

Ryszard S. CHORAŚ

Instytut Telekomunikacji i Elektrotechniki  
ATR BydgoszczPRZETWARZANIE INFORMACJI GRAFICZNEJ  
W SYSTEMIE WIZYJNYM ROBOTA PRZEMYSŁOWEGO

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono proces przetwarzania obrazu w systemie wizyjnym robota przemysłowego. Rozważano dyskretny (cyfrowy) obraz opisany jaskrawościami w poszczególnych punktach rastru, uzyskany przez dyskretyzację i kwantowanie. Omówiono szczególnie proces przetwarzania wstępnego obrazu, polegający na wydzielaniu linii konturowych obiektów obrazu. Omówiono metody obliczania podstawowych parametrów obiektów, takich jak: rozmiar obiektu, stosunek rozmiaru obiektu do długości linii konturowych i innych. Obliczono współrzędne środka obiektu, odległość pomiędzy środkiem obiektu i konturem dla każdej współrzędnej biegunowej  $\theta = \theta_1$ . W referacie omawiane są szczegółowo kolejne etapy przetwarzania obrazu i obliczania jego podstawowych parametrów.

## 1. WSTĘP

Rozważać będziemy dyskretny (cyfrowy) obraz opisany jaskrawościami w poszczególnych punktach rastru, uzyskany przez dyskretyzację i kwantowanie, tj. przyjęcie dyskretnych wartości jaskrawości w punktach dyskretyzacji  $\Delta x$  i  $\Delta y$ .

Maszynowe przetwarzanie obrazów graficznych ciągłych możliwe jest po uprzednim odwzorowaniu ich na płaszczyźnie dyskretnej. W wyniku takiego odwzorowania klasa obrazów ciągłych  $A_1'$  przejdzie do klasy  $A_1$  odpowiednich obrazów dyskretnych. Tę też klasę będziemy zajmować się w dalszych rozważaniach. Z odwzorowaniem  $A_1' \rightarrow A_1$  wiążą się pewne istotne możliwości co do reprezentacji klasy  $A_1$  na płaszczyźnie dyskretnej. Odwzorowując dowolny ograniczony obraz ciągły na płaszczyźnie dyskretnej otrzymamy obraz dyskretny złożony ze skończonej liczby punktów, na których określimy pewne wartościowanie. Możemy zatem każdy skończony obraz dyskretny  $\alpha$  o wymiarach  $m \times n$  traktować jako punkt w  $N'$  wymiarowej przestrzeni  $\Omega$ , gdzie  $N' \geq m \times n$ . Omawiana przez nas klasa  $A_1$  jest zatem pewnym podzbiorem przestrzeni  $\Omega$ . Obrazy należące do  $A_1$  mogą być reprezentowane jako  $m \times n$  wymiarowe wektory.

Cyfrowy obraz uzyskany został przy wykorzystaniu systemu cyfrowego przetwarzania obrazów graficznych CPO-2, pracującego w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN w Warszawie.

## 2. PODSTAWOWE DEFINICJE DOTYCZĄCE OBRAZÓW DYSKRETNYCH

Poniżej wprowadzimy szereg pojęć i definicji uściślających własności obrazów należących do rozważanej klasy  $A_1$  oraz reprezentacji tych obrazów na płaszczyźnie dyskretnej.

1. Obszar  $D$  obrazu (raster idealny) jest produktem kartezjańskim zbiorów:

$$D = M \times N$$

gdzie  $M = \{1, 2, \dots, m\}$  oraz  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  są podzbiórami liczb naturalnych.

2.  $K(i, j)$  oznacza punkt  $K$  o współrzędnych  $(i, j)$ .  $K \in D$  jest ekwiwalentne do  $(i, j) \in D$ . Funkcja  $K$  przyporządkowuje elementom zbioru  $D$  wartości współrzędnych w układzie kartezjańskim  $Oxy$

$$K : M \times N \rightarrow R \times R$$

gdzie:

$R$  - zbiór liczb rzeczywistych.

### 3. Dyskretyzacja obrazu

Na zbiorze  $D$  określona jest funkcja  $f$  przyporządkowująca każdemu elementowi rastu stopień jasności obszaru rozłożonego wokół elementu o współrzędnych  $K(i, j)$

$$f : D \rightarrow R$$

gdzie:

$R$  - wyróżniona pólka liczb rzeczywistych.

Funkcja  $f(i, j)$  może być interpretowana fizycznie jako wartość sygnału odpowiadającego elementowi o współrzędnych  $(i, j)$ . Zbiór liniowo uporządkowanych wartości funkcji

$$\left\{ \begin{array}{cccccccc} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,j) & \dots & f(1,n), \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,j) & \dots & f(2,n), \\ \vdots & & & & & \\ f(i,1) & f(i,2) & \dots & f(i,j) & \dots & f(i,n), \\ \vdots & & & & & \\ f(m,1) & f(m,2) & \dots & f(m,j) & \dots & f(m,n) \end{array} \right\}$$

oznaczamy przez  $F$ . Tworzenie zbioru wartości  $F$  jest nazywane dyskretyzacją. Badany obraz jest aproksymowany do zbioru  $m \times n$  elementów.



## 4. Kwantowanie obrazu

Dla zbioru  $F$  ustalamy zbiór wartości progowych:

$A = \{r(1), r(2), \dots, r(t), \dots, r(T)\}$ , spełniających relację:

$$\forall (i < j)(r(i) < r(j))$$

Tworzymy produkt kartezjański zbiorów

$$P = F \times A$$

otrzymując zbiór wartości:

$$P = \{p(1,1), \dots, p(i,j), \dots, p(m,n)\}$$

o wartościach elementów wyrażonych w następujący sposób:

$$p(i,j) = \begin{cases} E_n \frac{r(t) + r(t+1)}{2} & \text{jeżeli } r(t) < f(i,j) < r(t+1) \\ r(T) & \text{jeżeli } f(i,j) \geq r(T) \\ r(1) & \text{jeżeli } f(i,j) \leq r(1) \\ r(t) & \text{jeżeli } f(i,j) = r(t) \end{cases}$$

Proces otrzymywania zbioru wartości  $P$  nazywamy kwantowaniem obrazu.

5. Cyfrowy obraz jest  $m \times n$  wymiarową macierzą liniowo uporządkowanych wartości funkcji  $P$ . Macierz tę będziemy nazywać macierzą obrazu.

6. Element obrazu cyfrowego jest elementem macierzy obrazu. Określamy go jako:

$$p = \left\{ p(i,j) \mid 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, i, j \text{ całkowite} \right\} = [p(i,j)]$$

7. Odległość  $d_0$  pary elementów w zbiorze  $D$  definiujemy następująco

$$d_0((i,j), (h,k)) \triangleq \left[ (i-h)^2 + (j-k)^2 \right]^{1/2}$$

8. Niech  $p(i,j) \in P$  i  $q \in R$ . Zbiór  $V(p,q) = \left\{ p(h,k) \mid p(h,k) \in P \text{ i } d_0((i,j), (h,k)) \leq q; q \geq 1 \text{ i } (i,j), (h,k) \in D \right\}$  jest zbiorem sąsiednich punktów otaczających punkt  $(i,j)$ .

9. Punkt krawędzi - jest punktem granicznym lub leży między dwoma sąsiednimi obszarami obrazu (pod względem jasności), których różnica jasności przekracza pewną wartość progową  $s$ .

10. Wykrywania krawędzi - proces przyporządkowania każdemu punktowi  $P$  z macierzy obrazu pewnego prawdopodobieństwa, że  $P$  jest elementem krawędzi.

11.  $r$ -obszar - jest pewną prostą określoną w  $D$ .

12.  $p$ -suma - jest zbiorem wartości, z których każda jest sumą poziomów jaskrawości elementów leżących wzdłuż jednego  $r$ -obszaru, przy czym dany punkt obrazu występuje tylko jeden raz w określonym  $r$ -obszarze.  $p$ -suma jest zbiorem pustym tylko w przypadku, kiedy wartości jaskrawości wszystkich elementów obrazu są równe zero.

13. Każda wartość w  $p$ -sumie jest sumą jaskrawości elementów jednego  $r$ -obszaru.

14.  $p$ -zbiór jest zespołem jednej lub więcej  $p$ -sum

$$P = \{(R_{ts} \mid 1 \leq t \leq n_s \mid 1 \leq s \leq \bar{p})\}$$

gdzie  $R_{ts}$  jest sumą jaskrawości elementów  $r$ -obszaru, odpowiadającą  $t$ -mu  $r$ -obszarowi w  $s$ -tej  $p$ -sumie lub

$$R_{ts} = \sum_{1, j \in r\text{-obszaru}(t,s)} p(i,j)$$

gdzie  $n_s$  jest liczbą  $r$ -obszarów w  $s$ -tej  $p$ -sumie i  $\bar{p}$  jest ogólną liczbą  $p$ -sum w  $p$ -zbiörze.

15. Dwa obrazy  $[p(i,j)]$  i  $[\hat{p}(i,j)]$  są nazywane podobnymi z dokładnością do  $p$ -zbiöru, jeśli i tylko jeśli  $P_p = P_{\hat{p}}$ .

Pojęciami przedstawionymi w tym paragrafie posługiwać się będziemy w dalszych częściach pracy.

### 3. PRZETWARZANIE WSTĘPNE OBRAZU - WYDZIELANIE LINII KONTUROWYCH

Przejście od obrazu wejściowego do obrazu konturowego usprawiedliwiają względy psychologiczne. Uwaga człowieka - odbiorcy koncentruje się głównie na granicach pomiędzy niejednorodnymi (pod względem jaskrawości) obszarami obrazu. Jeżeli wartość  $|p(i,j) - p(i,j+1)|$  jest duża, to otrzymujemy pionową linię konturową, czyli skok jaskrawości pomiędzy punktami obrazu. Operacja tego typu jest odpowiednikiem różniczkowania obrazu wzdłuż prostych ortogonalnych do konturu. Wydzielenie linii konturowych w obrazie można zrealizować stosując operację laplasjanu, gradientu lub nieliniowego wzmocnienia obrazu pod względem jaskrawości. Za punkt konturowy przyjmujemy punkt otrzymanego w wyniku wymienionych operacji obrazu, o ile tylko wartość jego jaskrawości jest większa lub równa wartości progowej proporcjonalnej do średniego poziomu jaskrawości.



Do wydzielenia linii konturowych stosujemy procedurę iteracyjną. Obraz o  $T$  poziomach jaskrawości  $k$  przedstawiony jest w postaci  $m \times n$  wymiarowej macierzy  $p(i,j)$ , gdzie  $(i,j) \in D$ .

Pierwsza iteracyjna procedura wydzielenia linii konturowej jest określona przez:

$$G(i,j) = |p(i,j) - p(i+1,j+1)| + |p(i,j+1) - p(i+1,j)|$$

gdzie:

$p(i,j)$  - wartość jaskrawości elementu obrazu o współrzędnych  $(i,j)$ .

Druga i kolejne iteracje obliczamy w taki sam sposób jak w [1], przy czym zamiast  $p(i,j)$  podstawiamy  $G(i,j)$ .  $K$ -ta iteracja jest następująca:

$$G^k(i,j) = |G^{k-1}(i,j) - G^{k-1}(i+1,j+1)| + |G^{k-1}(i,j+1) - G^{k-1}(i+1,j)|$$

Każda iteracja prowadzi do redukcji redundancji informacji z obrazu, tzn. prowadzi do otrzymania tylko tych punktów obrazu, które są punktami granicznymi pomiędzy obszarami o różnych jaskrawościach (obraz konturowy). Liczba iteracji określona jest doświadczalnie.

Obraz  $G(i,j)$ , otrzymywany po zakończeniu pewnej liczby iteracyjnych procedur, jest obrazem o kilku poziomach jaskrawości, tzn.  $G(i,j)$  jest interpretowane jako jaskrawość elementu obrazu o współrzędnych  $(i,j)$ .

Zbiór liniowy uporządkowanych wartości funkcji:

$$\begin{array}{cccc} G(1,1) & \dots & G(1,j) & \dots & G(1,n) \\ G(2,1) & \dots & G(2,j) & \dots & G(2,n) \\ \vdots & & & & \\ G(m,1) & \dots & G(m,j) & \dots & G(m,n) \end{array}$$

oznaczamy przez  $G$ .

Dla zbioru  $G$  ustalamy wektor wartości progowych

$$v = \{\theta, \theta_1, \dots, \theta_1\}$$

i przeprowadzamy proces kwantowania obrazu gradientu, tj. obliczamy wartości elementów iloczynu kartezjańskiego

$$GF = G \times v \rightarrow \{10, 0\}$$

Skwantowany obraz gradientu reprezentowany jest przez zbiór:

$$GF = \left\{ GF(1,1), GF(1,2), \dots, GF(1,j), \dots, GF(m,n) \right\}$$

$$GF(1,j) = \begin{cases} 10 & \text{jeżeli } G(1,j) \leq \theta_1 \\ 0 & \text{jeżeli } G(1,j) > \theta_1 \end{cases}$$

$\theta$  jest parametrem liczbowym przyjmowanym na początku procesu obliczania gradientu, natomiast  $\theta_1$  jest parametrem przyjmowanym oddzielnie dla każdego wiersza obrazu  $G(1,j)$  i równym średniej wartości jaskrawości w danym wierszu.

Obraz  $GF(1,j)$  zawiera oprócz linii konturowych również pojedyncze punkty lub grupy punktów nie tworzących żadnego konturu. Wprowadzamy operator realizujący filtrację obrazu  $GD(1,j)$  zgodnie z:

$$C(i,j) = \begin{cases} 10 & \text{jeżeli liczba 1 elementów } (i,j) \text{ obrazu} \\ & GF(1,j) \text{ takich, że } (i,j) \in V(p,q) \\ & \text{i } GF(1,j) = 10 \text{ jest większa od } \theta_2 \\ 0 & \text{w pozostałym przypadku} \end{cases}$$

gdzie  $\theta_2$  jest dowolnym parametrem

$$C = GF(1,j) \times \theta_2 - \{10, 0\}$$

Operator ten nadaje wartości zerowe punktom i grupom punktów nie związanych z innymi elementami  $GF(1,j)$  lub połączonych z innymi punktami  $GF(1,j)$ , lecz warunek dotyczący liczby punktów otaczających punkt rozpatrywany jest nie spełniony.

Obraz uzyskany po operacji gradientu i filtracji, tj. obraz  $C(1,j)$  jest obrazem, w którym wszystkie punkty obrazu są punktami linii konturowych. Jeżeli  $C(1,j)$  jest obrazem konturowym, natomiast  $p(1,j)$  obrazem wejściowym, to należy zauważyć, że  $C(1,j)$  odpowiada nie tylko obrazowi  $p(1,j)$  ale całej rodzinie obrazów pozostających w pewnej klasie tolerancji z  $p(1,j)$ . Niech

$$A = \left\{ C(1,j) = 10; (i,j) \in D \right\} \text{ i } \bar{A} = \left\{ C(1,j) = 0; (i,j) \in D \right\}.$$

Wszystkie punkty obrazu przyjmują wartości jaskrawości 10 lub 0. Zbiór  $C(1,j)$ , który jest związkłem zbiorów  $A$  i  $\bar{A}$ , jest dwuwartościowym obrazem. Zdefiniujemy linię konturową w tym obrazie. Linia konturowa jest określona jako:

$$LK = \left\{ C(1,j); C(1,j) \in A, d(C(1,j), A) = 1 \right\}$$



gdzie  $d(\dots)$  jest określone przez:

$$d(C(i,j), C(h,k)) = |i-h| + |j-k|$$

Obraz konturowy będziemy aproksymowali za pomocą krzywych drugiego rzędu. Lewą stronę równania

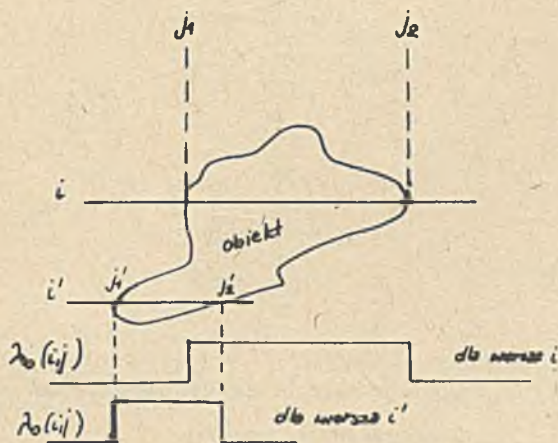
$$A_i^2 + B_{ij} + C_j^2 + D_i + E_j + 1 = 0$$

oznaczymy przez  $Z$ ;  $(i,j)$  są współrzędnymi punktów obrazu  $C(i,j)$ . Jeżeli wartość  $Z$  jest mniejsza lub równa od ustalonego parametru  $T$ , wtedy przyjmujemy, że punkt o współrzędnych  $(i,j)$  jest aproksymowany krzywą o obliczonych parametrach.

#### 4. PODSTAWOWE PARAMETRY OBIEKTÓW

Podstawowymi parametrami obiektów obliczanymi dla celów rozpoznawania i identyfikacji obiektów są: rozmiar obiektu, stosunek rozmiaru obiektu do długości linii konturowej, szerokość obiektu, współrzędne środka obiektu, odległość pomiędzy środkiem obiektu i linią konturową, obliczana dla kątów  $\Theta = \Theta_1$ , kąt  $\Theta_M$  - wskazujący o ile stopni obrócony jest obiekt wejściowy w stosunku do modelu  $M_1$ . Definicje tych parametrów są następujące:

1. Rozmiar obiektu jest definiowany jako ogólna liczba punktów obiektu, tj. obszaru ograniczonego liniami konturowymi. Obraz analizowany jest linia za linią oraz dla każdego wiersza  $i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) zapamiętywane są dwie wartości współrzędnych  $j_1$  i  $j_2$ , dla których odpowiednio binarna funkcja  $\lambda_0(i,j)$  przyjmuje wartość 1 oraz na powrót wartość 0 (rys. 1).



Rys. 1. Definicja binarnej funkcji  $\lambda(i,j)$

Rozmiar obiektu jest określany jako:

$$S_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (j_2 - j_1)_0$$

2. Szerokość obiektu określamy jako maksymalną wartość różnicy  $j_2 - j_1$ , t.j.:

$$w_0 = \max(j_2 - j_1)_0$$

3. Stosunek rozmiaru obiektu do długości linii konturowej określony jako:

$$K = \frac{S_0}{L},$$

gdzie:

$S_0$  - rozmiar obiektu,

$L$  - sumaryczna długość linii konturowej obiektu, określana w procesie aproksymacji linii konturowej krzywymi drugiego stopnia. O ile kontur jest aproksymowany kilkoma krzywymi, to  $L$  jest sumą długości poszczególnych krzywych.

4. Współrzędne środka obiektu definiujemy jako:

$$i_0 = \frac{\sum_{i=1}^m i \lambda_0(i)}{\sum_{i=1}^m \lambda_0(i)}$$

$$j_0 = \frac{\sum_{j=1}^n j \lambda_0(j)}{\sum_{j=1}^n \lambda_0(j)}$$

gdzie:

$$\lambda_0(i) = \begin{cases} 1 & \text{dla el. } i\text{-tego wiersza należących do obiektu} \\ 0 & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases}$$



$$\lambda_o(j) = \begin{cases} 1 & \text{dla el. } j\text{-tej kolumny należących do obiektu} \\ 0 & \text{w przypadku przeciwnym.} \end{cases}$$

5. Odległość pomiędzy środkiem obiektu a punktami linii konturowej dla kątów  $\theta = \theta_1$  określamy jako  $d_o(\theta)$ , przy czym podstawiamy za  $(i,j)$  współrzędne  $(i_o, j_o)$ , natomiast  $(h,k)$  są współrzędnymi przecięcia prostej wyprowadzonej ze środka obiektu pod kątem  $\theta$  z linią konturową obiektu (rys. 2.).

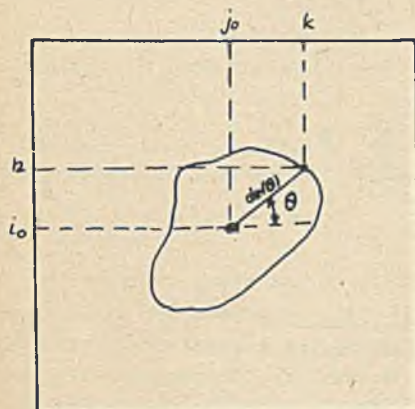
Obliczając wartość  $d_o(\theta)$  dla różnych kątów  $\theta$  otrzymujemy tabelę funkcji, na podstawie której można narysować wykres  $d_o(\theta) = f(\theta)$ . Identyczna tabela funkcji jest w każdym opisie modelu obiektu. Jeżeli obiekt wejściowy jest identyczny jak model, ale inaczej położony (obrócony w stosunku do modelu o pewien kąt), to wykresy funkcji  $d_o(\theta) = f(\theta)$  obiektu i  $d_{ei}(\theta) = f(\theta)$  modelu są podobne ale przesunięte.

Określimy odległość  $D(\theta_s)$  dwóch tablic dla kątów  $\theta_s = 3,6 \dots 360^\circ$  jak następuje:

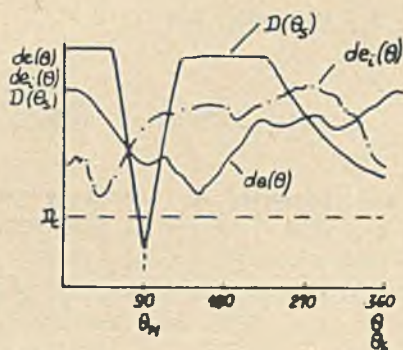
$$D(\theta_s) = \sum_{k=1}^{120} |d_{ei}(3k) - d_o(3k + \theta_s)|$$

Wtedy  $d_{ei}(\theta)$  i  $d_o(\theta)$  są podobne, jeżeli minimum  $D(\theta_s)$  jest mniejsze niż pewna stała  $D_c$ .

Na rys. 3 przedstawione są zależności  $d_{ei}(\theta)$ ,  $d_o(\theta)$  oraz  $D(\theta_s)$  dla pewnego obiektu. Minimum funkcji  $D(\theta)$  występuje przy kącie  $\theta_M$ , określającym kąt obrotu wejściowego obiektu względem modelu.



Rys. 2. Definicja odległości pomiędzy środkiem obiektu a punktami linii konturowej



Rys. 3. Zależności  $d_{ei}(\theta)$ ,  $d_o(\theta)$  i  $D(\theta_s)$  dla obiektu

6. Parametr  $d$  określamy przez następujący algorytm:

i) określamy dwa tzw.  $p$ -zbiory  $\mathcal{P}_p$  i  $\mathcal{P}_{\hat{p}}$ , będące odpowiednio  $p$ -zbiorem obrazu wejściowego  $p$  i modelu  $\hat{p}$ .

ii)  $p$ -zbiory są zespołem  $p$ -sum obliczanych dla wierszy i kolumn obrazu  $G$

$$\mathcal{P}_p = \left\{ (R_{i,h})_p^R (R_{j,v})_p \right\}$$

$$\mathcal{P}_{\hat{p}} = \left\{ (R_{i,h})_{\hat{p}}^R (R_{j,v})_{\hat{p}} \right\}$$

iv) tworzymy obrazy określone jak następuje:

a) jeżeli  $R_{i,h} = 0$  lub  $R_{j,v} = 0$  albo  $R_{i,h} = R_{j,v} = 0$  wtedy  $p^*(i,j) = 0$

b) jeżeli  $R_{i,h} = (2^Y - 1)n$  to  $p^*(i,j) = (2^Y - 1)np$  lub

jeżeli  $R_{j,v} = (2^Y - 1)m$  to  $p^*(i,j) = (2^Y - 1)mp$ ,

gdzie  $p$  jest liczbą  $p$ -sum w  $p$ -zbiorniku,

c) w pozostałych przypadkach:

$$p^*(i,j) = (R_{i,h})_p^R + (R_{j,v})_p^R,$$

gdzie:  $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $(2^Y - 1)$  - liczba poziomów jasności,

vi) obliczamy różnicę między obrazami  $p^*(i,j)$  i  $\hat{p}^*(i,j)$

$$d^*(i,j) = |p^*(i,j) - \hat{p}^*(i,j)|$$

vv) obliczamy sumę

$$d_p(\mathcal{P}_p, \mathcal{P}_{\hat{p}}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d^*(i,j)$$

iiv) parametr  $d$  określamy jako:

$$d = \frac{d_p(\mathcal{P}_p, \mathcal{P}_{\hat{p}})}{m n (2^Y - 1) p(\max(m, n))}$$

Obraz (obiekt), dla którego  $d$  wynosi  $0 \leq d \leq 0,4$ , odpowiada modelowi  $M_1^1$ .



## 5. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiony w referacie proces przetwarzania obrazu nie jest jedyny, gdyż istnieją różne algorytmy wydzielenia linii konturowych bardziej lub mniej skomplikowane. Prezentowany algorytm ma tę zaletę, że jest procedurą iteracyjną i w zależności od stopnia skomplikowania wejściowego obrazu (obiektu) ilość iteracji może być zmieniana. Proponowane parametry w dostatecznym stopniu umożliwiają rozpoznanie obiektu i jego identyfikację z modelem. Liczba ich może być w prosty sposób zwiększona, np. o współczynniki równania drugiego stopnia, aproksymującego linie konturowe obiektów lub też o inne parametry opisujące właściwości geometryczne obiektu. Zbyt duża liczba parametrów wpływa na czas rozpoznawania i identyfikacji w systemie wizyjnym robota.

## LITERATURA

- [1] CHORAS R.: Redukcja redundancji informacji graficznej (obrazu) metodą kodowania składowych częstotliwościowych w zastosowaniu do transmisji informacji graficznych, Preprinty nr 66 ICT Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1979.
- [2] CHANG S.K., WANG Y.R.: Three-dimensional object reconstruction from orthogonal/projections, Pattern Recognition, dec. 1975.
- [3] YACHIDA M., TSUJI S.: A versatile machine vision system for complex industrial parts, IEEE Trans. on Computers, vol. C-26, ss. 882-894 sept. 1977.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jerzy KLANKA

Wpłynęło do Redakcji 15.05.1982 r.

## ОБРАБОТКА ОБРАЗА В СИСТЕМЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

## Р е з ю м е

В статье представлено проблему обработки образа в системе зрительного восприятия промышленного робота. Рассматривается цифровой образ заданный на целочисленной решетке и принимающий конечное число значений. Описано способ выделения контурного изображения объектов. Приведены методы вычисления основных параметров объектов. Рассчитываются координаты центра объекта, расстояние между центром объекта и контуром линий для полярной координаты.

## GRAPHICAL INFORMATION PROCESSING IN A MACHINE VISION SYSTEM

## S u m m a r y

This paper describes digital image processing operations in a versatile machine vision system. The paper describes a method for recognizing objects by transforming a digitized gray scale into a line drawing. Consecutive stages of image processing are presented in a detailed manner.