

Walenty OWIECZKO
Marian GILEWSKI

OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW DYSKRETYZACJI W SYSTEMACH DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ

STRESZCZENIE *W artykule przedstawiono model analizy, pozwalający dokonać optymalizacji parametrów dyskretyzacji obiektów obrazu. Wyznaczono graniczne wartości współczynnika zmiennych konturowych i na ich podstawie określono zakresy elementarnych przyrostów powierzchni przędziałowych. Wykorzystując parametr modelu, zaproponowano algorytm oraz dokonano oceny wartości błędów dyskretyzacji powierzchni obiektów.*

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

1. WSTĘP

Powszechnie stosowane technologie cyfrowego przetwarzania i analizy obrazu znajdują szerokie zastosowanie w medycynie, biologii, kryminalistyce i in. W wielu procedurach diagnostyki medycznej m.in. w tomografii komputerowej, rezonansie magnetycznym, ultrasonografii przedmiotem analizy są różnorakie obiekty o nieregularnych kształtach, których kontury w przypadkowy sposób mogą być usytuowane względem pikseli [1, 4]. Obrazy cyfrowe, reprezentowane skończoną liczbą elementów dyskretnych, stanowią podstawowe źródło niepewności pomiarów, związanych z wyznaczeniem cech obiektów takich jak: pole powierzchni, długość konturu, obwód i in. [2]. Dokładność wyników zależy od struktury i parametrów siatki pikseli, kształtu i wielkości obiektu oraz zastosowanych metod estymacji cech. Ocena stopnia deformacji kształtu obiektu i optymalizacja parametrów dyskretyzacji obrazu może w znaczącym stopniu poprawić efektywność procesu diagnozowania obrazowego.

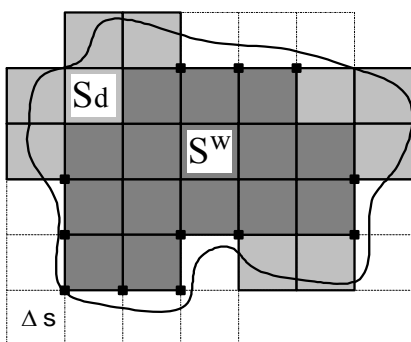
dr inż. Walenty OWIECZKO, dr inż. Marian GILEWSKI
e-mail: [owiewal; pbwemagi]@pb.edu.pl

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
Katedra Automatyki i Elektroniki
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

2. MODEL OPISU OBIEKTU W STRUKTURACH DYSKRETNYCH

Do analizy parametrów dyskretyzacji, modelem obiektu odniesienia może być wybrany wielokąt wpisany S^w (rys. 1), którego wielkość jednoznacznie opisuje funkcja dwóch parametrów w postaci liczby n^w pikseli ograniczonych N^w elementami konturowymi. Opis rzeczywistej wielkości i kształtu obiektu sprowadza się do wyznaczania optymalnego przybliżenia spośród szeregu wielokątów przedziałowych S_{di} . Podstawowym parametrem umożliwiającym modelowanie obiektów przedziałowych jest liczba wspólnych wierzchołków N_k figury S_d z wielokątem S^w (rys. 1).

Optymalizacja parametrów dyskretyzacji może być dokonana w oparciu o analizę wartości liczbowych elementów dyskretnych Δs oraz ich rozkładu w przedziale, wyznaczonym granicznymi wielokątami: opisanym oraz wpisanym S^w .



Rys. 1. Model graficzny opisu obiektu na siatce pikseli

Na podstawie przekształceń wyrażenia ogólnego, przedstawionego w pracy [3], dla zadanego obiektu S^w , wartość przyrostów przedziałowych i -tego wielokąta dyskretnego S_{di} można opisać funkcją:

$$\Delta S_i(\alpha, N_i, N^w) = \left[\frac{N^w(1-2\alpha) + N_i}{2} \right] \Delta s \quad (1)$$

gdzie:

N^w – liczba krawędzi obiektu S^w ;

N_i – liczba krawędzi i -tego obiektu S_{di} ($N^w \leq N_i \leq N_{i \max}$);

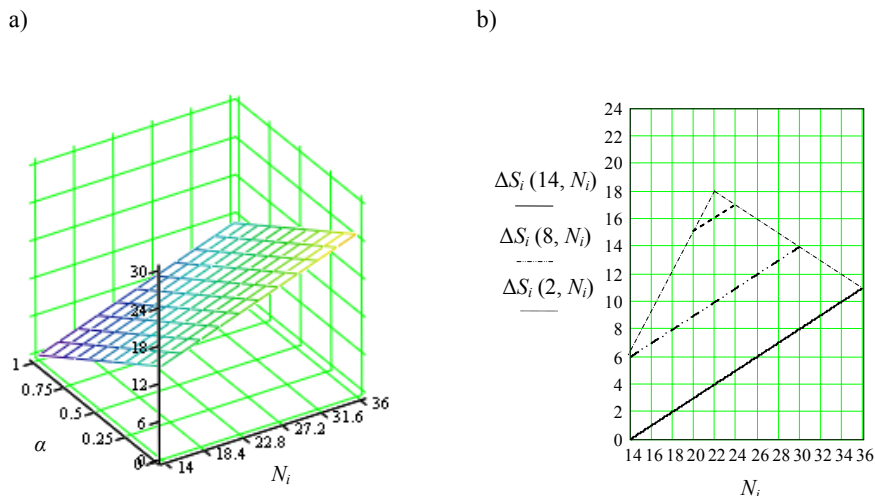
N_k – liczba wierzchołków obiektu S_{di} , wspólnych z wielokątem S^w (na rys. 1 wyróżnione węzły siatki, $0 \leq N_k \leq N^w$);

Δs – jednostkowy element powierzchni struktury dyskretnej;

$\alpha = N_k/N^w$ – normowany współczynnik ($\alpha = 0 \div 1$).

W zdefiniowanym modelu każdej wartości współczynnika α odpowiada inny zakres liczbowy parametru N_i ($N_{i\ min} \leq N_i \leq N_{i\ max}$).

Na rysunku 2a przedstawiono wykres 3D funkcji (1) dla $N^w = 14$. Graniczne wartości elementów N_i , dla każdego α , są pokazane na rysunku 2b.



Rys. 2. Wykres 3D funkcji $\Delta S_i(\alpha, N_i)$ – (a) oraz obszar wartości granicznych – (b)

3. WARTOŚCI GRANICZNE PARAMETRÓW DYSKRETYZACJI

Granice zakresu zmiennej N_i w wyrażeniu (1), dla każdego N_k z przedziału $0 \leq N_k \leq N^w$, opisują zależności:

$$N_{i\ min} = \begin{cases} N^w - N_k + 8, & \text{dla } 0 \leq N_k \leq 8 \\ N^w, & \text{dla } 8 \leq N_k \leq N^w \end{cases}, \quad (2)$$

$$N_{i\ max} = N^w + N_k + 8, \quad \text{dla } 0 \leq N_k \leq N^w. \quad (3)$$

Przy $N^w = \text{const.}$ obie granice $N_{i\ min}$, $N_{i\ max}$ zależą tylko od liczby N_k i, w przypadku $N_k = 0$, przyjmują jednakową wartość, równą:

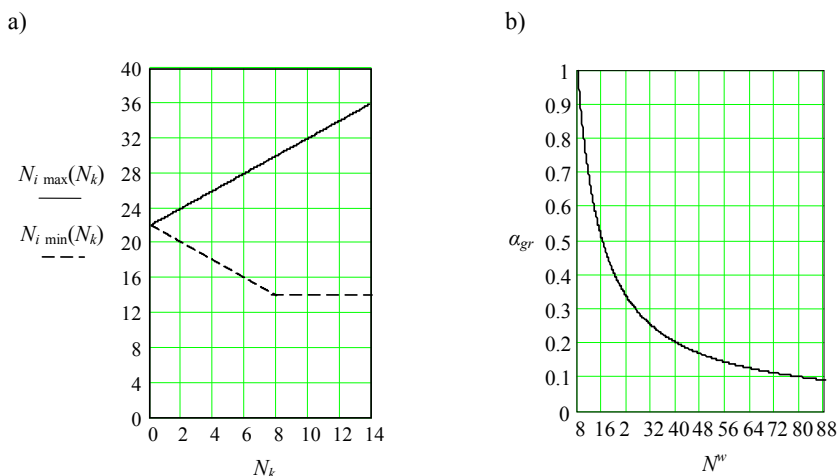
$$N_{i\ min} = N_{i\ max} = N^w + 8. \quad (4)$$

Wartości parametru N_i w przedziale $N_{i\ min} \leq N_i \leq N_{i\ max}$ dla $N_k = \text{const.}$, mogą być wyznaczone z zależności:

$$N_i = N^w + 2k, \quad (5)$$

gdzie: $k = 0, 1, 2, \dots, N^w/2 + 4$.

Na rysunku 3a przedstawiono wykresy granicznych wartości parametru N_i dla każdego N_k z przedziału $0 \leq N_k \leq 14$.



Rys. 3. Zakresy wartości elementów konturowych N_i dla $N^w = 14$ – (a) oraz wykres zależności współczynnika α_{gr} od parametru N^w – (b)

Na podstawie wyrażeń (2) i (3) można wyznaczyć graniczne wartości funkcji $\Delta S_i(\alpha, N_i, N^w)$, opisane zależnościami:

$$\Delta S_1 = \begin{cases} N^w \frac{2-3\alpha}{2} + 4, & \text{gdy } 0 \leq \alpha \leq \alpha_{gr}, \\ N^w(1-\alpha), & \text{gdy } \alpha_{gr} \leq \alpha \leq 1 \end{cases}, \quad (6)$$

$$\Delta S_2 = N^w \frac{2-\alpha}{2} + 4, \quad \text{gdy } 0 \leq \alpha \leq 1, \quad (7)$$

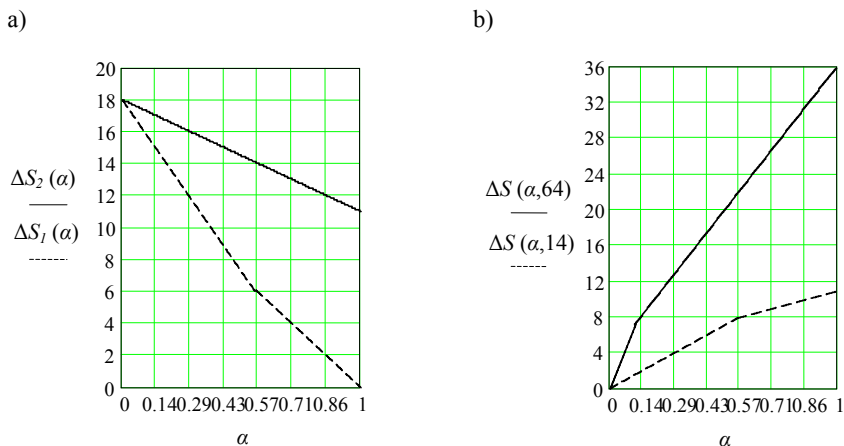
gdzie:

$\alpha = N_k/N^w$ – współczynnik normowany;

$\alpha_{gr} = 8/N^w$ – wartość graniczna współczynnika α .

Krzywą wartości współczynnika α_{gr} dla $N^w = 8 \div 88$ przedstawia wykres na rysunku 3b.

Na rysunku 4a przedstawiono wykresy wartości granicznych ΔS_1 oraz ΔS_2 dla $N^w = 14$. Zmianę szerokości zakresu ΔS_i dla dwóch przypadków $N^w = 14; 64$ w przedziałach α , wyznaczonych wartościami, odpowiednio $\alpha_{gr} = 0.57; 0.125$ przedstawia rysunek 4b.



Rys. 4. Wartości graniczne funkcji $\Delta S_1, \Delta S_2$ dla $N^w = 14$ – (a) oraz szerokość zakresu wartości ΔS_i dla $N^w = 14; 64$ – (b)

Przy $N^w = \text{const.}$ wartości graniczne funkcji ΔS_i zależą tylko od współczynnika α . Dolną granicę ΔS_1 określają funkcje (6) w przedziałach wyznaczonych przez α_{gr} .

Szerokość zakresu wartości zmiennej ΔS_i może być wyznaczona z zależności:

$$\Delta S(\alpha, N^w) = \Delta S_2 - \Delta S_1 = \begin{cases} \alpha N^w, & \text{gd}y \quad 0 \leq \alpha \leq \alpha_{gr} \\ \frac{\alpha}{2} N^w + 4, & \text{gd}y \quad \alpha_{gr} \leq \alpha \leq 1 \end{cases} \quad (8)$$

Z wykresów na rysunku 4 wynika, że wraz ze zmniejszeniem współczynnika α maleje szerokość zakresu wartości zmiennej losowej ΔS_i , natomiast wzrasta jej wartość (rys. 4a), osiągając przy $\alpha = 0$ maksimum równe:

$$\Delta S_{i \max} = N^w + 4. \quad (9)$$

4. FUNKCJA OPTYMALIZACJI PARAMETRÓW PRZEDZIAŁOWEJ DYSKRETYZACJI

Wyniki analizy funkcji przedziałowych mogą być wykorzystane do optymalizacji algorytmów metrologicznej analizy obiektów. Na podstawie uzyskanych

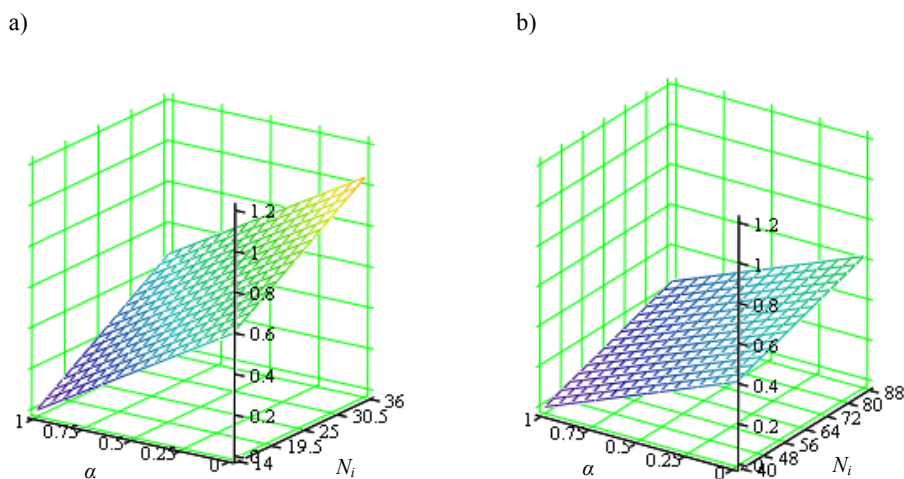
wyrażeń (6) oraz (7) wartości granicznych, można sformułować kryteria dyskretyzacji, pozwalające minimalizować błędy estymacji cech obiektu. Jednym z kryteriów oceny może być funkcja, minimalizująca względną wartość przyrostów przedziałowych, która na podstawie (1) przyjmuje postać:

$$F(\alpha, N_i) = \left[\frac{N^w(1-2\alpha) + N_i}{2(n^w - 1) - N^w} \right] \Delta s, \quad (10)$$

gdzie:

n^w – liczba pikseli wielokąta S^w .

Na rysunku 5 przedstawiono wykresy funkcji (10) dla dwóch przykładowych wartości obiektów S^w .



Rys. 5. Wykresy 3D funkcji $F(\alpha, N_i)$ dla:

a) $N^w = 14, n^w = 32$; b) $N^w = 40, n^w = 124$

Wykresy 3D rozkładu wartości przedziałowych pikseli na rysunku 5 pokazują, że przy zmniejszającym się N_i , w przypadku, gdy $\alpha = 1$ ($N_k = N^w$) funkcja (10) przyjmuje minimalną wartość. Ponadto, wzrost liczby pikseli n^w oraz parametru N^w zmniejsza wartość przyrostów przedziałowych (10).

5. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w pracy model opisu obiektu jest ściśle związany z parametrami dyskretyzacji obrazu, co umożliwi ocenę właściwości metrologicznych systemu

diagnostyki obrazowej. Na podstawie uzyskanych wyników pomiaru obiektów istnieje możliwość optymalizacji parametrów dyskretyzacji.

Analiza zakresów wartości parametrów dyskretyzacji umożliwia dokonywanie oceny niedokładności każdego jednokrotnego pomiaru cech obiektów obrazu cyfrowego.

Wyznaczone graniczne wartości parametrów dyskretyzacji, dla zadanego obiektu cyfrowego, zależą tylko od normowanego współczynnika zmiennych konturowych.

Szerokość zakresu niepewności pomiaru, niezależnie od wielkości i kształtu obiektu, można wyznaczyć na podstawie granicznych wartości normowanego współczynnika.

Jednym z kryteriów optymalizacji parametrów dyskretyzacji może być proponowana funkcja $F(\alpha, N_i)$ minimalizująca niepewność pomiaru obiektu. Zastosowanie w procedurach analizy obrazu algorytmu (10), pozwoli podnieść wiarygodność wyniku każdego jednokrotnego pomiaru wybranych cech obiektu.

Badania wykonano w ramach pracy statutowej S/WE/1/11.

LITERATURA

1. Pruszyński B.: Radiologia. Diagnostyka obrazowa: Rtg, KT, USG, MR i medycyna nuklearna, PZWL, Warszawa, 2008.
2. Wojnar L., Kurzydłowski K., Szala J.: Praktyka analizy obrazu. PTS, Kraków, 2002.
3. Owieczko W.: Analiza przedziałowa parametrów dyskretyzacji obiektów cyfrowych. Materiały XXVIII Międzynarodowej Konferencji z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów (IC-SPETO'2005), Gliwice-Ustroń, vol. 2, s. 459-462, 2005.
4. Pratt W.: Digital Image Processing. John Wiley & Sons, New York 1991.

Rękopis dostarczono dnia 16.04.2014 r.

OPTIMIZATION OF DISCRETIZATION PARAMETERS IN THE IMAGE DIAGNOSTICS SYSTEMS

Walenty OWIECZKO, Marian GILEWSKI

ABSTRACT *The model for analysis of optimization of objects discretization parameters was shown in the paper. Border values of contours coefficient variables were determined and on the basis of that the intervals of areas increases were defined. The algorithm was proposed on the strength of the models parameters. For the objects area, the estimations of discretization error value, were made.*

Keywords: *image analysis, discretization, contour elements*

Dr inż. Walenty OWIECZKO – pracuje na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej, w Katedrze Automatyki i Elektroniki. Zajmuje się problematyką związaną z analizą obrazów cyfrowych.

Dr inż. Marian GILEWSKI – pracuje na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej, w Katedrze Automatyki i Elektroniki. Zajmuje się sterowanymi cyfrowo układami zasilania LED-ów i diod laserowych.