

Jerzy IHNATOWICZ

Instytut Elektroniki, Politechnika Śląska

ALGORYTM AUTOMATYCZNEJ DYSKRYMINACJI OBIEKTÓW OPISANYCH NIEPEŁNĄ lub/i NADMIAROWĄ LINIĄ KONTUROWĄ

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję i przykładową realizację algorytmu, który umożliwia automatyzację procesu dyskryminacji obiektów, zdefiniowanych niepełną lub/i nadmiarową linią konturową z tła obrazu cyfrowego. Do korekcji linii konturowej wykorzystano symetryczne osiowo elementy strukturalne o niewielkim zasięgu oddziaływania oraz technikę przetwarzania obrazów struktur linearnych.

THE ALGORITHM OF AN AUTOMATIC DISCRIMINATION OF THE OBJECTS DEFINED BY THE INCOMPLETE and/or REDUNDANT CONTOUR LINES

Summary. In the paper the basic idea and the implementation of an algorithm of the automatic discrimination from the background the objects defined by the incomplete and/or redundant contour line is discussed. The axial symmetric structural local operators and the linear structures processing technique were used for the line contours corrections.

1. Wprowadzenie

Automatyzacja procesu pomiarów cech morfologicznych obiektów na obrazach cyfrowych jest postępowaniem wieloetapowym, w którym można wyodrębnić 6 sekwencyjnie realizowanych zadań [12]. Tymi zadaniami są:

- akwizycja obrazu;
- przetwarzanie wstępne;
- dyskryminacja jedno- lub wielopoziomowa;
- identyfikacja obiektów;

- pomiar parametrów polowych i obiektowych w obrębie ramki pomiarowej;
- analiza statystyczna wyników pomiarów.

Akwizycja obrazu sprowadza się zazwyczaj do rejestracji obrazu świetlnego¹ rzutowanego na fotoczuły obszar przetwornika optoelektronicznego. *Przetwarzanie wstępne* ma na celu korekcję zniekształceń geometrycznych i amplitudowych oraz zwiększenie odstępów sygnału użytecznego od szumów. Proces ten jest najczęściej realizowany przez przekształcanie wartości elementów macierzy obrazu cyfrowego. *Dyskryminacja* ma na celu konwersję obrazu złożonego z pikseli o wielu wartościach luminancji na obraz binarny, na którym obiektom zostaje przypisana jedynka logiczna, zaś tłu - zero logiczne. Obraz binarny stanowi dane do procesu *identyfikacji*, w którym obiektom będącym spójnymi obszarami niezerowych pikseli zostają nadane różnowartościowe atrybuty, co warunkuje możliwość pomiarów indywidualnych cech obiektów (parametrów obiektowych). *Pomiar* cech jest realizowany zazwyczaj z wykorzystaniem algorytmu określania długości cięciw obiektów w kierunku zgodnym z osią X układu współrzędnych. *Analiza statystyczna* wyników pomiarów dotyczy zwykle badania cech rozkładów wartości parametrów morfologicznych wszystkich zidentyfikowanych obiektów [10].

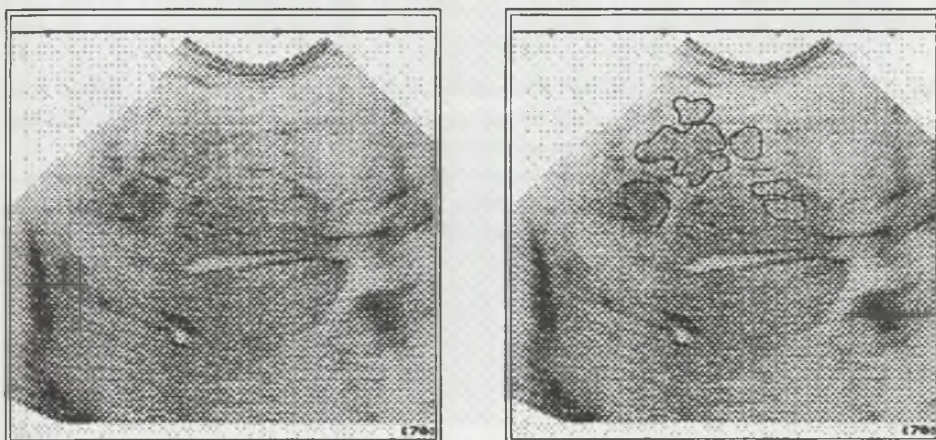
Jak wykazuje praktyka [8], w przypadku pomiarów dotyczących obrazów rzeczywistych, a zwłaszcza obrazów obiektów biologicznych, etapem decydującym o możliwości automatyzacji procesu pomiarowego i co najmniej decydującym o dokładności przeprowadzonych pomiarów jest etap dyskryminacji. W wielu sytuacjach (na przykład podczas analizy struktur nowotworowych na obrazach ultrasonograficznych - por. rys. 1) ustalenie wartości progu skutecznej dyskryminacji obiektów nie jest możliwe (rys. 2). Etap dyskryminacji zostaje więc często zrealizowany przez interaktywne wskazanie przez analizującego obraz linii konturowej obiektów wybranych do pomiaru. Dane o przebiegu linii konturowej są zwykle wprowadzane w postaci strumienia dwójek nieujemnych liczb całkowitych $K: \{x_i, y_i\}$ określających chwilowe położenie wskaźnika (kursora) na ekranie monitora, na którym jest jednocześnie wyświetlany badany obraz. Zmiana położenia kursora i nakładanie na analizowany obraz linii konturowej odbywa się przez przesunięcie czujnika digitizera [3], [7].

Jakkolwiek wyświetlany obraz konturu może być jednoznacznie i bez trudu zinterpretowany przez człowieka, to nie nadaje się do bezpośredniego wykorzystania w procesie automatycznej ekstrakcji obiektów z tła. Wynika to z faktu, że linie konturowe wprowadzane ręcznie są zazwyczaj

¹ Rejestracja obrazów innych niż obrazy świetlne dotyczy na przykład mikroskopii elektronowej, rentgenowskiej, technik obrazowania ultradźwiękowego bądź obrazowania z wykorzystaniem izotopów promieniotwórczych.

niedomknięte, często się przecinają, brak jest określenia punktu początkowego i końcowego konturu kolejnego obiektu, poszczególne obiekty są połączone odcinkiem linii. Przykład typowej linii konturowej stanowiącej zapis kolejnych położeń kursora uzasadniający konieczność przetworzenia ciągu $K: \{x_i, y_i\}$ przedstawiono na rys. 3.

W przypadku dużej liczby analizowanych obrazów, ze względu na czasochłonność, interaktywna korekcja przebiegu linii konturowej nie jest celowa i możliwa do przeprowadzenia. Pożądanym staje się więc algorytm automatycznego przetworzenia ciągu K w obraz równoważny rezultatom procesu dyskryminacji. Opis opracowanego przez autora algorytmu spełniającego dobrze powyższe wymagania stanowi treść niniejszej pracy. Skuteczność algorytmu sprawdzono w odniesieniu do serii 194 obrazów ultrasonograficznych nowotworów wątroby, uzyskując prawidłowe rezultaty automatycznej dyskryminacji 174 obrazów, co stanowiło 90% przypadków.



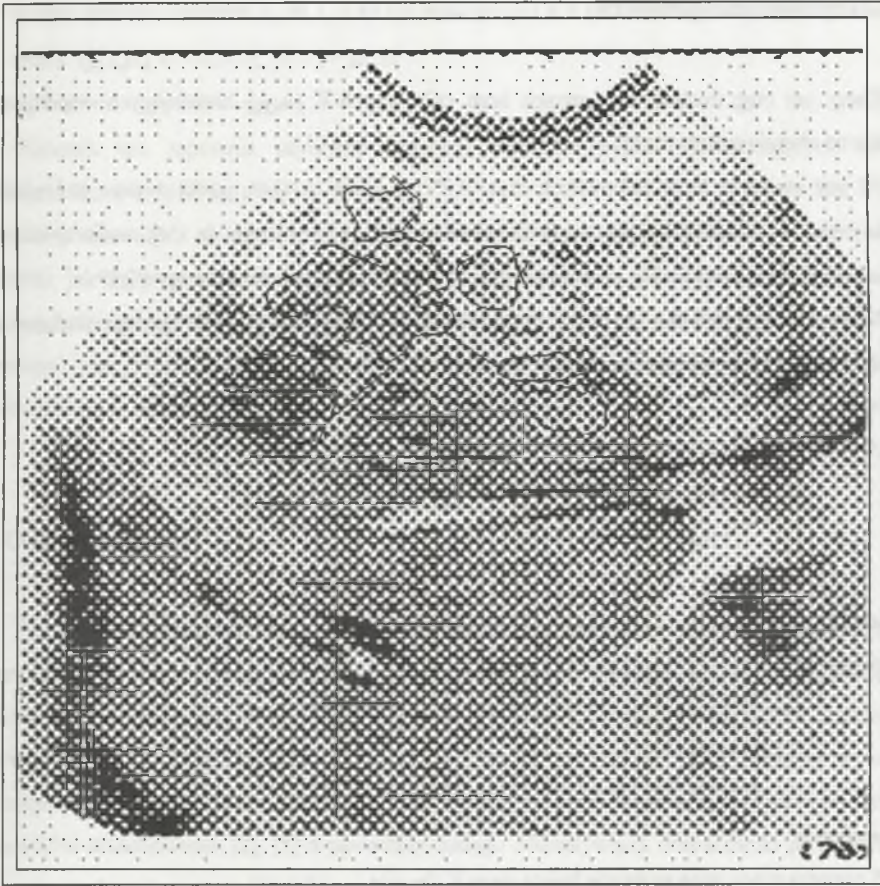
Rys. 1. Fragment oryginalnego obrazu ultrasonograficznego wątroby (w prezentacji negatywowej) i występujące obszary tkanki zmienionej nowotworowo (Adenocarcinoma intestini crassi)

Fig. 1. The fragment of an original (grey scale reversed) ultrasound image of the liver with the cancer tissue areas (Adenocarcinoma intestini crassi)



Rys. 2. Obraz ultrasonograficzny poddany dyskryminacji progowej celem wyizolowania obszarów tkanki nowotworowej: otrzymane rezultaty uzasadniają konieczność interaktywnego wskazywania obiektów przez definiowanie konturów struktur nowotworowych

Fig. 2. The ultrasound image after grey level discrimination. This example shows that the proper extraction of the cancer tissue areas is generally not possible. Thus it is often necessary to define interactively the contour line of the structures to be further selected



Rys. 3. Obraz ultrasonograficzny (negatywowy) z naniesioną przez diagnostę linią konturową określającą obszary tkanki zmienionej nowotworowo. Linia taka jest najczęściej fragmentami niepełna, fragmentami nadmiarowa. Występuje łączenie różnych obiektów odcinkiem linii. Drżenie ręki operatora może powodować nadto przecinanie się konturów różnych obiektów lub ich sklejanie

Fig. 3. The ultrasound image (grey scale reversed) with the contour line of the cancer tissue areas drawn manually. The contour line is partially incomplete, partially redundant. Some objects are linked together with the straight lines. Due to the operator's hand trembling, the contour lines of separate objects may be crossed what leads to the agglomeration of objects

2. Sformułowanie problemu

Dany jest ciąg dwójek nieujemnych liczb całkowitych $K: \{x_i, y_i\}$ określających współrzędne piksela na obrazie cyfrowym M .

M jest macierzą liczb całkowitych $m_{ij} \in \langle 0, 2^k - 1 \rangle$, gdzie $i \in \langle 0, r \rangle$, $j \in \langle 0, c \rangle$ oraz $k > 1$ określa liczbę bitów dwójkowego zapisu wartości piksela, $r, c > 1$ są rozmiarami ($r \times c$) macierzy obrazu.

Dana jest również macierz V o rozmiarach ($r \times c$), której elementy całkowite $v_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$.

Wykorzystując składnię języka C, zapis obrazu linii konturowej może być sprowadzony do następującej zmiany wartości elementów v_{ij} :

```

v[r,c] := 0
for i=1, i<r+1, i=i+1
    for j=1, j<r+1, j=j+1
        v[i,j] = 0
    endfor
endfor
while (1)
    read (x,y)
    if EOF : break
    if (v[x,y] != 1): v[x,y] = 1
endwhile

```

EOF oznacza rzecz jasna wykrycie końca ciągu $K: \{x_i, y_i\}$.

Celem przetwarzania jest takie przekształcenie macierzy V , aby

$v_{ij} = 1$ jeśli m_{ij} stanowi piksel należący do obiektu;
 $v_{ij} = 0$ jeśli m_{ij} stanowi piksel należący do tła obrazu.

Warto zauważyć, że warunkami koniecznymi uzyskania takiego przekształcenia są:

$$1^\circ \max \{ d(v_{pq}, v_{p'q'}) \} < \sqrt{2}$$

gdzie: $p, p' \in \langle 1, r-1 \rangle$;
 $q, q' \in \langle 1, c-1 \rangle$;
 $v_{pq}, v_{p'q'} = 1$;

oraz d jest odległością euklidesową.

Spełnienie tego warunku oznacza uzupełnienie brakujących fragmentów linii konturowej.

2° zmiana wartości elementu v_{ij} na 1, o ile dla dowolnego $i \in \langle 1, r-1 \rangle$ istnieje taka uporządkowana trójka $\{j_1, j_2\} \in \langle 1, c-1 \rangle$, $j_1 > j_2$, że

$$v_{j_1} = 1 \cap v_{ij} = 0 \cap v_{j_2} = 1.$$

Warunek ten zapewnia uzyskanie spójnych obszarów pikseli reprezentujących obiekt ograniczony linią konturową.

Łatwo zauważyć, że, oprócz powyżej omówionych, powinny być spełnione również inne warunki, jak na przykład eliminacja odcinków łączących ze sobą obiekty, czy też wykrywanie wzajemnych przecięć linii konturowych obiektów sąsiadujących ze sobą. Formalny zapis tych wymagań jest jednak mało czytelny, uznano więc, że korzystniejsze będzie ich szczegółowe omówienie przy opisie algorytmu.

3. Opis algorytmu

Przedstawione powyżej warunki narzucają konstrukcję algorytmu. Żądane przekształcanie wartości elementów macierzy V może być zrealizowane przez badanie wzajemnych relacji między pikselami z pewnego otoczenia D [4], [5]. Jeśli do opisu położenia pikseli będzie stosowany kartezjański układ współrzędnych, to asymetria kształtu obszaru D będzie wzrastać w miarę zmniejszania się tego obszaru. Naturalne więc wydało się wykorzystanie symetrycznych osiowo elementów strukturalnych [2], [5] o niewielkim zasięgu oddziaływania oraz techniki przetwarzania obrazów struktur linearnych [1], [6].

Działanie elementów (operatorów) strukturalnych może być opisane dwiema regułami:

- 1° Jeżeli element strukturalny $E(x, y)$, zagnieżdżony w punkcie o współrzędnych (x_0, y_0) , zawiera się całkowicie w obiekcie, to element v_{x_0, y_0} obiektu pozostaje niezmienny, w przeciwnym razie zostaje wyzerowany;
- 2° Jeżeli część wspólna elementu strukturalnego $E(x, y)$, zagnieżdżonego w punkcie o współrzędnych (x_0, y_0) i obiektu nie jest zbiorem pustym, to element v_{x_0, y_0} obiektu pozostaje niezmienny, w przeciwnym razie zostaje wyzerowany.

Pierwsza z reguł definiuje erozję (kompresję) obiektu, druga reguła jest zapisem operacji dyatacji (ekspansji) obiektu. Operacje erozji i dyatacji są wzajemnie symetryczne, co oznacza, że o ile są przeprowadzane na binarnej macierzy V , to kompresja tła jest równoważna dyatacji obiektu, zaś erozja obiektu jest równoważna ekspansji tła. Jeżeli współrzędne wszystkich niezerowych elementów operatora strukturalnego $E(x, y)$ spełniają warunek

$$x_i \in \langle x_0 - D, x_0 + D \rangle \cap y_i \in \langle y_0 - \Theta, y_0 + \Theta \rangle$$

gdzie D oraz Θ są liczbami naturalnymi, to działanie operatorów strukturalnych zagnieżdżonych w punkcie (x_0, y_0) macierzy V może być zapisane w postaci następujących ciągów instrukcji programu komputerowego:

```

# erozja obiektu #
xmin = x0 - Δ
xmax = x0 + Δ
ymin = y0 - Θ
ymax = y0 + Θ
erode := _FALSE
for i=xmin, i<xmax+1, i=i+1
    for j=ymin, j<ymax+1, j=j+1
        if (E[i,j] != v[i,j])
            erode = _TRUE
            break
        endif
    endfor
endif
if erode : v[x0,y0] = 0

# dyatacja obiektu #
xmin = x0 - Δ
xmax = x0 + Δ
ymin = y0 - Θ
ymax = y0 + Θ
dilate := _FALSE
for i=xmin, i<xmax+1, i=i+1
    for j=ymin, j<ymax+1, j=j+1
        if (E[i,j] == v[i,j])
            dilate = _TRUE
            break
        endif
    endfor
endif

```


endfor

endfor

if dilate : $v[x_0, y_0] = 1$

Zmiana wartości x_0 i y_0 w obrębie obrazu V umożliwia przetworzenie wszystkich obiektów. Ponieważ operacje erozji i dylatacji nie zawsze są odwracalne, zwłaszcza w przypadku rekursywnego ich stosowania, to mogą być wykorzystane również do zamykania i otwierania linii konturowych [2].

Technika przetwarzania obrazów struktur linearnych jest procesem topologicznym [1]. Upraszczając, proces ten można określić jako badanie, czy zmiana wartości niezerowego elementu v_{x_0, y_0} nie spowoduje utraty spójności obszaru utworzonego przez niezerowe piksele z najbliższego otoczenia elementu v_{x_0, y_0} . Łatwo wykazać, że dla obszaru D o rozmiarach (3×3) [pikseli] wokół (x_0, y_0) , zbadać należy co najmniej kilkadziesiąt możliwych przypadków [11]. Jeżeli rezultat badania jest pomyślny, piksel v_{x_0, y_0} staje się elementem tła, po czym następuje zmiana lokalizacji (x_0, y_0) . Rekursywne przetwarzanie macierzy V kończy się w chwili, gdy wartość żadnego z elementów v_{ij} nie może ulec zmianie.

Wypełnienie jedynkami obszarów leżących wewnątrz konturów jest spełnieniem postulatu tworzenia spójnych obszarów pikseli reprezentujących objekty. W opracowanym algorytmie zastosowano rozwiązanie, polegające na przyjęciu sąsiedztwa 8-polowego dla pikseli linii konturowych i sąsiedztwa 4-polowego dla pikseli tła oraz na zmianie wartości tych pikseli tła, które nie sąsiadują z elementami granicznych wierszy i kolumn macierzy V [4], [9].

Do wykrywania i eliminacji wzajemnych przecięć linii konturowych obiektów sąsiadujących ze sobą wykorzystano technikę odwracania danych wejściowych, to jest wyznaczanie różnicy symetrycznej (XOR) między łamaną utworzoną z połączenia punktów określonych przez ciąg $K: \{x_i, y_i\}$ i obrazem ze spójnymi obszarami tworzącymi objekty. Ostatecznie, opracowany algorytm stanowił sekwencję następujących operacji, realizowanych na obrazach cyfrowych M oraz V :

- krok 1. Tworzenie linii konturowej na obrazie V na podstawie ciągu $K: \{x_i, y_i\}$;
- krok 2. Kompresja tła obrazu V aż do uzyskania domknięcia linii konturowych;
- krok 3. Szkieletyzacja obrazu V ;
- krok 4. Wypełnianie jedynkami obszarów leżących wewnątrz linii konturowych;
- krok 5. Domknięcie tła w celu likwidacji pojedynczych linii łączących objekty ze sobą;
- krok 6. Rozcięcie obiektów sklejonych za pomocą inwersji danych;
- krok 7. Otwarcie obiektów w celu likwidacji śladów sklejenia;
- krok 8. Domknięcie obiektów celem przeprowadzenia korekcji kształtu obiektów;

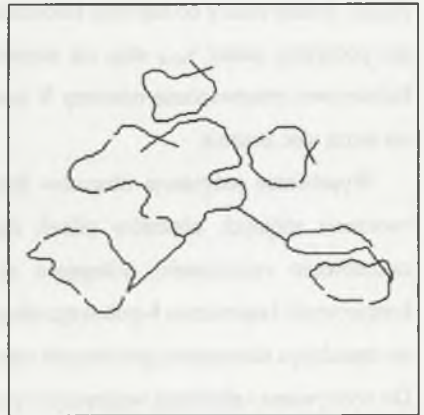
krok 9. Wyznaczenie linii konturowej poszukiwanych obiektów;

krok 10. Iloczyn logiczny obrazu M z obrazem V w celu ekstrakcji obiektów z tła.

Przykładowe rezultaty uzyskiwane w kolejnych krokach algorytmu przedstawiono na rysunkach 4 do 12. Pola jasne stanowią tło obrazu, natomiast pola ciemne są poszukiwanymi maskami binarnymi potrzebnymi do ekstrakcji obiektów z obrazu oryginalnego. Jest jednak sprawą oczywistą, że krok 10 jest niezbędny tylko w przypadku pomiarów parametrów densytometrycznych obiektów (na przykład średniej gęstości całkowitej) [3], [12]; do określenia wartości obiektowych parametrów geometrycznych wystarczają maski binarne uzyskane w kroku 8. Podobnie, krok 9 ma znaczenie pomocnicze, jest istotny przy weryfikacji poprawności uzyskanych rezultatów, dokonywanej na przykład przez nałożenie otrzymanej linii konturowej na obraz oryginalny M .

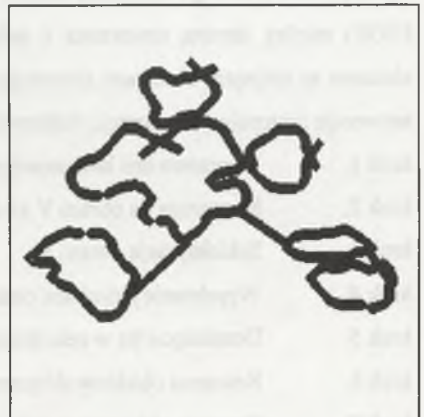
Rys. 4. Tworzenie linii konturowej na obrazie V na podstawie ciągu $K:\{x_i, y_i\}$. Linia konturowa wprowadzona przez operatora jest nadmiarowa, występują nieciągłości i niepożądane połączenia między obiektami

Fig. 4. The V image with the contour line defined as $K:\{x_i, y_i\}$ sequence. The contour line manually drawn is partially redundant, partially incomplete: the lacks and not intended connections between objects can be observed



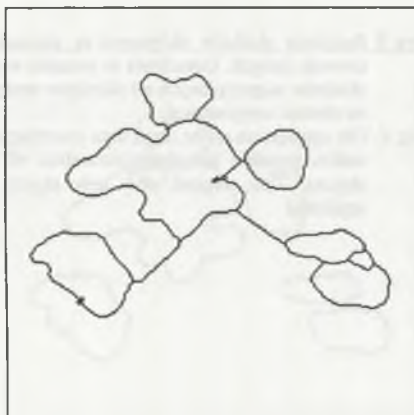
Rys. 5. Kompresja tła obrazu V aż do uzyskania domknięcia linii konturowych. Ubocznym efektem kompresji tła jest sklejanie się obiektów i powstawanie konturów obiektów nie istniejących na obrazie oryginalnym

Fig. 5. The erosion of the V image background up to closing all contour lines. As an additional effect some objects were agglomerated and new objects were generated



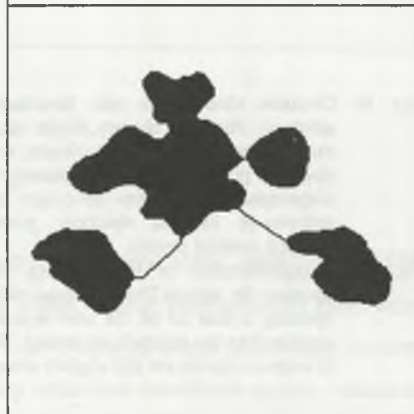
Rys. 6. Szkieletyzacja obrazu V. W rezultacie szkieletyzacji powstaje domknięta linia konturowa wszystkich obiektów, również dodatkowych obiektów powstałych w trakcie kompresji tła. Wylimitowane zostały swobodne końce linii. Nadmiarowe połączenia między obiektami nadal istnieją

Fig. 6. The binary thinning of the image V. All contour lines of original and additional objects were closed. The line ends were cut off. The redundant connection lines between objects still exist



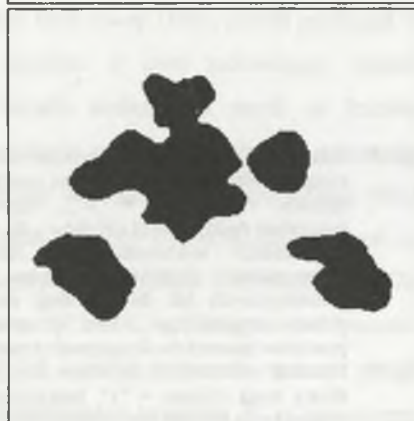
Rys. 7. Wypełnianie jedynkami obszarów leżących wewnątrz linii konturowych. Powstałe obszary zawierają w sobie również wszystkie sztucznie wytworzone, niepożądane obiekty

Fig. 7. Filling with the ones the areas inside the contour lines. The distinguishing between the original and additionally generated objects is not possible



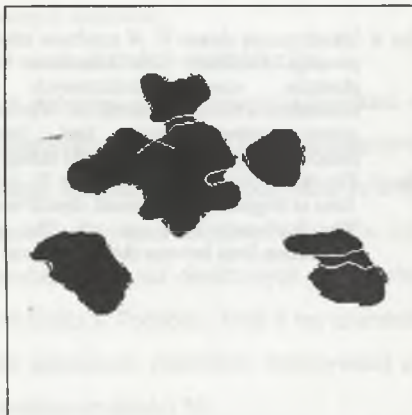
Rys. 8. Domknięcie tła w celu likwidacji pojedynczych linii łączących obiekty ze sobą

Fig. 8. After the background closing step the thin lines which connected the objects disappeared



Rys. 9. Rozcięcie obiektów sklejenych za pomocą techniki inwersji danych. Umożliwia to ponadto wydzielenie obiektów niepożądanych od obiektów występujących na obrazie oryginalnym

Fig. 9. The application of the input data inverting technique makes possible the deagglomeration of touching objects. The original and new objects can be separated



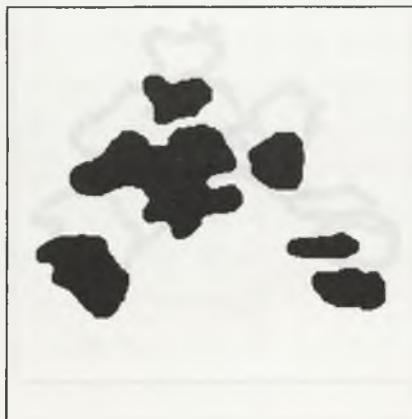
Rys. 10. Otwarcie obiektów w celu likwidacji śladów sklejenia. Ponieważ obszary sklejeń są zazwyczaj mniejsze od obiektów oryginalnych, to otwarcie obiektów powoduje również eliminację obiektów niepożądanych. Efektem ubocznym są jednak deformacje kształtu obiektów pozostałe po operacji inwersji danych

Fig. 10. Deagglomeration of the touching objects by opening the objects. The additional effect of the opening is that all of the new objects (usually smaller than the original) are erased. The shapes of original objects are still slightly changed



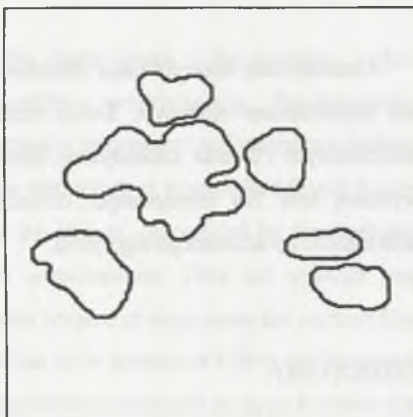
Rys. 11. Domknięcie obiektów celem przeprowadzenia korekcji kształtu obiektów. Uzyskana maska binarna (obiekty = "1", tło = "0"), odpowiadająca rezultatom dyskryminacji obiektów z tłem może być bezpośrednio wykorzystana do identyfikacji poszczególnych obiektów i pomiarów ich cech geometrycznych lub do ekstrakcji obiektów z obrazu oryginalnego celem przeprowadzenia pomiarów parametrów densytometrycznych

Fig. 11. The final correction of the shapes of objects. The binary mask (objects = "1", background = "0") obtained can be used for the identification of the objects and measurement of the geometric parameters or can be used for object extracting before measuring the densitometric parameters



Rys. 12. Wyznaczenie linii konturowej poszukiwanych obiektów. Operacja ta ma znaczenie pomocnicze; jest istotna przy weryfikacji poprawności uzyskanych rezultatów

Fig. 12. The contouring of the objects found. This step is not necessary but may be very helpful if the final results of contour lines processing has to be verified



4. Wyniki

Opracowany algorytm wykorzystano do automatycznej dyskryminacji obiektów na 194 obrazach ultrasonograficznych nowotworów wątroby. Z uwagi na silnie heterogeniczny obraz echa pochodzący od tkanek nowotworowych ustalenie wartości luminancji pikseli stanowiącej poziom dyskryminacji dla tych tkanek nie było możliwe. Obszary zmienione chorobowo zostały wskazane przez diagnostę przez naszkicowanie na obrazie USG linii konturowej. Dalszy proces przebiegał w pełni automatycznie. W 174 przypadkach (90%) uzyskano w pełni zadowalający rezultat dyskryminacji, z pomijalnie małymi odstępstwami kształtu znalezionych masek od kształtu obszarów oryginalnych. W 12 przypadkach (6%) uzyskanie poprawnego rezultatu wymagało zwiększenia liczby następujących po sobie erozji obiektów w kroku 7. W 8 przypadkach (4%) algorytm okazał się nieskuteczny i dyskryminacja wymagała ręcznego wprowadzenia poprawek w przebiegu linii konturowej. Średni czas przetwarzania pojedynczego obrazu o rozmiarach 768 x 576 pikseli (co odpowiada pełnemu formatowi telewizyjnemu 625 TVL) i 256 poziomach jasności wynosił około 3 minut, z czego większość (ponad 2,5 minuty) zajmowała operacja pełnej szkieletyzacji obrazu. Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano komputer PC z procesorem i486/66 MHz oraz pakiet procedur mMipron 1.21. [11]. Niezbędne programy napisano w języku C.

5. Uwagi i wnioski końcowe

Automatyczna dyskryminacja obiektów opisanych niepełną lub/i nadmiarową linią konturową jest zagadnieniem złożonym. Dobre rezultaty daje zastosowanie morfologicznych operatorów strukturalnych i technik szkieletyzacji obrazów binarnych. Obliczenia przeprowadzone na losowo wybranej serii 194 rzeczywistych obrazów ultrasonograficznych wykazały dobrą, około 90% skuteczność opracowanego algorytmu.

LITERATURA

1. Arcelli C.: *A condition for digital points removal*. Signal Proces., 1, 283-285, 1979.
2. Gonzalez R., Wintz P.: *Digital Image Processing*. Addison-Wesley, 1977.
3. Ostrowski M. (red.): *Informacja obrazowa*. WNT, Warszawa 1992.
4. Pavlidis T.: *Grafika i przetwarzanie obrazów*. Algorytmy. WNT, Warszawa 1987.
5. Pratt W. K.: *Digital Image Processing*. John Wiley & Sons, New York 1978.
6. Serra J.: *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, New York 1982.
7. Skarbek W.: *Metody reprezentacji obrazów cyfrowych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1993.
8. Waleczek J.: *Próba zastosowania pomiaru gęstości optycznej ultrasonograficznego obrazu tkanek w rozpoznawaniu patologii gruczołu tarczowego*. Rozprawa doktorska, Śląska Akademia Medyczna, Katowice 1995.
9. Weibel E.R.: *Stereological Methods*. Academic Press, London 1980.
10. Zieliński K. W.: *Zarys zasad histomorfometrii w badaniach patomorfologicznych*. Polish Journal of Pathology, suppl.4, vol. 45, 1994;
11. *Cardio 500 Rel. 1.32 & mMipron Rel. 1.21*. User's Manual. Kontron Elektronik GmbH, Eching 1993.
12. *Image Analysis. Principles and Practice*. Published by Joyce Loebel, Marquisway Team Valley Gateshead, Tyne & Wear, England 1985.

Recenzent: Prof.dr hab.n.med. Zbigniew Kolina

Abstract

The automatic measurements of the objects on the digital image is the multistep, rather complicated task which consists of image acquisition, preprocessing, discrimination, identification, measurements of the object and field specific parameters and statistical analysis of the data output files. The discrimination is often the step which is extremely difficult due to the background noise and poor formal definition of the objects, recognized by the operator intuitively in most of the routine ultrasonography examinations. Thus the contour line description is very helpful. The problem, however, exists because in most cases the contour line drawn is partially redundant, partially incomplete and has to be processed before will be useful for objects extracting out of the background. The neighborhood relations analysis between the pixels defining the contour line is very effective way for obtaining the requested correction (closing lines, eliminating of the line ends, cutting the objects, shape correction, etc.). In the paper the algorithm based on the local operators and binary linear structures processing is presented: the operations used are defined as C language statements. The mixture of dilating, binary thinning, filling, closing the background, data input inverting, object opening, closing and contouring - defines the algorithm proposed 9 steps. The efficiency of the algorithm was checked on the ultrasound 194 images of the liver with cancer tissue. In 90% of cases the proper results were obtained on the fully automatic way. In 4% of the cases the algorithm was useless and in 8% of cases the minor changes of parameters (number of dilation recursive steps) were necessary. The main conclusion is that the proposed algorithm can be useful in routine work on ultrasound images quantitative analysis.