu wniosków, co do dalszego procesu rozpoznawania. Informacja wydzielona z obrazu jest wykorzystywana do sterowania trajektorią ruchu, adaptacyjnej korekcji pozycji, sterowania manipulatorem itp.

Na podstawie powyższego krótkiego omówienia systemu wizyjnego robota możemy sformułować wymagania, które powinien spełniać taki system. Są one następujące:

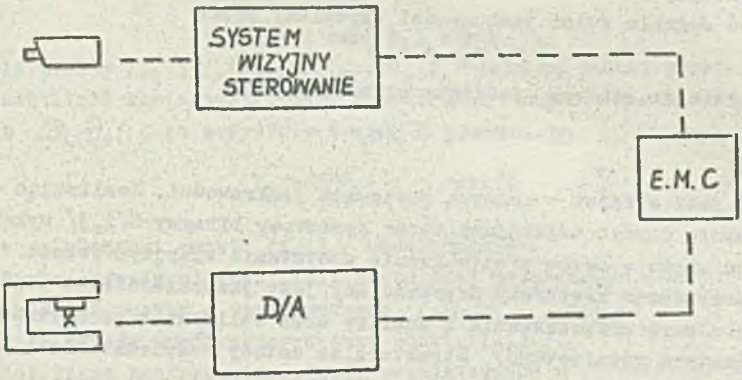
- układ zobrazowania musi zapewniać uzyskanie obrazu sceny zawierającego wszystkie szczegóły, jednak bez efektów ubocznych,
- algorytmy wydzielania obiektów w obrazie muszą być efektywne, proste, o małej złożoności obliczeniowej,
- lista cech wydzielonych z obiektu musi być optymalna tj. minimalna ilość cech zapewniająca jednoznaczną identyfikację obiektów sceny,
- proces rozpoznawania musi być prosty, umożliwiający rozpoznawanie skończonego zbioru obiektów obrazu,
- opis modelu prosty, możliwość tzw. procesu uczenia,
- realizacja hardwerowa prosta, mały koszt,
- praca w czasie rzeczywistym.

2. System wizyjny robota przemysłowego

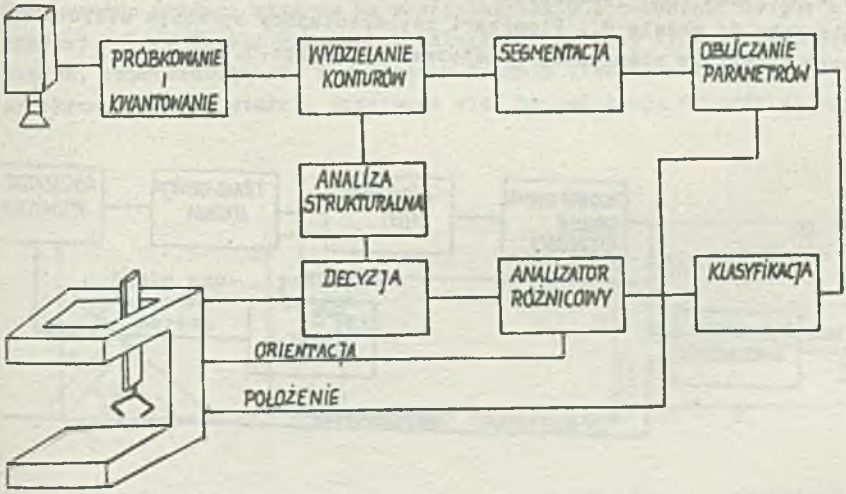
Układ blokowy systemu robota inteligentnego przedstawiono na rys.1. Do rozpoznawania i lokalizacji części maszynowych wymagana jest realizacja szeregu funkcji /częściowo omówionych wyżej/ przedstawionych na schemacie blokowym na rys.2.

Omówimy poszczególne operacje realizowane w systemie wizyjnym robota przemysłowego. Kamera typu TP-K 16 wyposażona w lampę typu widikon umożliwia uzyskanie sygnału obrazowego odpowiadającego standardowi telewizyjnemu.

Sygnał z kamery doprowadzany jest na wejście przetwornika A/C o przetwarzaniu równoległym o następujących parametrach: częstotliwość próbkowania ok. 3 MHz, ilość poziomów jaskrawości 16. Na wyjściu przetwornika A/C jedna linia obrazu reprezentowana jest przez 128 próbek, z których każda przedstawiona jest 4-ma bitami. Uzyskujemy cyfrowy obraz 128 x 128 elementowy, z ogólną liczbą bitów wynoszącą 128 x 128 x 4 = 65 536 bit/obraz. Pojemność pamięci RAM /pamięci obrazu/ jest identyczna.



Rys.1. Układ blokowy systemu robota inteligentnego



Rys.2. Funkcje realizowane w systemie wizyjnym robota

Operację wydzielenia konturów obiektów obrazu realizujemy wykorzystując operator Sobela, który jest nieliniowym operatorem wydzielającym zmiany jaskrawości. Definiujemy go jako:

$$e_x = [c + Kf + i] - [a + Kd + g]$$
$$e_y = [a + Kb + c] - [g + Kh + i], \qquad /1/$$

gdzie e_x i e_y są sygnałami zmian jaskrawości w kierunku x i y. Współczynnik K jest zwykle przyjmowany jako 2, lecz wartość ta wynika głównie z intuicji.

Wielkość sygnału zmian jaskrawości określamy przez

$$E = /e_x^2 + e_y^2/^{1/2} \qquad /2/$$

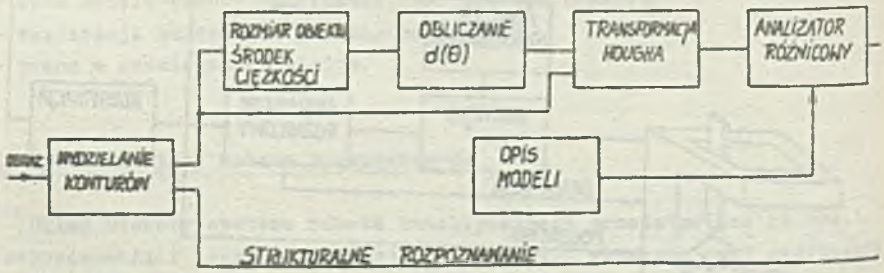
Kąt nachylenia wektora gradientu określamy jako

$$\alpha = \mathrm{arctg}\ e_x/e_y \qquad /3/$$

Obraz E jest obrazem o różnych poziomach jaskrawości. Realizując operację kwantowania obrazu uzyskujemy obraz konturowy, binarny C/i,j/ wykorzystywany na dalszych etapach przetwarzania w systemie wizyjnym robota.

Binarny obraz konturowy doprowadzany jest jednocześnie do wejść bloków strukturalnego rozpoznawania i analizy oraz obliczania parametrów obrazu i analizatora różnicowego. Strukturalne metody rozpoznawania i analizy obrazu w systemie wizyjnym robota omówiono w [2].

Podstawowymi parametrami obiektów obliczanymi dla celów rozpoznawania i identyfikacji są: rozmiar obiektu, współrzędne środka obiektu, odległość pomiędzy środkiem obiektu i linią konturową obliczana dla kątów $\theta = \theta_i$, kąt θ_M - wskazujący o ile stopni obrócony jest obiekt wejściowy w stosunku do modelu M_i. Flowchart reprezentujący operacje obliczania parametrów i analizy różnicowej przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Operacje obliczania parametrów obiektu i analizy różnicowej

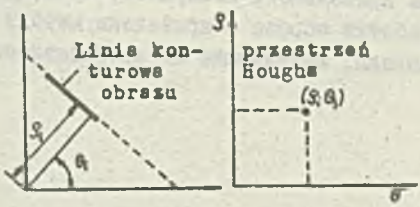
Następnymi parametrami na liście są:
-rozmiar obiektu, określany jako ogólna liczba punktów obiektu, czyli obszaru ograniczonego liniami konturowymi [1,3],
-współrzędne środka ciężkości definiowane jak w [1,3],
-obraz konturowy zawierający linie konturowe w pamięci komputera reprezentowany przez zbiór współrzędnych punktów konturowych /i,j/.
Każdy punkt /i,j/ będzie przedstawiany w przestrzeni Hougha /przestrzeni parametrów/. Każdy punkt /i,j/ będzie transformowany w krzywą na płaszczyźnie (θ,ϱ) określoną równaniem

$$\varrho = i\cos\theta + j\sin\theta \qquad /4/$$

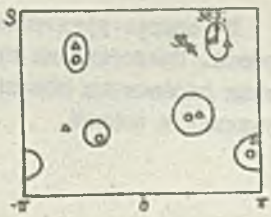
jeżeli punkty $/i_1,j_1/,/i_2,j_2/,\ldots,/i_n,j_n/$ leżą na jednej prostej /tworzą odcinek linii konturowej/, to w przestrzeni Hougha można znaleźć taki punkt $/\varrho_i,\theta_i/$, że wszystkie krzywe o równaniach

$$i_k\cos\theta + j_k\sin\theta = \varrho \qquad k=1,\ldots,n \qquad /5/$$

które są obrazami punktu $/i_k,j_k/$ przecinają się.
Można więc prosty odcinek linii konturowej przedstawić w przestrzeni Hougha w postaci punktu o współrzędnych $/\varrho_i,\theta_i/$, rys.4.
Środkiem układu współrzędnych jest punkt $/i_0,j_0/$.
Również linie konturowe modelu są przedstawione w przestrzeni Hougha przez $/\varrho_{im},\theta_{im}/$. Na rys.5 przedstawiono przykładowe położenie danych o liniach konturowych obiektu i modelu w przestrzeni Hougha. Jeżeli dane dla każdej linii konturowej znajdują się wewnątrz elipsy błędów to przyjmuje się, że obiekt odpowiada modelowi.
Współrzędne średnic otworów są przedstawione w przestrzeni Hougha w postaci krzywej /4/. Jeżeli maksymalna odległość pomiędzy krzywymi w przestrzeni Hougha, reprezentującymi współrzędne średnic otworów obiektu i modelu nie przekracza pewnej stałej, przyjmuje się ,że położenia otworów są zgodne.



Rys.4. Odcinek linii konturowej w przestrzeni Hougha



Rys.5. Dane o obiekcie i modelu w przestrzeni Hougha

3. Uwagi końcowe

Identyfikacja i lokalizacja obiektów, w proponowanym systemie wizyjnym robota przemysłowego, realizowana jest dwutorowo co umożliwia uzyskanie minimalnych czasów rozpoznawania i identyfikacji obiektów, jak również w znacznym stopniu zwiększa poprawność rozpoznawania. Część proponowanych parametrów wyznaczana jest w trakcie procesu otrzymywania obrazu konturowego co ma wpływ na skrócenie czasu rozpoznawania. Dwa podstawowe warianty pracy systemu wizyjnego robota są następujące: a/ dwa tory pracują jednocześnie, b/ wykorzystywany jest tor rozpoznawania strukturalnego natomiast tor analizatora różnicowego wykorzystywany jest z chwilą otrzymania sygnału z toru rozpoznania strukturalnego o tym że obiekt jest akceptowany. Istnieje możliwość pracy systemu wizyjnego robota w innych wariantach.

LITERATURA

[1]. Chorąś R.S.: Przetwarzanie informacji graficznej w systemie wizyjnym robota przemysłowego, Z. Nauk. Polit. Śląskiej, Automatyka z.64,str.189 ÷200, 1982.

[2]. Chorąś R.S.: Strukturalne metody analizy obrazów w systemie wizyjnym robota przemysłowego, Mat. IV KKADPP 1984.

[3]. Chorąś R.S.: Image processing system for industrial robots, Image and Vision Computing,no.1,Feb. vol.2, str.31÷33,1984.

Recenzent: Prof.dr hab.inż.Antoni Woźniak
Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Р е з ю м е

В статье представлена система зрительного восприятия промышлнного робота. Представлена проблема обработки образа , приведены методы вычисления параметров объектов. Даны выводы, вытекающие из представленных рассуждений и опытов.

IDENTIFICATION AND LOCALISATION A VARIETY OF PLANTS IN A MACHINE VISION SYSTEM

S u m m a r y

This paper presents essential assumptions and requirement of a machine vision system. Digital image processing operations in a machine vision system are presented in a detailed manner. Finally the concludings remarks are discussed.