

Artur BAL  
Politechnika Śląska

## WIELOETAPOWA METODA USUWANIA NADSEGMENTACJI\*

**Streszczenie.** Usuwanie nadsegmentacji jest istotnym problemem, występującym podczas segmentacji obrazów. W pracy przedstawiono możliwość poprawy wyników tego procesu poprzez zastosowanie wieloetapowej metody usuwania małych obszarów. Zaprezentowane zostały zarówno wyniki segmentacji uzyskane metodą jednoetapową, jak i metodą wieloetapową. Do porównania obu metod wykorzystano obiektywne funkcje oceny jakości segmentacji.

## MULTISTAGE OVERSEGMENTATION REMOVING METHOD

**Summary.** Oversegmentation removing is an important problem which occurs during the segmentation process. In this paper the possibility of improvement of the results obtained from this process by using of the multistage small region removing method is presented. The results obtained by usage of one-stage and multistage methods are also presented. For comparison of both methods objective segmentation evaluation functions are used.

### 1. Wprowadzenie

Nowoczesne, zautomatyzowane techniki wytwarzania wymagają stosowania wiarygodnych i dokładnych metod kontroli procesu produkcji na każdym jego etapie. Jednym ze sposobów realizacji tego celu jest stosowanie w systemach kontroli jakości rozwiązań, wykorzystujących systemy wizji maszynowej i komputerowej.

Proces kontroli jakości przy zastosowaniu tych metod wymaga: *i)* pozyskania obrazu, *ii)* jego wstępnego przetworzenia, *iii)* wyróżnienia w obrazie fragmentów interesujących z punktu widzenia kontroli jakości, *iv)* analizy tak pozyskanych fragmentów. Najtrudniejszym etapem tego procesu jest wyróżnienie fragmentów obrazu, które mają znaczenie z punktu widzenia dalszej analizy – proces ten określany jest zwykle jako *segmentacja obrazu*, a wyróżnione w wyniku jego stosowania fragmenty obrazu określane są jako *obszary*.

W literaturze (np. [3]–[5]) prezentowanych jest bardzo wiele metod segmentacji różniących się m.in. stosowanymi rodzajami informacji pozyskanymi z analizowanego obrazu, metodą przydziału pikseli obrazu do obszarów, wykorzystaniem dodatkowej wiedzy o własnościach segmentowanych obrazów. Niezależnie jednak od stosowanej

\* Praca finansowana ze środków BK-208/RAu1/2006.

metody segmentacji występują zjawiska *nadsegmentacji* (ang. *oversegmentation*) i *niedosegmentacji* (ang. *undersegmentation*). Zjawiska te cechują się podziałem obrazu na, odpowiednio, zbyt dużą liczbę i zbyt małą liczbę obszarów w stosunku do potrzeb wynikających z celu przeprowadzenia segmentacji. Prawidłowy wynik segmentacji jest kompromisem między tymi zjawiskami, a dobór parametrów zapewniających taki kompromis jest zwykle bardzo trudny – jest to powód bardzo częstego występowania obu omawianych zjawisk. Zwykle w celu ograniczenia skutków tych zjawisk po przeprowadzeniu segmentacji realizowany jest etap przetwarzania końcowego (ang. *postprocessing*) i dopiero jego wynik uznaje się za końcowy rezultat segmentacji obrazu. Ze względu na znacznie większe trudności w usuwaniu niedosegmentacji niż nadsegmentacji parametry segmentacji są zazwyczaj tak dobierane, by zapobiec pojawieniu się niedosegmentacji obrazu, nawet za cenę wystąpienia nadsegmentacji. Z tego powodu istotne praktyczne znaczenie ma poszukiwanie i stosowanie efektywnych metod usuwania nadsegmentacji obrazu.

## 2. Wieloetapowa metoda usuwania nadsegmentacji

Nadsegmentacja objawia się zwykle przez istnienie wielu bardzo małych, nieistotnych dla dalszej analizy, obszarów. Zjawisko to widoczne jest zwłaszcza na styku części obrazu reprezentujących różne obiekty analizowanej sceny (rys. 1). Metodą usuwania tego typu nadsegmentacji jest usuwanie z obrazu  $O$  małych obszarów

$$o_s \in \Omega = \{o_k : o_k \in O \mid a_k \leq A\} \quad (1)$$

przez ich łączenie, zgodnie z przyjętymi warunkami, z sąsiadującymi z nimi obszarami ( $a_k$  pole obszaru  $o_k$ ,  $A$  największa dopuszczalna wielkość usuwanych obszarów). Tak zdefiniowany proces usuwania nadsegmentacji może być prowadzony sekwencyjnie bądź równoległe. W zależności od przyjętych warunków łączenia obszarów konieczne może być wielokrotne powtórzenie tego procesu. Efektem końcowym całego procesu jest uzyskanie obrazu  $O = \{o_k\}$ , którego obszary spełniają warunek

$$\forall_{o_k \in O} a_k > A. \quad (2)$$

Interesującą możliwością jest wieloetapowa realizacja procesu usuwania małych obszarów. Parametrem jest wówczas wektor  $\mathbf{A} = [A_1, \dots, A_i, \dots, A_N]$ , przy czym  $\forall_{i \in \{1, \dots, N-1\}} A_i < A_{i+1}$ . Realizacja  $i$ -tego etapu metody wieloetapowej polega na usunięciu z obrazu  $O$  obszarów nie spełniających warunku (2) dla  $A = A_i$ . Stan obrazu po realizacji  $i$ -tego etapu jest stanem początkowym obrazu do realizacji etapu  $i+1$ ; proces jest powtarzany aż do wykorzystania wszystkich wartości  $A_i \in \mathbf{A}$ .



Rys. 1. Obraz testowy *Peppers* (a) oraz b) przedstawiony w pseudokolorach wynik jego segmentacji dla  $d = 0,0112$  (piksele łączone są w obszary, jeśli ich podobieństwo mierzone w przestrzeni cech  $\Delta \leq d$  [1], liczba obszarów  $n = 62161$  – widoczna wyraźna nadsegmentacja obrazu b)

### 3. Przykładowe wyniki badań

Do badań wykorzystano metodę segmentacji opisaną w [1]. Do oceny wyników zastosowano funkcje (ich mniejsze wartości oznaczają lepsze wyniki, (3) i (4) z [2]):

$$F(O) = \sqrt{R} / (10^3 MN) \sum_{k=1}^R e_k^2 / \sqrt{a_k}, \quad (3)$$

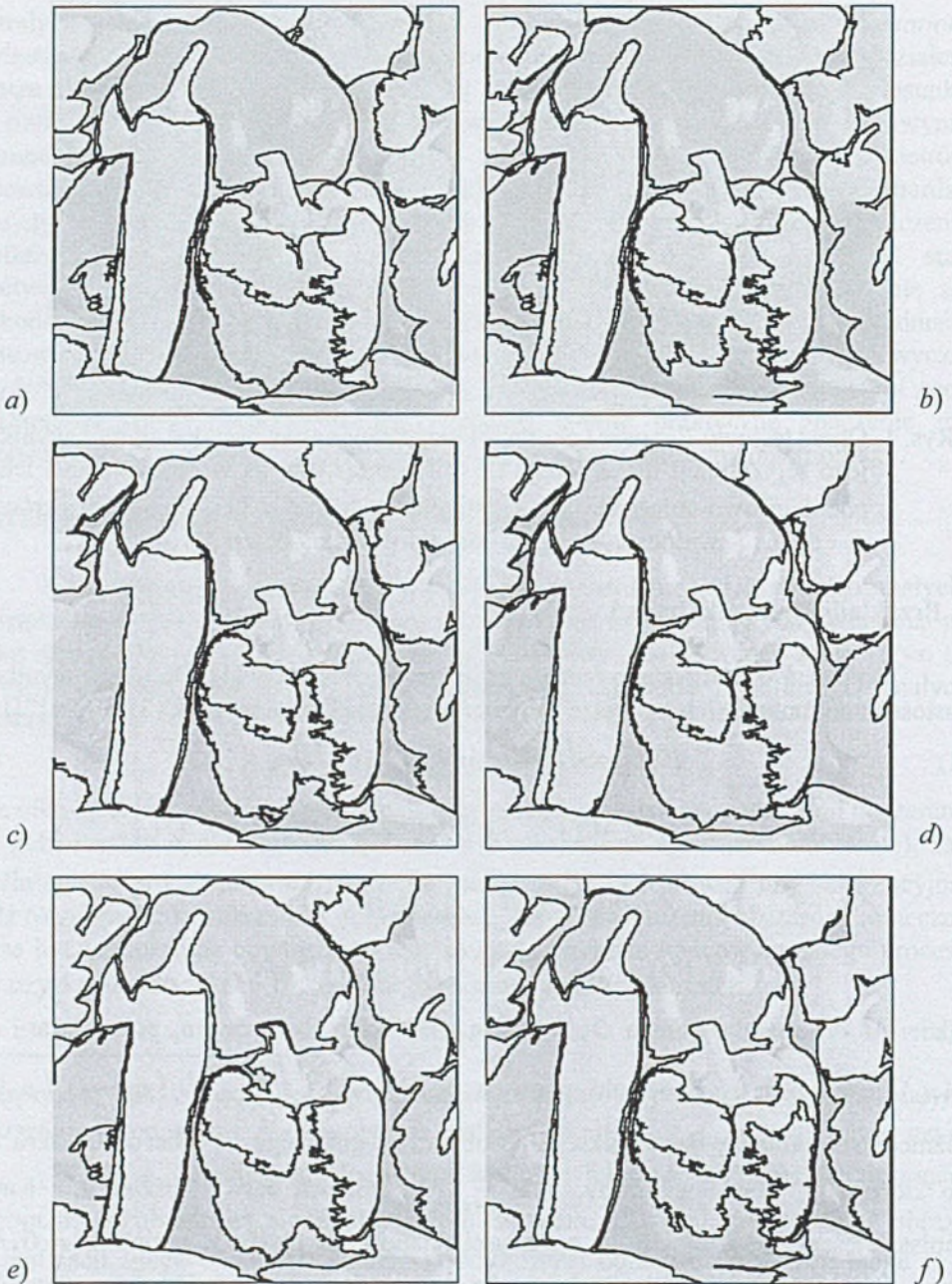
$$Q(O) = \sqrt{R} / (10^4 MN) \sum_{k=1}^R \left\{ e_k^2 / (1 + \log a_k) + [r(a_k) / a_k]^2 \right\}, \quad (4)$$

$$B_1(O) = \left( R + \sum_{k=1}^R e_k \right) / MN, \quad (5)$$

$$B_4(O) = \left[ R + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N 1 / (1 - e_{ij}) \right] / 2MN, \quad (6)$$

gdzie:  $M \times N$  rozmiar obrazu  $O$ ,  $R$  liczba wszystkich obszarów,  $a_k$  pole obszaru  $o_k$ ,  $r(a_k)$  liczba obszarów o polu równym  $a_k$ ,  $e_{ij} = \sqrt{\sum_{s \in \{R,G,B\}} [O_s(p_{ij}) - O_s(p_{ij})]^2}$  różnica barwy między barwą piksela  $p_{ij}$  obrazu oryginalnego  $O$  a barwą obszaru  $o_k$ , do którego  $p_{ij}$  został włączony,  $e_k = \sum_{p_{ij} \in o_k} e_{ij}$  różnica barwy obszaru  $o_k$ ; barwa zapisana jest w przestrzeni  $RGB$  o wartości składowych  $s \in \langle 0,1 \rangle$ , gdzie  $s \in \{R,G,B\}$ .

Przykładowe wyniki uzyskane dla obrazu *Peppers* przedstawiają rysunek 2 i tabela 1. Rysunek 3 to wykres wskaźnika  $\alpha_f(O, A, A) = f_A(O) / f_A(O)$ , gdzie  $f$  określa jedną z funkcji (3)–(6), a  $f_w(O)$  jest wartością tej funkcji wyznaczoną dla usuwania małych obszarów z parametrem  $w$ ,  $\alpha_f(O, A, A) < 1$  oznacza lepszą jakość segmentacji obrazu metodą wieloetapową w stosunku do wyników otrzymanych metodą jednoetapową.



Rys. 2. Porównanie wyników usuwania małych obszarów dla obrazu *Peppers* i  $d=0,0112$  dla a)  $A=7500$  ( $n=16$ ) z wynikami uzyskanymi dla:

b)  $A=[1000,7500]$ ,  $n=16$ ; c)  $A=[100,500,1000,7500]$ ,  $n=17$ ;

d)  $A=[25,100,500,1000,7500]$ ,  $n=16$ ;

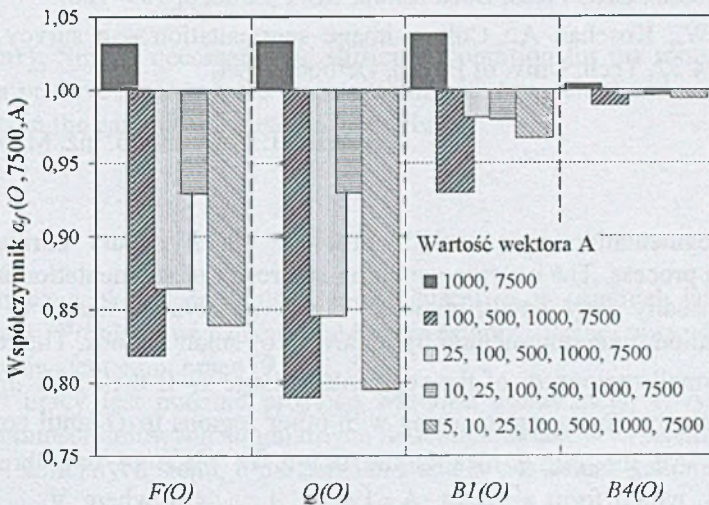
e)  $A=[10,25,100,500,1000,7500]$ ,  $n=16$ ;

f)  $A=[5,10,25,100,500,1000,7500]$ ,  $n=17$ .

Tabela 1

Porównanie wyników usuwania małych obszarów metodą jednoetapową  $A = [7500]$  i metodą wieloetapową dla różnych wartości wektora  $A$  na przykładzie segmentacji obrazu *Peppers* (rys. 1a) dla  $d = 0,0112$  (rys. 1b)

| Rodzaj obrazu   |                                   | $n$   | $F(O)$          | $Q(O)$               | $B_1(O)$        | $B_4(O)$        |
|---|-----------------------------------|-------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| obraz oryginalny  |                                   | —     | 0,000000        | $> 8,003 \cdot 10^6$ | 1,000000        | 1,000000        |
| tylko segmentacja ( $d = 0,0112$ )                      |                                   | 62161 | 0,017033        | 2,151200             | 0,257630        | 0,629380        |
| segmentacja + usuwanie małych obszarów dla $A$ równego: | 7500                              | 16    | 0,007403        | 0,019224             | 0,104740        | 0,565970        |
|   | [1000, 7500]                      | 16    | 0,007639        | 0,019862             | 0,108770        | 0,568010        |
|   | [100, 500, 1000, 7500]            | 17    | <b>0,006057</b> | <b>0,015181</b>      | <b>0,097389</b> | <b>0,559960</b> |
|   | [25, 100, 500, 1000, 7500]        | 16    | 0,006397        | 0,016255             | 0,102760        | 0,563520        |
|   | [10, 25, 100, 500, 1000, 7500]    | 16    | 0,006878        | 0,017874             | 0,102590        | 0,564050        |
|   | [5, 10, 25, 100, 500, 1000, 7500] | 17    | 0,006213        | 0,015292             | 0,101280        | 0,562510        |



Rys. 3. Wartość współczynnika  $\alpha_f(O, A, A)$  dla różnej wartości wektora  $A$  dla obrazu *Peppers*; mniejsza wartość  $\alpha_f(O, A, A)$  oznacza lepszy wynik

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania i wyznaczone na ich podstawie wartości współczynnika  $\alpha_f(O, A, A)$  pozwalają stwierdzić, że wieloetapowa metoda usuwania nadsegmentacji może stanowić interesującą alternatywę w stosunku do metody jednoetapowej. Istotnym problemem przy stosowaniu metody wieloetapowej jest odpowiedni dobór wektora  $A$ . W zależności od przyjętej wartości tego parametru

otrzymywane są wyniki zarówno lepsze niż uzyskiwane metodą jednoetapową, jak i wyniki gorsze niż w tej metodzie. Dobór wektora  $A$  jest jednak zagadnieniem bardzo trudnym, co wynika m.in. z praktycznie nieograniczonej liczby możliwości.

Z wyżej wymienionych powodów w ramach dalszych prac planowane jest przeprowadzenie badań dotyczących zasad doboru wektora  $A$ . Ponadto, planowane jest również przeprowadzenie oceny otrzymanych wyników przez zastosowanie innych metod oceny jakości segmentacji oraz powtórzenie przeprowadzonych do tej pory badań i weryfikacja otrzymanych wyników dla innych metod segmentacji.

## LITERATURA

1. Bal A.: Wyznaczanie odpowiedniości elementów obrazów z wykorzystaniem informacji o ich strukturze. ROZPRAWA DOKTORSKA, Gliwice 2005.
2. Borsotti M., Campadelli P., Schettini R.: Quantitative evaluation of color image segmentation results. PATTERN RECOGNITION LETTERS, vol. 19, no. 8, 1998.
3. Cheng H. D., Jiang X. H., Sun Y., Wang J.: Color image segmentation: advances and prospects. PATTERN RECOGNITION, vol. 34, 2001, p. 2259–2281.
4. Palus H., Color image segmentation: selected techniques. In: Lukac R., Plataniotis K. N. (eds.). COLOR IMAGE PROCESSING: METHODS AND APPLICATIONS, CRC Press, Boca Raton, USA, 2006, p. 103–128.
5. Skarbek W., Koschan A.: Colour image segmentation – a survey. TECHNICAL REPORT 94 32, Tech. Univ. of Berlin, October 1994.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Marek Kurzyński

## Abstract

Oversegmentation is a serious problem which occurs during the image segmentation process. The oversegmentation is a result of segmentation in which exist too many, usually very small, regions. Those observation leads to the idea of oversegmentation removing method by removing of small regions. The regions  $o_k$  are treated as a small regions  $o_s$  of the segmented image  $O$  if their area  $a_k \leq A$ ;  $A$  is a parameter. The regions  $o_s$  are merging with other regions in  $O$  until condition (2) is not fulfilled. An interesting idea is the usage, in place of one threshold, many thresholds  $A_i$  which form a vector  $A = [A_1, \dots, A_i, \dots, A_N]$  where  $\forall_{i \in \{1, \dots, N-1\}} A_i < A_{i+1}$ . The merging process is iterated in recursive manner for each  $A_i$  from 1 to  $N$ . The image obtained from merging with  $A_i$  ( $i^{\text{th}}$  stage) is an input data for  $i+1$  stage. The result from both methods are presented (0) and for its evaluation the functions (3)–(6) are used (smaller values represent better results). 0 and 0 shows that multistage method can give better results then results obtained from one-stage method.