

	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
P1	0	0	0	–	–	–	–
P2	0	0	1	–	–	–	–
P3	0	1	1	0	0	–	–
P4	0	1	1	0	1	–	–
P5	0	1	1	1	1	–	–
P6	0	1	1	1	0	–	–
P7	0	1	1	–	–	0	0
P8	0	1	1	–	–	0	1
P9	0	1	1	–	–	1	1
P10	0	1	1	–	–	0	1
P11	0	1	0	–	–	–	–
P12	1	1	1	0	0	–	–
P13	1	1	1	0	1	–	–
P14	1	1	1	1	1	–	–
P15	1	1	1	1	0	–	–
P16	1	1	1	–	–	0	0
P17	1	1	1	–	–	0	1
P18	1	1	1	–	–	1	1
P19	1	1	1	–	–	1	0
P20	1	1	0	–	–	–	–

■ Rys. 7. Tablica kodowania dla sieci z rys. 6

we zmienne kodujące można wykorzystać poprzednie, tj. {Q3, Q4} dla SN3 oraz {Q5, Q6} dla SN4. Następnie są one zastępowane makromiejscem MP2 = {SN3, SN4}. Powtórny przydział jest możliwy, ponieważ podsieci zawarte w makromiejscach MP1 i MP2 są względem siebie sekwencyjne. W ostatnim kroku jest wyznaczana końcowa sieć automatu SN5 = {P1, P2, MP1, P11, MP2, P20} oraz są do niej przydzielone zmienne kodujące {Q0, Q1, Q2}. Przykład kodowania dla wyznaczonej liczby zmiennych przedstawiono na rys. 7.

* * *

Przedstawione sposoby kodowania interpretowanej sieci Petriego wymagają mniej zmiennych kodujących, co ma niebagatelne

znaczenie przy realizacji systemów sterowania na platformach z ograniczoną liczbą wewnętrznych zmiennych logicznych. Zestawienie tabelaryczne liczby zmiennych kodujących w zależności od sposobu kodowania, przedstawiono w tabeli 1.

■ Tabela. 1. Wyniki różnych wariantów kodowania dla prezentowanych przykładów

Test kodowanie	Kodowanie one-to-one	Algorytm podstawowy	Algorytm zmodyfikowany
xmp1	18	10	10
xmp2	11	6	6
xmp3	20	11	7

Dalsze badania zostaną ukierunkowane na określenie wpływu metody kodowania na złożoność realizacyjną systemów opisanych interpretowanymi sieciami Petriego.

LITERATURA

- [1] Adamski M.: *Projektowanie układów cyfrowych systematyczną metodą strukturalną*, Wydawnictwo WSI w Zielonej Górze, 1992
- [2] Andrzejewski G.: *Programowy model interpretowanej sieci Petriego dla potrzeb projektowania mikrosystemów cyfrowych*, Zielona Góra, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2003
- [3] Andrzejewski G.: *Hierarchical Petri nets for digital controller design, in Design of embedded control systems*, New York, Springer, 2005
- [4] Andrzejewski G., Skowroński Z.: *Zrównoleganie algorytmów sterowania w systemach klasy PLC*, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 2006, nr 6, wyd. spec.
- [5] Andrzejewski G., Mróz P.: *Realizacja hierarchicznych sieci Petriego z wykorzystaniem sterowników klasy PLC*, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 2007, nr 5
- [6] Biliński K.: *Application of Petri nets in parallel controller design*, PhD thesis, University of Bristol, UK, Jan 1996
- [7] Biliński K., Dagless E. L., Saul J. M., Adamski M.: *Parallel controller synthesis from a Petri net specification*, Proc. of the Conference on European Design Automation, Grenoble, France, 1994
- [8] Bubacz P., Mstowski B., Adamski M.: *Nowoczesna implementacja heurystycznego algorytmu kodowania strukturalnego stanów lokalnych w automatach współbieżnych*, materiały II konferencji naukowej KNWS'05, Złotniki Lubrzańskie, Polska, 2005
- [9] Skowroński Z.: *Translacja specyfikacji funkcjonalnej układów cyfrowych na sieć Petriego dla potrzeb syntezy systemowej*, Rozprawa doktorska, Szczecin 2000
- [10] <http://www.fischertechnik.com>

Artykuł recenzowany



Aneta BAL *

Tworzenie obrazu gradientowego na potrzeby segmentacji wododziałowej barwnych obrazów cyfrowych¹⁾

Obraz jest istotnym, a czasami jedynym, źródłem informacji o badanych obiektach lub systemach. Dlatego obraz, techniki obrazowania oraz wizja komputerowa nabierają coraz większego znaczenia w wielu dziedzinach życia. Przykładem zastosowań szeroko rozumianego obrazowania są m. in. takie dziedziny, jak: diagnostyka medyczna, wojskowość, monitoring środowiska czy kontrola jakości w przemyśle.

¹⁾ Praca finansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej w roku 2008 BK-209/RAu1/2008 t.4.

* Politechnika Śląska, Instytut Automatyki,
e-mail: aneta.bal@polsl.pl

W celu pozyskania informacji zawartych w obrazie jest konieczne przeprowadzenie jego analizy. Jednak aby było to możliwe niezbędne jest wydzielenie w obrazie jego fragmentów, tzw. obszarów, mających znaczenie z punktu widzenia celu analizy, a drogą do tego celu jest proces *segmentacji obrazów*. Ma on istotne znaczenie dla ostatecznego wyniku analizy. Związek ten jest konsekwencją tego, że w wyniku segmentacji trudna do analizy reprezentacja pikselowa obrazu jest zastępowana reprezentacją obszarową, która umożliwia opisanie wyodrębnionych w procesie segmentacji obszarów przez ich cechy i atrybuty, które są wymagane na etapie analizy obrazów. Niewłaściwie przeprowadzo-

na segmentacja w praktyce uniemożliwia uzyskanie prawidłowych wyników analizy obrazu, a tym samym uniemożliwia także opracowanie na podstawie analizowanego obrazu właściwych decyzji.

Celem pracy jest zwrócenie uwagi na dosyć często pomijane w literaturze zagadnienie wpływu metody wyznaczania obrazu gradientowego na wyniki segmentacji metodą wododziałową, w tym w szczególności segmentacji obrazów barwnych. Zagadnienie to, ze względu na coraz powszechniejsze stosowanie obrazów barwnych, w tym ich komputerowe przetwarzanie i analizę, w różnych dziedzinach życia ma duże znaczenie praktyczne.

Obraz barwny niesie ze sobą większą ilość informacji, niż przenosi obraz achromatyczny – jest to zresztą jeden z powodów rosnącego zainteresowania tego typu obrazami. Jednak zwiększona ilość informacji powoduje, że przetwarzanie i analiza obrazów barwnych stwarza znacznie większe problemy niż w przypadku obrazów achromatycznych.

W artykule skupiono się na analizie wpływu wybranych metod tworzenia obrazu gradientowego na wynik segmentacji. Podstawowe informacje o segmentacji wododziałowej zawiera następny rozdział. W kolejnym rozdziale zostały opisane metody tworzenia obrazu gradientowego dla obrazu barwnego, zawarto też opis i porównanie wybranych metod tworzenia obrazu gradientowego. Na wybranych przykładach został pokazany wpływ, jaki na końcowy wynik segmentacji metodą wododziałową ma wybór metody tworzenia obrazu gradientowego. Ostatni rozdział zawiera krótkie podsumowanie.

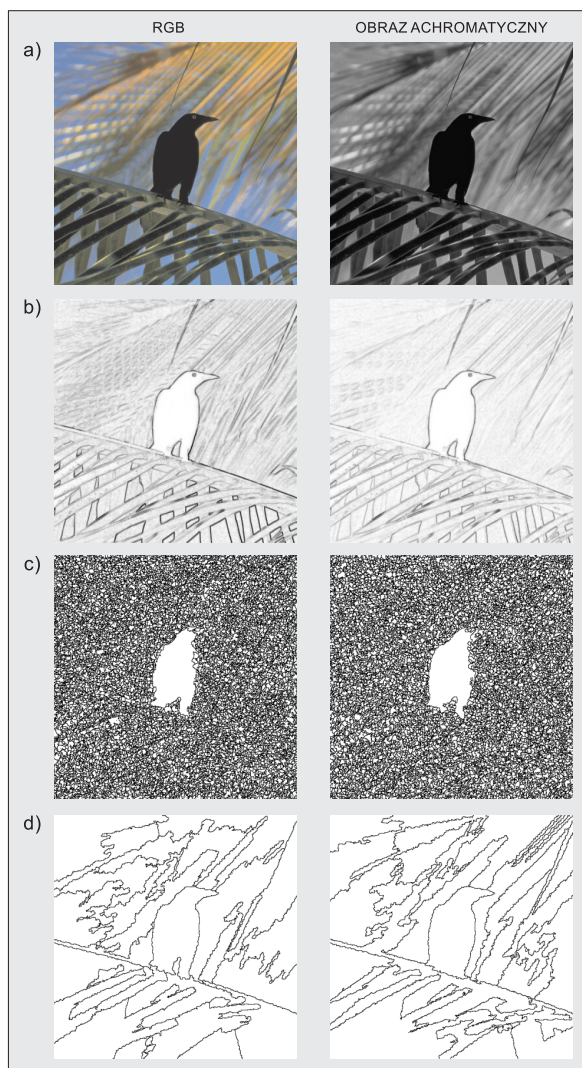
SEGMENTACJA WODODZIAŁOWA

Przedstawienie metody

Jedną z częściej stosowanych metod segmentacji jest zaproponowana przez Beuchera [4] *segmentacja wododziałowa* (*watershed segmentation*). Należy ona do grupy obszarowych metod segmentacji przez rozrost obszarów. Cechą charakterystyczną segmentacji wododziałowej jest prowadzenie rozrostu obszarów nie w dziedzinie oryginalnego obrazu, lecz specjalnie stworzonego na potrzeby tej metody segmentacji w dziedzinie tzw. *obrazu gradientowego*. Konsekwencją takiego sposobu postępowania jest wpływ wyboru określonej metody tworzenia obrazu gradientowego danego obrazu na wynik jego segmentacji.

Idea segmentacji wododziałowej wywodzi się od sposobu określania działów wodnych, jaki jest stosowany w hydrologii. Dla przedstawienia sposobu realizacji tej metody segmentacji wygodnie jest traktować obraz gradientowy jako powierzchnię topograficzną, której zalewanie wodą jest symulowane przez proces rozrostu obszarów [1, 5–7, 9]. Rozrost obszarów zostaje zapoczątkowany w punktach obrazu gradientowego, w których wartości wysokości są minimalne – punkty te stają się ziarnami początkowymi, wokół których następuje rozrost obszarów w tej metodzie segmentacji. Proces zalewania trwa, dopóki cała powierzchnia topograficzna nie zostanie zalana wodą, co odpowiada sytuacji, w której wszystkie piksele obrazu gradientowego nie zostaną przydzielone do poszczególnych obszarów. Zmieszaniu się wód z sąsiednich zlewisk zapobiega „budowanie” tam, zwanych wododziałami. Utworzone linie wododziałowe w obrazie gradientowym odpowiadają krawędziom między obszarami. Wyniki uzyskane w dziedzinie obrazu gradientowego są przenoszone na obraz oryginalny – poszczególne zlewiska odpowiadają obszarom, natomiast otrzymane granice między wodami pochodzącymi z różnych zlewni tworzą na obrazie wynikowym kontury obszarów.

W celu zobrazowania segmentacji wododziałowej na rys. 1 przedstawiono kolejne etapy podziału obrazu na obszary na przykładzie obrazu BIRD. Obraz oryginalny a) zostaje zamieniony na obraz gradientowy b) i na nim odbywa się symulowany proces



■ Rys. 1. Kolejne etapy segmentacji wododziałowej na przykładzie obrazu BIRD w wersji barwnej i jako obraz achromatyczny. Kolejne wiersze przedstawiają (od góry): obrazy oryginalne, obrazy gradientowe wyznaczone z metryką L_{∞} , wyniki segmentacji przed i po zastosowaniu metody usuwania nadsegmentacji (wyniki segmentacji są przedstawione w postaci konturów znalezionych obszarów)

zalewania. Obraz po segmentacji c) charakteryzuje się dużą nadsegmentacją – stąd jest konieczne wykonanie na nim operacji przetwarzania końcowego (*postprocessing*) w celu usunięcia dużej liczby małych obszarów, np. przez łączenie obszarów – wynik tego procesu będący również końcowym wynikiem segmentacji obrazu pokazuje rysunek 1d).

Segmentacja wododziałowa obrazów barwnych

Jak wcześniej podkreślono, istotnym etapem segmentacji wododziałowej jest stworzenie obrazu gradientowego z obrazu oryginalnego. Fakt ten ma istotne znaczenie z punktu widzenia jakości wyników segmentacji, ponieważ występuje zależność pomiędzy użytą metodą tworzenia obrazu gradientowego a uzyskanym wynikiem segmentacji wododziałowej. Z punktu widzenia jakości i wiarygodności segmentacji istotny jest fakt, iż nie ma jednej powszechnie przyjętej metody przekształcania obrazu wejściowego na obraz gradientowy. Stwierdzenie to dotyczy zarów-

no procedury tworzenia obrazów gradientowych dla obrazów wejściowych achromatycznych, jak i obrazów barwnych. W literaturze [2, 3, 6] jest opisanych wiele nowych metod wyznaczania obrazu gradientowego oraz modyfikacje już istniejących.

Różny sposób wyznaczania gradientu obrazu wpływa na różnice w kształcie powierzchni topograficznej, a tym samym na wynik końcowy segmentacji w symulowanym procesie zalania. Oznacza to, że ten sam obraz wejściowy może być reprezentowany przez wiele różnych obrazów gradientowych, czego konsekwencją jest wiele różnych wyników segmentacji wododziałowej – tym samym podejmowane na podstawie danego obrazu decyzje (a właściwie na podstawie analizy wyniku segmentacji tego obrazu) również mogą się różnić. Istotnym problemem praktycznym jest zatem znalezienie odpowiedniej dla danego obrazu i celu prowadzenia segmentacji metody tworzenia obrazu gradientowego.

W przypadku segmentacji wododziałowej obrazów barwnych problem ulega dalszemu skomplikowaniu w stosunku do sytuacji, gdy segmentowane są obrazy achromatyczne. Komplikacja ta jest wynikiem tego, że w przypadku obrazów barwnych każdy piksel obrazu opisany jest nie jedną, jak dla obrazów achromatycznych, a kilkoma składowymi opisującymi jego barwę w wybranej przestrzeni barw. Dodatkową trudnością występującą w przypadku obrazów barwnych jest możliwość opisu barwy pikseli obrazów przy wykorzystaniu różnych przestrzeni (np. **RGB**, **YCrCb**, **CIE LAB**, **HSV**) występujących często w wielu odmianach. Jak zatem widać problem doboru odpowiedniej metody tworzenia obrazu gradientowego nie jest zadaniem trywialnym.

TWORZENIE OBRAZU GRADIENTOWEGO DLA OBRAZÓW BARWNYCH

Gradient obrazu

Tak jak to zaznaczono wcześniej, segmentacja wododziałowa jest prowadzona na tzw. obrazie gradientowym. W obrazie tym wartość j -tego piksela jest oceną gradientu wartości przypisanych pikselom znajdującym się w otoczeniu piksela j , wraz z tym pikselem, w oryginalnym obrazie. Uogólniając, można powiedzieć, że gradient jest wartością informującą o kierunku, w którym szybkość zmian danej wielkości jest największa [3], a zatem:

$$\nabla_{\text{metryka}} f(j) = \max_{k, g} (\rho_{\text{metryka}}(k, g)), \text{ gdzie } k, g \in \{j, N(j)\} \quad (1)$$

gdzie $\rho_{\text{metryka}}(k, g)$ jest liczona według przyjętej metryki odległością w przestrzeni cech między pikselami k i g , należącymi w ogólnym przypadku do zbioru tworzonego przez j -ty piksel oraz jego otoczenie $N(j)$. Wyznaczanie gradientu obrazu jest zatem uzależnione od przyjętej metryki i definicji otoczenia j -tego piksela.

Podstawowe metryki stosowane do tego celu zostały przedstawione w następnych rozdziałach. Jako otoczenie j -tego piksela zwykle przyjmuje się okno prostokątne $m \times n$, gdzie m i n są liczbami nieparzystymi – najczęściej przyjmuje się $m = n = 3$.

Wyznaczanie obrazów gradientowych dla obrazów achromatycznych

Do najczęściej stosowanych metod wyznaczania obrazu gradientowego dla obrazów achromatycznych należą metody:

- gradientu różnicowego – $\rho(k, g)$ z (1) ma tu postać

$$\rho(k, g) = |f_k - f_g|, \quad (2)$$

gdzie f_k jest wartością składową achromatycznej przypisaną do k -tego piksela obrazu; stosunkowo często w literaturze jest spotykana następująca modyfikacja wzoru (2):

$$\rho(i, j) = |f_i - f_j|, \text{ gdzie } i \in N(j) \text{ i } i \neq j \quad (3)$$

która umożliwia znaczną redukcję nakładu obliczeniowego,

- gradientu morfologicznego [2, 5]:

$$\nabla_{\text{b\&w}} f(j) = \delta_B(f) - \varepsilon_B(f) \quad (4)$$

gdzie $\delta_B(f)$ oznacza dylatację morfologiczną, a $\varepsilon_B(f)$ erozję morfologiczną obrazu f z elementem strukturyzującym B (pełni on w tym przypadku rolę otoczenia piksela j); dla obrazów achromatycznych operacja dylatacji jest interpretowana jako poszukiwanie maksymalnej, a operacja erozji jako poszukiwanie minimalnej wartości f_k w otoczeniu piksela j .

Wyznaczanie obrazów gradientowych dla obrazów barwnych

Istotą problemu tworzenia obrazów gradientowych dla obrazów barwnych jest przejście z wielowartościowego opisu barwy każdego piksela do jego opisu w postaci pojedynczej wartości mającej odzwierciedlać zmienność barwy w otoczeniu tego piksela. W spotykanych w literaturze [2, 8, 9] metodach tworzenia obrazów gradientowych można wyróżnić trzy główne sposoby realizacji tak określonej redukcji informacji przenoszonych przez obraz:

- redukcja obrazu barwnego do obrazu achromatycznego,
- niezależne traktowanie składowych barwy,
- wektorowe podejście do wyznaczania obrazu gradientowego.

Redukcja obrazu barwnego do obrazu achromatycznego

Najprostszym sposobem pozyskania obrazu gradientowego dla obrazu barwnego jest jego transformacja do obrazu achromatycznego – proces segmentacji obrazu barwnego jest sprowadzany zatem do przypadku segmentacji obrazu achromatycznego. W tym rozwiązaniu obraz gradientowy jest wyznaczany jedną ze znanych metod dla obrazów achromatycznych.

Należy zwrócić uwagę na to, że istnieje wiele metod transformacji obrazu barwnego do obrazu achromatycznego – rośnie zatem potencjalna liczba możliwych do otrzymania różnych wyników segmentacji obrazów. Bardziej istotną wadą tego podejścia jest znaczna redukcja informacji o zmienności wartości pikseli, co może prowadzić do błędnej, z punktu widzenia wielu zastosowań, segmentacji obrazów.

Niezależne traktowanie składowych barwy

Innym sposobem segmentacji obrazów barwnych metodą wododziałową jest rozpatrywanie poszczególnych składowych takich obrazów jako niezależnych od siebie obrazów achromatycznych. Dla każdej ze składowych obrazu jest tworzony obraz gradientowy. Tak otrzymane obrazy gradientowe są następnie zastępowane jednym obrazem gradientowym, na którym prowadzi się dalszy proces segmentacji wododziałowej. Jej wynik jest uznawany za wynik segmentacji barwnego obrazu wejściowego.

Pewną odmianą przedstawionego powyżej podejścia jest niezależna realizacja segmentacji wododziałowej na każdym z obrazów gradientowych, utworzonych dla poszczególnych składowych obrazu barwnego. Końcowy wynik segmentacji jest otrzymywany w wyniku odpowiednio określonego procesu ich składania.

Problemem występującym przy niezależnym traktowaniu poszczególnych składowych jest wybór metody lub metod, jakie należy zastosować do wyznaczenia obrazu gradientowego dla każdej ze składowych oraz wybór sposobu złożenia obrazów gradientowych lub obrazów po segmentacji.

Wektorowe podejście do wyznaczania obrazu gradientowego

Innym sposobem segmentacji obrazów barwnych metodą wododziałową jest rozpatrywanie barwnego obrazu wejściowego całościowo, tzn. w procesie wyznaczania obrazu gradientowego są uwzględniane równocześnie wszystkie składowe wejściowego obrazu barwnego. Tak wyznaczony obraz gradientowy jest poddawany segmentacji wododziałowej.

W podejściu tym trudność stanowi wyznaczenie obrazu gradientowego dla obrazu opisanego większą liczbą składowych barwnych. Uogólniając, można powiedzieć, że cała trudność tego podejścia sprowadza się do wyboru najlepszej, w wybranym sensie, metody (w tym także metryki) wyznaczania różnicy między wektorami, opisującymi barwę przypisaną do porównywanych pikseli obrazu barwnego. Wybór metody jest uzależniony od przestrzeni barw wybranej do opisu barw obrazu wejściowego.

W przypadku przestrzeni RGB gradient obrazu jest wyznaczany najczęściej przy wykorzystaniu jednej z następujących metryk:

- $L_1 : \nabla_{L_1} f(j) = \max(\rho_{L_1}(i, j))$

$$\rho_{L_1}(i, j) = |r_i - r_j| + |g_i - g_j| + |b_i - b_j| \quad (5)$$

- $L_2 : \nabla_{L_2} f(j) = \max(\rho_{L_2}(i, j))$

$$\rho_{L_2}(i, j) = \sqrt{(r_i - r_j)^2 + (g_i - g_j)^2 + (b_i - b_j)^2} \quad (6)$$

- $L_\infty : \nabla_{L_\infty} f(j) = \max(\rho_{L_\infty}(i, j))$

$$\rho_{L_\infty}(i, j) = \max(|r_i - r_j|, |g_i - g_j|, |b_i - b_j|) \quad (7)$$

gdzie (r_k, g_k, b_k) to współrzędne barwy k -tego piksela w przestrzeni RGB. Wzory (5) – (7) dotyczą wyznaczania gradientu przez analizę relacji piksela j z pikselami $i \in N(j)$. Możliwa jest oczywiście modyfikacja wzorów (5) – (7), tak by była analizowana różnica pomiędzy wszystkimi pikselami $k, g \in \{j, N(j)\}$.

Warto zwrócić uwagę, że dla obrazu barwnego w przestrzeni RGB po jego przekształceniu do obrazu achromatycznego wzory na wyznaczanie gradientu tego obrazu sprowadzają się:

- dla metryk L_1 oraz L_2 do gradientu różnicowego (2),
- dla metryki L_∞ do gradientu morfologicznego (3) – jednak tylko, gdy badana jest różnica dla $k, g \in \{j, N(j)\}$.

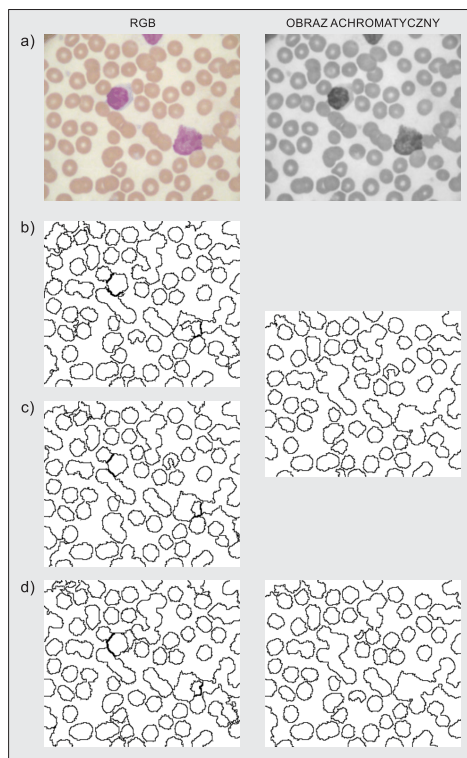
PRZYKŁADOWE WYNIKI SEGMENTACJI

Na rys. 2 – 4 przedstawiono porównanie końcowych wyników segmentacji wododziałowej, tj. po przeprowadzeniu przetwarzania końcowego, dla przykładowych rzeczywistych obrazów barwnych należących do różnych klas obrazów. Otrzymane rezultaty zostały przedstawione w postaci konturów znalezionych obszarów, została także podana liczba obszarów n .

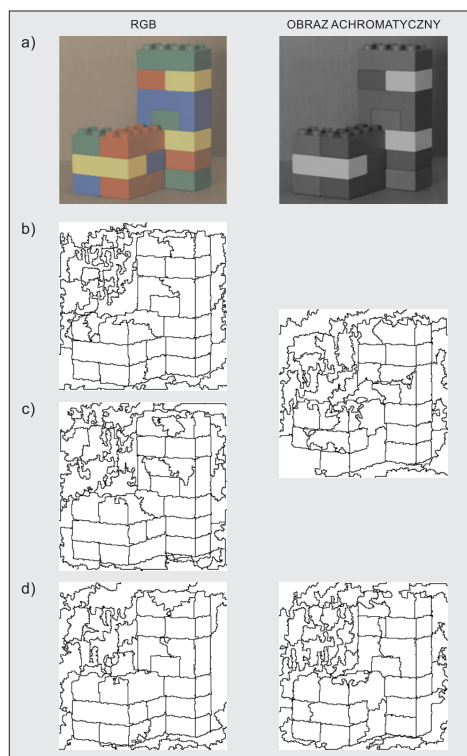
W kolumnach przedstawiono wyniki uzyskane dla wektorowego podejścia do tworzenia obrazu gradientowego z obrazu barwnego (kolumna 1) oraz redukcji obrazu barwnego do obrazu achromatycznego (kolumna 2). Różnice występujące między rezultatami przedstawionymi w kolejnych wierszach wynikają jedynie ze stosowania różnych metryk. Obok siebie zestawiono wyniki uzyskane dla odpowiadających sobie metryk dla dwóch przebadanych sposobów przejścia od obrazu barwnego do obrazu gradientowego.

* * *

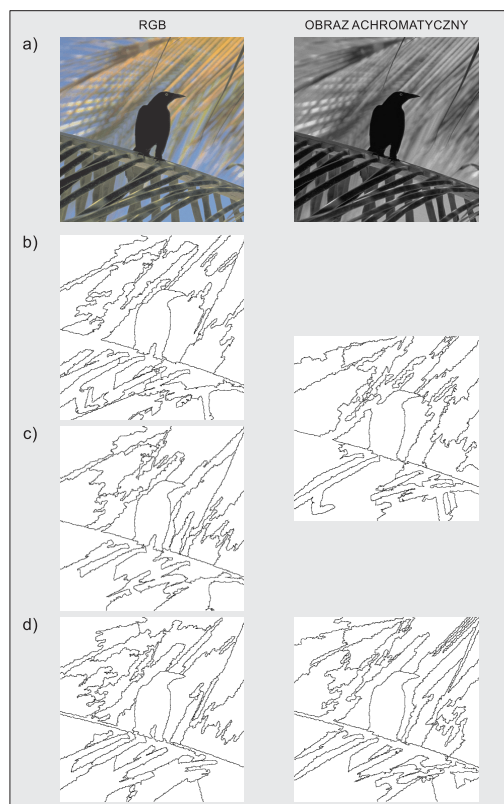
Celem pracy było zwrócenie uwagi na niestety dosyć często pomijane w literaturze zagadnienie doboru metod wyznaczania obrazów gradientowych na potrzeby segmentacji wododziałowej, ze szczególnym uwzględnieniem segmentacji obrazów



■ Rys. 2. Wyniki segmentacji wododziałowej dla obrazu BLOOD CELL: RGB – metryka L_1 $n=69$, L_2 $n=65$, L_∞ $n=66$; dla obrazu achromatycznego $L_1 = L_2$ $n=57$, L_∞ $n=59$; n – liczba obszarów



■ Rys. 3. Wyniki segmentacji wododziałowej dla obrazu KLOCKI: RGB – metryka L_1 $n=51$, L_2 $n=52$, L_∞ $n=46$; dla obrazu achromatycznego – $L_1 = L_2$ $n=49$, L_∞ $n=52$; n – liczba obszarów



■ Rys. 4. Wyniki segmentacji wododziałowej dla obrazu BIRD: RGB – metryka L_1 $n=25$, L_2 $n=22$, L_∞ $n=23$; dla obrazu achromatycznego – $L_1 = L_2$ $n=23$, L_∞ $n=20$; n – liczba obszarów

barwnych. Ze względu na obszerny zakres problemu było konieczne skupienie się jedynie na wybranych metodach realizacji tego zadania. W pracy skoncentrowano się zatem na metodach wykorzystujących metryki oparte na metryce Minkowskiego oraz reprezentację barwy obrazu przez składowe RGB. Taki wybór wynika z faktu, że metody te są najczęściej stosowane w rozwiązaniach zawartych w literaturze. Tak częsty wybór w pracy metod tworzenia obrazów gradientowych zwykle nie jest nie-

stety wsparty jakąkolwiek analizą, mającą na celu dobór najlepszej dla danego przypadku metody tworzenia tego typu obrazu.

O tym, że taka analiza jest niezbędna, przekonują (rys. 2 – 4) wyniki segmentacji przykładowych obrazów należących do różnych klas obrazów, tzn. obrazów: biomedycznych (rys. 2), scen sztucznych (rys. 3) i scen naturalnych (rys. 4). Różnice pomiędzy wynikami segmentacji danego obrazu wynikają jedynie z zastosowania różnych metod tworzenia obrazu gradientowego. Istotne jest, że różnice te mają zarówno charakter ilościowy (np. różne są pola powierzchni odpowiadających sobie obszarów), jak i jakościowy (różna jest liczba obszarów) i w zasadniczy sposób mogą wpływać na wyniki analizy obrazów, a tym samym na decyzje podejmowane na ich podstawie. Należy podkreślić, że bez określenia celu segmentacji nie można wskazać najlepszej metody tworzenia obrazu gradientowego, stąd też niezmiernie ważne jest, by każdorazowe stosowanie segmentacji wododziałowej było poprzedzone analizą efektów stosowania choćby kilku metod tworzenia obrazu gradientowego.

LITERATURA

- [1] Andrade M. C., Bertrand G., Araujo A. A.: *A attribute-based image segmentation method*, Materials Research, Vol. 2, 1999
- [2] Angulo J., Serra J.: *Color segmentation by ordered mergings*, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'2003), Vol. 33, Barcelona, Spain, 2003
- [3] Bässmann H., Besslich P. W.: *Konturorientierte Verfahren in der digitalen Bildverarbeitung*, Springer-Verlag, 1989
- [4] Beucher S.: *Extrema of grey-tone functions and mathematical morphology*, In Technical Report N-793, Ecole des Mines de Paris, 1983
- [5] Beucher S.: *The watershed transformation applied to image segmentation*, 10th Pfefferkorn Conf. on Signal and Image Processing in Microscopy and Microanalysis, Paris, France, 1990
- [6] Chmielewski L., Kulikowski J. L., Nowakowski A. (edytorzy tomu): *Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000*, Tom 8. Obrazowanie biomedyczne, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2003
- [7] Nieniewski M.: *Segmentacja obrazów cyfrowych. Metody segmentacji wododziałowej*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2005
- [8] Scheunders P., Siebers J.: *Multiscale watershed segmentation of multivalued image*, IEEE Proc. ICPR'2002, 16th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3 2002
- [9] Skarbek W., Koschan A.: *Colour image segmentation – a survey*, Institute for Technical Informatics, Technical Report 94-32, Technical University of Berlin, October 1994.

Artykuł recenzowany

Zapraszamy na stronę internetową
Przeglądu Telekomunikacyjnego
i
Wiadomości Telekomunikacyjnych
www.ptiwtel.neostrada.pl

Większość informacji jest zamieszczona również
w angielskiej wersji językowej