

Walenty OWIECZKO

## MODELE METROLOGICZNEJ ANALIZY I ROZPOZNAWANIA OBIEKTÓW OBRAZU CYFROWEGO<sup>\*)</sup>

**STRESZCZENIE** *W artykule przedstawiono model analizy, pozwalający dokonać oceny deformacji kształtu i powierzchni obiektu obrazu cyfrowego. Wyznaczono graniczne wartości współczynnika zmiennych konturowych i na ich podstawie określono zakresy elementarnych przyrostów powierzchni przedziałowych. W oparciu o parametry modelu, zaproponowano algorytm oraz dokonano oceny wartości błędów dyskretyzacji powierzchni wybranych obiektów.*

**Słowa kluczowe:** *analiza obrazu, elementy konturowe, dyskretyzacja*

### 1. WPROWADZENIE

---

Reprezentacja obrazu w postaci skończonej liczby elementów dyskretnych stanowi podstawowe źródło tzw. błędów dyskretyzacji, które są szczególnie istotne w procedurach metrologicznych, związanych z wyznaczaniem cech geometrycznych, takich jak: pole powierzchni, długość i kształt konturu, obwód itp. [2,3]. Wyniki pomiaru często mają losowy charakter, wynikający z przypadkowego rozmieszczenia konturu na siatce pikseli.

---

<sup>\*)</sup> Badania wykonano w ramach pracy statutowej S/WE/1/06.

---

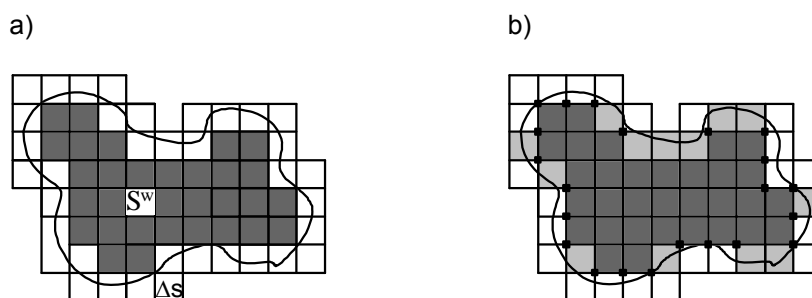
**dr inż. Walenty OWIECZKO**  
e-mail: owiewal@pb.edu.pl

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny  
Katedra Automatyki i Elektroniki

Ponadto, specyfiką takich pomiarów w zadanej strukturze pikseli, jest zależność niedokładności wyników od kształtu i wielkości obiektu. Metody opisu i rozpoznawania kształtu oraz algorytmy wyznaczania cech obiektów są podstawowymi zagadnieniami ilościowej analizy i rozpoznawania obrazów.

## 2. MODELE METROLOGICZNEJ ANALIZY OBIEKTU

Analiza metrologiczna obiektów obrazu może być przeprowadzona w oparciu o parametry modelu dyskretnego, w postaci wielokąta wpisanego  $S^w$  (rys. 1a). W tym przypadku pole powierzchni można jednoznacznie opisać funkcją dwóch parametrów – liczby  $n^w$  węzłów siatki, zawartych w obszarze, ograniczonym  $N^w$  elementami konturowymi. Ocena błędów dyskretyzacji może być dokonana na podstawie analizy przyrostów jednostkowych elementów powierzchni  $\Delta s$  w obszarze, wyznaczonym dwoma wielokątami, rozdzielonymi krokiem dyskretyzacji regularnej siatki pikseli.



**Rys. 1. Model graficzny analizy powierzchni i kształtu obiektu:**  
a) wielokąt wpisany  $S^w$ , b) przyrosty przedziałowe  $\Delta s$   
z wyróżnionymi węzłami konturowymi  $N_k$

Parametrem, umożliwiającym modelowanie stopnia deformacji kształtu i powierzchni jest liczba  $N_k$  wspólnych wierzchołków obiektu przedziałowego  $S_i$  z wielokątem  $S^w$  ( $N_k$  – wyróżnione węzły siatki na rys. 1b). W przypadku, gdy elementarne przyrosty  $\Delta s$  występują tylko na krawędziach obiektu  $S^w$ , liczba wierzchołków  $N_k$  może zmieniać się w zakresie  $0 \leq N_k \leq N^w$  [1].

Analizę obiektów przedziałowych  $S_i$  można sprowadzić do poszukiwania liczby  $N_i$  elementów konturowych w każdym z nich, przy zadanych parametrach  $N_k$  modelu dyskretnego, opisanego  $N^w$  elementami konturowymi.

Szczególnego podkreślenia wymaga fakt, iż tym samym wartościom zmiennych konturowych  $N_i$  i  $N_k$  mogą odpowiadać różne kształty i powierzchnie figur  $S_i$ , co należy mieć na uwadze przy opracowywaniu algorytmów rozpoznawania obiektu. Na tej podstawie, procedurę rozpoznawania można sprowadzić do poszukiwania tzw. „optymalnego wielokąta przedziałowego”.

### 3. ANALIZA PARAMETRÓW PRZEDZIAŁOWEJ DYSKRETYZACJI

Na podstawie liczby elementów konturowych obiektu, wartość przedziałowych przyrostów powierzchni może być opisana zależnością:

$$\Delta S(\gamma, N_k, N^w) = \left[ N^w \left( \frac{1+\gamma}{2\gamma} \right) - N_k \right] \Delta s, \quad (1)$$

gdzie:  $N^w$  – liczba elementów konturowych obiektu odniesienia  $S^w$ ;  $N_k$  – liczba wierzchołków obiektu  $S^w$ , wspólnych z wielokątem przedziałowym  $S_i$  ( $0 \leq N_k \leq N^w$ );  $\gamma = N^w / N_i$  – współczynnik zmiennych konturowych;  $N_i$  – liczba krawędzi  $i$ -tego wielokąta przedziałowego  $S_i$  ( $N^w \leq N_i \leq N_{i \max}$ );  $\Delta s$  – jednostkowy element powierzchni.

Analiza obiektów przedziałowych wykazała, że przy zadanej liczbie elementów  $N^w = \text{const.}$ , zakres parametru  $N_i$  ( $N_{i \min} \leq N_i \leq N_{i \max}$ ) jest zmienny i zależy od wartości  $N_k$ . Dlatego też ocena deformacji kształtu i powierzchni obiektu w strukturach dyskretnych wymaga określenia liczby elementów  $N_i$  w każdym z możliwych wielokątów przedziałowym  $S_i$ .

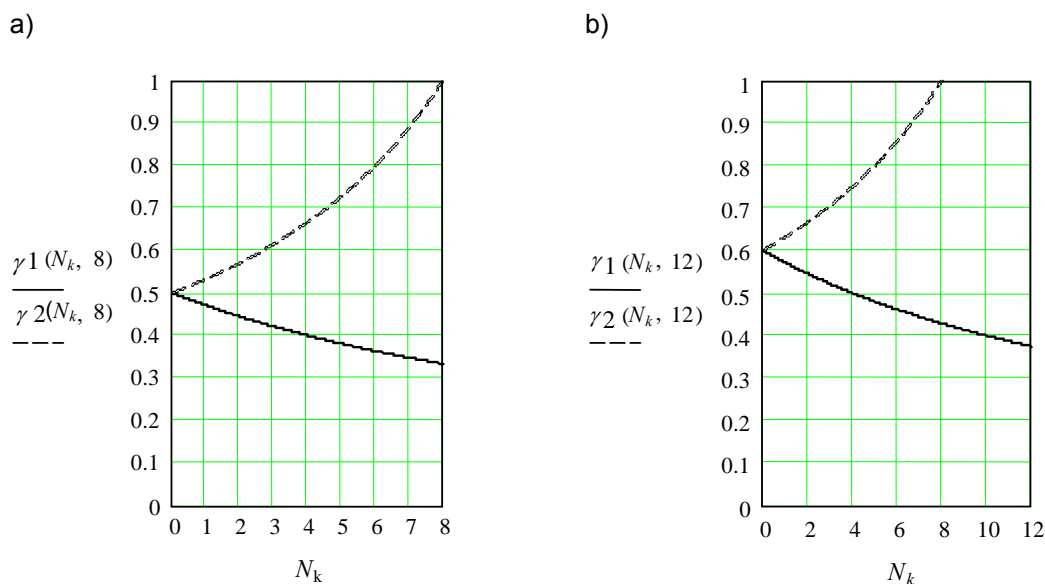
Na podstawie analizy liczby poszczególnych elementów konturowych w obiektach przedziałowych, graniczne wartości współczynnika  $\gamma$  w wyrażeniu (1), mogą być opisane zależnościami:

$$\gamma 1(N_k, N^w) = \frac{N^w}{N^w + N_k + 8}, \quad \gamma 2(N_k, N^w) = \frac{N^w}{N^w - N_k + 8}. \quad (2)$$

Przy zadanym  $N^w = \text{const.}$ , wartości graniczne współczynnika  $\gamma$  zależą od parametru  $N_k$ . W przypadku, gdy  $N_k = N^w$ , zmienna konturowa  $N_i$  może przyjąć największą wartość, w całym zakresie zmian parametru  $N_k$ , równą  $N_{i \max} = 2N^w + 8$  [1]. Wówczas współczynnik  $\gamma 1$  osiąga minimum zakresowe, określone wyrażeniem

$$\gamma_{\min}(N^w) = \frac{N^w}{2N^w + 8}. \quad (3)$$

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi wartości współczynnika  $\gamma$ , wykreślone na podstawie wyrażen (2) dla dwóch przykładowych obiektów o liczbie elementów  $N^w = 8; 12$ .



**Rys. 2. Zakresy zmian współczynnika  $\gamma$ , gdy:**

a)  $N^w = 8$ , b)  $N^w = 12$

Z rysunku 2 wynika, że wraz ze wzrostem liczby  $N^w$ , dolna granica współczynnika  $\gamma$  przemieszcza się w kierunku wzrastających wartości, zmniejszając przy tym zakres zmian. Tak wyznaczone zakresy współczynnika  $\gamma$  pozwalają określić wartość przedziałowych przyrostów powierzchni  $\Delta S$  dla obiektów o dowolnych kształtach, w których jedynym wyznacznikiem konturowym jest liczba elementów  $N^w$ .

W tabeli 1 przedstawiono wartości graniczne współczynnika  $\gamma$  dla obiektu zawierającego  $N^w = 12$  elementów konturowych.

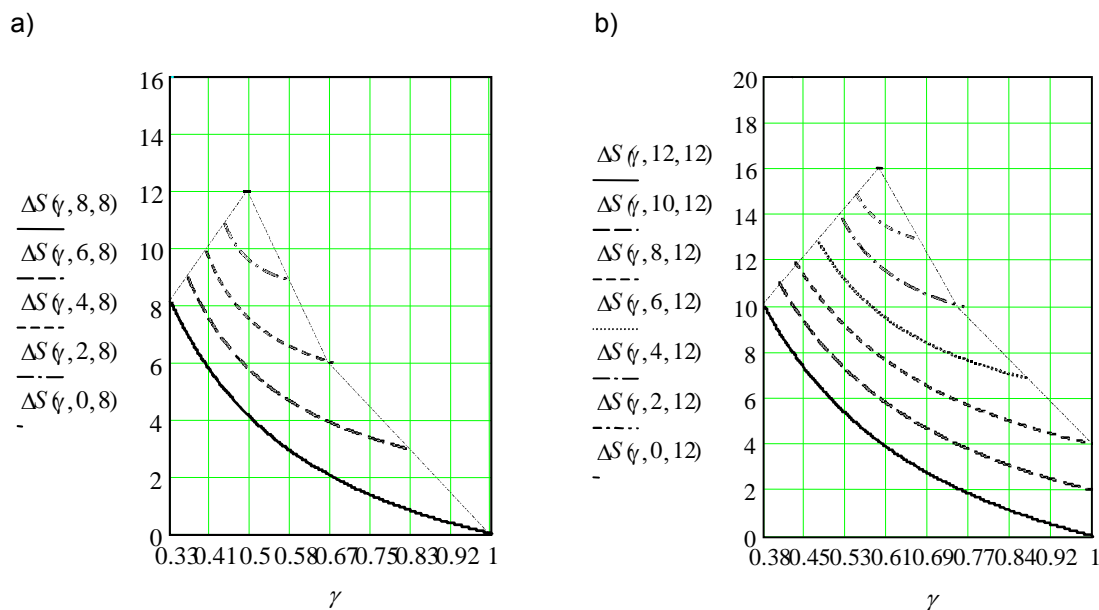
**TABELA 1**

Graniczne wartości współczynnika  $\gamma$  oraz przyrosty  $\Delta S$ , odpowiadające poszczególnym  $N_k$ , dla obiektu o  $N^w = 12$  elementach konturowych

$N_k$	0	2	4	6	8	10	12
$\gamma_1$	0,60	0,54	0,50	0,46	0,43	0,40	0,375
$\gamma_2$	0,60	0,67	0,75	0,86	1,00	1,00	1,00
$\Delta S$	16	13 14 15	10 11 12 13 14	7 8 9 10 11 12 13	4 5 6 7 8 9 10 11 12	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

### 3.1. Metoda wyznaczania przyrostu powierzchni przedziałowych

Na podstawie wyrażenia (1), w oparciu o znane wartości graniczne współczynnika  $\gamma$ , wyznaczono przyrosty  $\Delta S$ , odpowiadające poszczególnym  $N_k$ . Rysunek 3 przedstawia obszary granicznych wartości  $\Delta S$  obiektów o  $N^w = 8; 12$ .



**Rys. 3. Rozkład wartości przyrostu powierzchni  $\Delta S$  w obiektach o liczbie:**

a)  $N^w = 8, 0 \leq N_k \leq 8$ , b)  $N^w = 12, 0 \leq N_k \leq 12$

W tabeli 1 przedstawiono, dla poszczególnych  $N_k$ , zakresy możliwych wartości powierzchni  $\Delta S$  we wszystkich obiektach, które zawierają  $N^w = 12$  elementów konturowych.

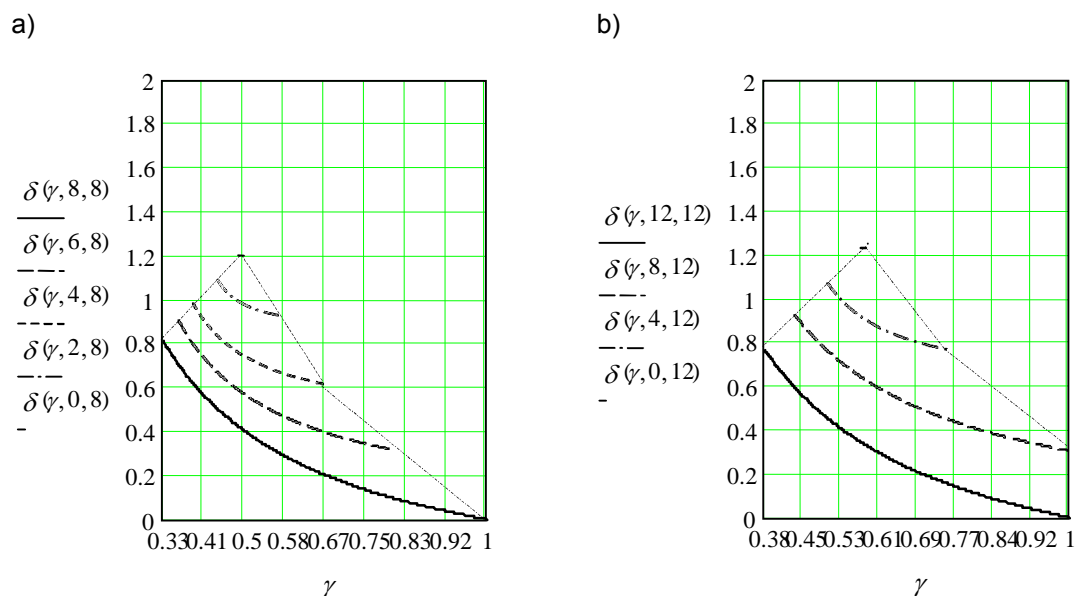
Wyniki analizy przyrostów przedziałowych mogą być wykorzystane między innymi do oceny błędu pomiaru powierzchni w strukturach dyskretnych.

Wartość błędu, wyrażona względem powierzchni  $S^w$  obiektu odniesienia, może być opisana zależnością

$$\delta(\gamma, N_k, N^w, n^w) = \frac{2 \left[ N^w \left( \frac{1+\gamma}{2\gamma} \right) - N_k \right]}{2(n^w - 1) - N^w}, \quad (4)$$

gdzie:  $n^w$  – liczba elementów „obszarowych” obiektu  $S^w$ .

Na rysunku 4 przedstawiono przebiegi, określające granice wartości możliwych błędów pomiaru pola powierzchni, wyznaczone liczbą elementów konturowych  $N_k$  z przedziału  $0 \leq N_k \leq N^w$  oraz współczynnikiem  $\gamma$ , w dwóch przypadkach, gdy powierzchnia odniesienia wynosi  $S^w = 10$  oraz  $S^w = 13$  pikseli.



**Rys. 4. Wpływ parametru  $N_k$  na wartość błędu względnego pomiaru powierzchni, gdy:**  
 a)  $N^w = 8, n^w = 15, S^w = 10$ ,      b)  $N^w = 12, n^w = 20, S^w = 13$

Z rysunku 4 wynika, że wraz ze wzrostem liczby  $N_k$  błąd względny maleje, przy jednoczesnym rozszerzeniu zakresu zmian jego wartości. Ponadto, przy  $N^w = \text{const.}$ , wartość błędu zależy odwrotnie proporcjonalnie od liczby  $n^w$  elementów „obszarowych”, wyznaczonej krokiem dyskretyzacji.

## 4. PODSUMOWANIE

Wraz ze wzrostem liczby elementów konturowych typu  $N^w$ , dolna granica zakresu współczynnika zmiennych konturowych  $\gamma$  przemieszcza się w kierunku wzrastających wartości, z tendencją zmniejszania zakresu tych zmian.

Granice możliwych wartości błędów pomiaru pola powierzchni mogą być wyznaczone na podstawie liczby elementów konturowych  $N_k$ . Wartość błędu zależy odwrotnie proporcjonalnie od liczby elementów „obszarowych”.

Wyniki analizy przedziałowych przyrostów powierzchni mogą być wykorzystane do optymalizacji kroku dyskretyzacji obrazu, w zależności od wielkości i kształtu obiektu.

## LITERATURA

1. Owieczko W.: Analiza przedziałowa parametrów dyskretyzacji obiektów cyfrowych. Materiały XXVIII Międzynarodowej Konferencji z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów (IC-SPETO'2005), Gliwice-Ustroń, 11-14.05. 2005, vol. 2, str.459-462.
2. Pratt W.: Digital Image Processing. John Willey & Sons, New York, 1991.
3. Zieliński Krzysztof W., Strzelecki M.: Komputerowa analiza obrazu biomedycznego. PWN, Warszawa-Łódź, 2002.

Rękopis dostarczono dnia 10.04.2008 r.

**Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński**

THE MODELS OF METROLOGICAL ANALYSIS  
AND RECOGNITION THE OBJECTS OF DIGITAL IMAGE

Walenty OWIECZKO

**ABSTRACT** *The model was shown for estimation of object of digital image, its shape's and area's deformation in the paper. Border values of coefficient of contour variables were determined and on the basis of that the intervals of area's increases were defined. The algorithm was proposed on the strength of the model's parameters, and for the chosen objects the estimations of errors value for area discretization, were made.*

**Dr inż. Walenty Owieczko** pracuje na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej, w Katedrze Elektroniki i Automatyki. Zajmuje się problematyką związaną z metrologiczną analizą i rozpoznawaniem obrazu. Jest autorem ponad 40 publikacji.

