

# Wyznaczanie charakterystycznych obszarów twarzy na obrazach termowizyjnych

## Determination of the characteristic face regions on thermograms

Mariusz Marzec<sup>1</sup>, Robert Koprowski<sup>2</sup>, Zygmunt Wróbel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Informatyki, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 16, 44-101 Gliwice, tel. +48 (0) 32 237 21 51, e-mail: m.mariusz2@vp.pl

<sup>2</sup> Zakład Komputerowych Systemów Biomedycznych, Instytut Informatyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 39, 41-200 Sosnowiec

### Streszczenie

W artykule zaprezentowano algorytm umożliwiający automatyczną detekcję charakterystycznych cech twarzy w obrazach termowizyjnych w projekcji przedniej. Algorytm nie jest wrażliwy na zmiany położenia głowy z powodu obrotu ani ruchów w osi X-Y. Po wyznaczeniu charakterystycznych obszarów przeprowadzono automatyczny pomiar wartości średniej, minimalnej i maksymalnej temperatury. Zaprezentowano przykładowe zastosowanie algorytmu do detekcji bólów głowy.

**Słowa kluczowe:** obrazy termowizyjne twarzy, algorytm rozpoznawania, analiza obrazów

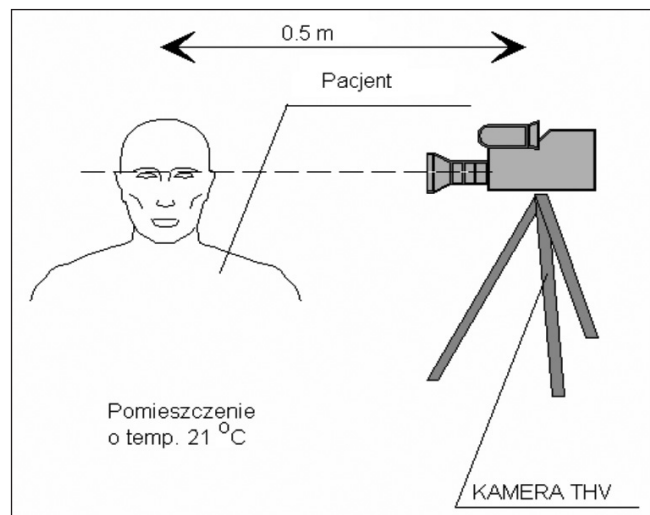
### Abstract

The algorithm enabling the automatic detection of characteristic features of the face on thermograms captured in the anterior projection, was presented. The algorithm is not sensitive to the head X-Y position, as well as rotation. After determining the characteristic regions, the automatic measurement of mean, minimal and maximal temperature was carried out. The presented algorithm was used for the headaches detection.

**Key words:** face thermograms, recognition algorithm, image analysis

### Wprowadzenie

Pierwsze doświadczenia wykorzystujące podczerwień w diagnostyce medycznej rozpoczęto pod koniec lat 50. XX wieku. Ograniczenia techniczne i jakość dostępnego sprzętu powodowały, że wyniki nie były obiecujące [1, 2]. Termografia



Rys. 1 Rejestracja zdjęć termowizyjnych kamerą AGEMA



Rys. 2 Przykładowe zdjęcie termowizyjne twarzy

w medycynie wykorzystuje zjawisko emisji ciepła przez ludzki organizm. Przykładowy sposób rejestracji ilustruje rys. 1. Obraz termowizyjny twarzy pokazano na rys. 2. Jasne obszary obrazu odpowiadają wyższej temperaturze, ciemne – niższej.

Tkanki chore lub zmienione chorobowo mogą mieć inną temperaturę niż tkanki zdrowe. Różnica temperatur (pomiędzy obszarem badanym a zdrowym) powyżej 0,5 °C może wskazywać na stan chorobowy [1]. Kamery termowizyjne umożliwiają obserwację zmian rozkładu temperatury w ciele pacjenta, co stwarza potencjalne możliwości wykorzystania termowizji do nieinwazyjnych i szybkich metod wstępnego diagnozowania.

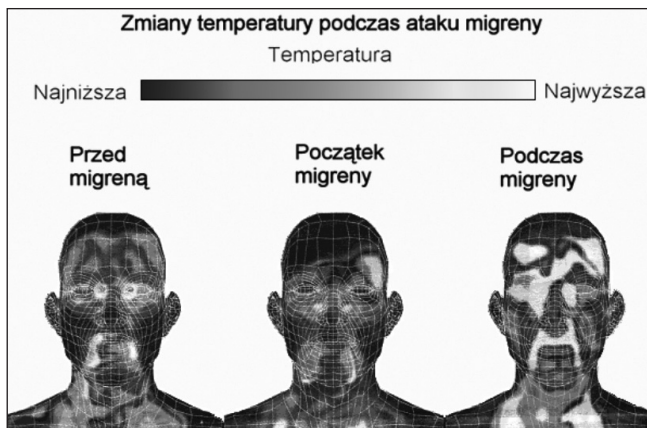
Jakościowa analiza zdjęć termowizyjnych nie pozwala na precyzyjne określenie wartości temperatur oraz porównanie wyników różnych pacjentów.

W celu np. porównywania grup pacjentów lub dla celów analizy statystycznej potrzebna jest ocena ilościowa. Automatycznie wyznaczone wartości temperatury w wybranych obszarach głowy mogą następnie posłużyć do wstępnej diagnozy i do rozróżnienia na przykład rodzaju bólu głowy: bólu samoistnego lub objawowego [3, 4]. W przypadku bólów migrenowych obserwuje się jednostronne zwiększenie temperatury, podczas gdy bóle napięciowe charakteryzują się wzrostem temperatury po obu stronach głowy. Natomiast bóle klastrowe rozpoczynają się w okolicy oka i rozchodzą się na połowę twarzy.

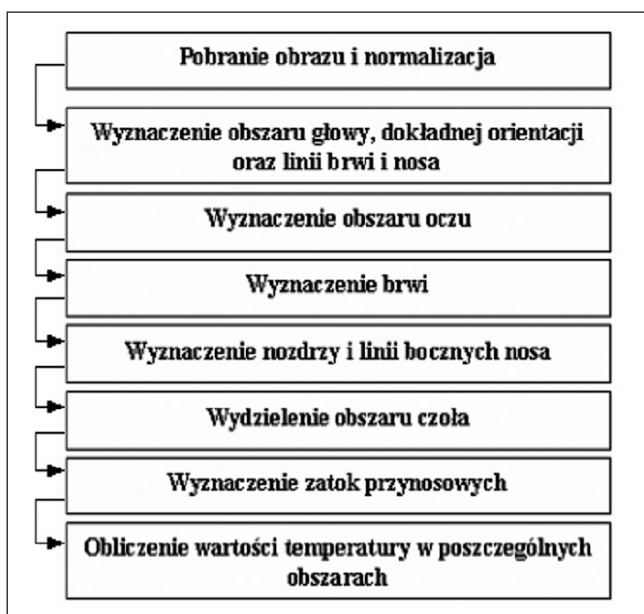
Na rys. 3 zaprezentowano zmiany temperatury w obszarze głowy pacjenta podczas ataku migreny [5]. Wraz z nasileniem bólu wzrasta temperatura poszczególnych obszarów głowy oraz zauważany jest niesymetryczny rozkład temperatur. Pozwala to na szybkie ustalenie ogniska bólu, a nawet podjęcie diagnozy co do rodzaju i podłoża dolegliwości [4].

Na tej podstawie sformułowano następujące cele pracy:

- wyznaczenie obszarów twarzy (lewej i prawej części), a w tym linii brwi ( $B_L$ ,  $B_P$ ), obszaru oczu ( $O_L$ ,  $O_P$ ), nosa ( $N_L$ ,  $N_P$ ), zatok przynosowych (szczękowych) ( $Z_L$ ,  $Z_P$ ), czoła ( $C_L$ ,  $C_P$ );



Rys. 3 Zmiana rozkładu temperatury na twarzy podczas ataku migreny



Rys. 4 Schemat blokowy algorytmu

- pomiar różnic temperatur występujących pomiędzy obszarami;
- pomiar temperatury średniej, minimalnej i maksymalnej;
- automatyczne przeprowadzenie wymienionych pomiarów bez ingerencji operatora.

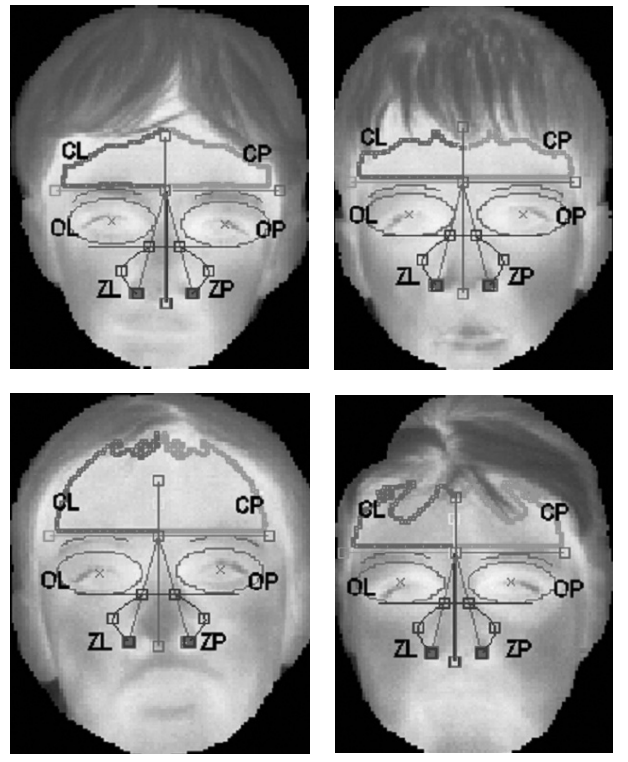
## Opis metody

Do analizy zdjęć zaproponowano kompletny algorytm, pozwalający w sposób automatyczny wyznaczać charakterystyczne obszary twarzy. W badaniach wykorzystano zbiór zdjęć termowizyjnych wykonanych kamerą AGEMA 590 o rozdzielczości temperaturowej  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  i rozdzielczości optycznej  $240 \times 320$  pikseli, w warunkach jak na rys. 1.

Analiza obrazów termowizyjnych twarzy jest trudniejsza od analizy zdjęć w świetle widzialnym, ponieważ poszczególne cechy nie są tak wyraźne, ich kontury są rozmyte [6], a liczba prowadzonych badań jest znacznie mniejsza [7].

W świetle widzialnym najczęściej wykorzystywane są następujące metody:

- bazujące na kolorze [8-10];
- bazujące na cechach obrazu (krawędzie, linie, aktywny kontur) [11-14];
- bazujące na cechach twarzy [15];
- bazujące na geometrii i antropometrii [16-19];
- oparte na sieciach neuronowych [20];
- oparte na transformacji Hougha [21].



Rys. 5 Obszary wyznaczone przez algorytm

Przegląd obecnie stosowanych metod można znaleźć w licznych opracowaniach w literaturze [22-24]. Proces analizy obrazów termowizyjnych przebiega podobnie, jednak algorytmy są poddawane modyfikacjom [25-30]. Kompletna analiza obrazu twarzy najczęściej łączy w sobie kilka z wymienionych metod, w celu uzyskania najlepszych rezultatów. Trzeba podkreślić, że w analizie obrazów termowizyjnych wykorzystuje się też w biometrii do rozpoznawania osób [26-28, 30-33].

Przedstawiony w artykule algorytm wykorzystuje metody morfologii matematycznej, aktywnego konturu, szablonu, transformaty Hougha oraz analizę koloru. Na podstawie przeglądu literatury sformułowano schemat blokowy (rys. 4).

## Końcowy wynik detekcji i wyznaczone wartości temperatur

W celu przetestowania skuteczności działania algorytmu niezależnie od orientacji i położenia głowy wykonano testy na zbiorze 35 zdjęć, które poddano dodatkowo rotacji co  $10$  stopni, w zakresie od  $-70^{\circ}$  do  $70^{\circ}$ . Łącznie uzyskano zbiór ponad 500 obrazów.

Efektom końcowym działania algorytmu jest zaznaczenie wszystkich interesujących obszarów twarzy pacjenta i pomiar ich temperatury. Przykładowe wyniki przedstawiono na rys. 5, pozostałe obrazy umieszczono na stronie internetowej <http://www.mamsoft.republika.pl>

Rys. 5 przedstawia cztery obrazy termowizyjne pacjentów. U trzech osób (fot. 1, 2, 3) obserwujemy niewielkie różnice temperatur; wyznaczone wartości różnią się maksymalnie o  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na czwartej fotografii zauważalne są cieplejsze obszary po prawej stronie czoła pacjenta. Algorytm prawidłowo wykrywa zmiany temperatury, co pokazano w tabeli; różnica wynosi  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Wnioski końcowe

Wyznaczone automatycznie wartości temperatury umożliwiają analizę statystyczną badanej grupy pacjentów, a porównanie

Tabela 1 Wartości temperatur w poszczególnych obszarach po analizie wybranych zdjęć

Obszar	Powierzchnia obszaru	Temperatura [°C]			
		Maksymalna	Minimalna	Średnia	Odchylenie standardowe
OL(1)	482	36,7	33,1	35,4	0,56
OP(1)	482	37,0	33,0	35,5	0,68
CL(1)	570	36,5	34,2	35,7	0,40
CP(1)	570	36,6	34,3	35,8	0,39
ZL(1)	101	36,2	34	35,2	0,52
ZP(1)	97	36,3	34,8	35,6	0,32
OL(2)	428	36,9	33,1	35,6	0,67
OP(2)	428	36,6	33,3	35,4	0,66
CL(2)	444	36,2	34,6	35,6	0,25
CP(2)	444	36,2	34,7	35,7	0,25
ZL(2)	90	35,4	32,7	34,8	0,64
ZP(2)	86	35,6	34,5	35,0	0,25
OL(3)	405	35,9	31,9	34,5	0,70
OP(3)	405	36,0	31,9	34,3	0,68
CL(3)	951	35,3	32,9	34,8	0,25
CP(3)	951	35,7	33,6	34,9	0,30
ZL(3)	95	34,9	32,9	34	0,51
ZP(3)	93	35,1	32,6	34,2	0,56
OL(4)	428	35,9	31,8	34,4	0,71
OP(4)	428	35,9	31,5	34,4	0,82
CL(4)	611	34,3	31,8	33,4	0,40
CP(4)	611	35,0	32,0	33,9	0,47
ZL(4)	94	34,0	32,5	33,2	0,37
ZP(4)	91	34,7	32,8	33,7	0,36

wartości temperatury pomiędzy poszczególnymi obszarami twarzy może pozwolić na wstępne rozpoznanie zmian chorobowych. Na podstawie wartości średniej temperatury czoła możliwe jest określenie rodzaju bólu (migrenowy lub napięciowy). Różnica temperatury średniej powyżej 0,5 °C jest cechą charakterystyczną bólów migrenowych. Porównanie temperatury pozostałych obszarów twarzy pacjenta może być również pomocne w określeniu stanów zapalnych w rejonach zatok lub oczu.

Kolejnym etapem pracy nad algorytmem może być zwiększenie jego precyzji oraz liczby poprawnych detekcji. ■

## Literatura

- Praca zbiorowa pod. red. Z. Nałęcza: *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna*, tom 8, *Obrazowanie biomedyczne*, Exit, Warszawa 2000, s. 475-508.
- A. Nowakowski: *Postępy termografii – aplikacje medyczne*, Wydawnictwo Gdańskie, 2001, s. 27-31.
- A. Stepien: *Bóle głowy. Diagnostyka i leczenie*, Czelej, 2004.
- R. Koprowski, K. Wojaczyńska-Stanek, Z. Wróbel: *Diagnostyka bólów głowy na podstawie sekwencji obrazów termowizyjnych*, XIV Konferencja pt. „Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna”, Komitet Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, KBIB-2005, Wyd. Pol. Częstochowskiej, 2005, s. 279-284.
- G. Abbate-Daga, S. Fassino, R. Giudice, I. Rainero, C. Gramaglia, L. Marech, F. Amianto, S. Gentile, L. Pinessi: *Anger, depression and personality dimensions in patients with migraine without aura*, *Psychotherapy and Psychosomatics*, vol. 76, 2007, s. 122-128.
- L. Trujillo, G. Olague, R. Hammoud, B. Hernandez: *Automatic feature localization in thermal images for facial expression recognition*, *IEEE, Computer Vision and Pattern Recognition – Workshops*, 2005, s. 14-21.
- A.D. Selinger, A. Socolinsky: *Thermal face recognition in an operational scenario*, *IEEE, Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, 2004, s. 1012-1019.
- M.A. Berbar: *Faces and facial feature detection in color images*, *Geometric Modeling and Imaging – New Trends*, 2006, s. 209-214.
- S.L. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, W. Kuczborski: *A color-based approach to automatic face detection*, *Signal Processing and Information Technology*, IEEE 2003, s. 531-534.
- R.L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, A.K. Jain: *Face detection in color images* *IEEE, Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, 2002, s. 696-706.
- Kap-Ho Seo, Won Kim: *Face detection and facial feature extraction using color snake*, *IEEE, Industrial Electronics*, vol. 2, 2002, s. 457-462.
- T. Yokohama, Y. Yagi: *Active contour for extracting human faces*, *IEEE, Pattern Recognition*, vol. 1, 1998, s. 673-676.
- X. Bing, Y. Wei, Ch. Charocnsak: *Face contour tracking in video using active contour model*, *IEEE, International Conference on Image Processing (ICIP)*, vol. 2, 2004, s. 1021-1024.
- H. Guangda, Du S. Cheng: *Feature points extraction from faces*, *Image and Vision Computing*, 2003, s. 154-158.
- D. DeCarlo, D. Metaxas: *The integration of optical flow and deformable models with applications to human face shape and motion estimation*, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1996, s. 231-238.
- R. Brunelli: *Face recognition: features vs templates*, *IEEE, Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, 1993, s. 1042-1052.
- M. Hu, S. Worrall, A.H. Sadka, A.M. Kondoz: *Face feature detection and model design for 2-d scalable Model-based video coding*, *IEEE, Visual Information Engineering*, 2003, s. 125-128.
- D. DeCarlo, D. Metaxas, M. Stone: *An anthropometric face model using variational techniques*, *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques Association form Computing Machinery*, 1998, s. 67-74.
- A.S. Sohail, P. Bhattachacharya: *Detection of facial feature point using anthropometric face mode*, *SITIS*, 2006, s. 656-665.

20. Z. Szlavik, T. Sziranyi: *Face analysis using CNN-UM*, Proceedings IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications (CNNA 2004), s. 190-195.
21. A. Pietrowcew: *Face detection in colour images using fuzzy Hough transform*, Opto-Electronics Review, vol. 11(3), 2003, s. 247-251.
22. Z. Li Stam, K. Jain Anil: *Handbook of Face Recognition*, Springer Science+Business Media, 2005, s. 13-61.
23. M.S. Nixon, A.S. Aguado: *Feature extraction and image processing*, Newnes, 2002, s. 217-243.
24. M. Yang, D.J. Kriegman, N. Ahuja: *Detecting faces in images: A survey*, IEEE, Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, s. 34-58.
25. J. Wang, E. Sung: *Facial feature extraction in an infrared image by proxy with a visible face image*, IEEE, Instrumentation and Measurement, vol. 56, 2007, s. 2057-2066.
26. I. Pavlidis, P. Buddharaju, C. Manohar: *Biometrics: Face recognition in thermal infrared*, The Biomedical Engineering Handbook, rozdział 29, CRC Press 2000, s. 29.1-29.15.
27. O. Arandjelovic, R. Hammoud, R. Cipolla: *On person authentication by fusing visual and thermal face biometrics*, IEEE, Video and Signal Based Surveillance, 2006, s. 50-56.
28. Z. Zhu, P. Tsiamyrtis, I. Pavlidis: *Forehead thermal signature extraction in lie detection*, Engineering in Medicine and Biology Society, 2007, s. 243-246.
29. E. Hjelmas: *Face detection: a survey*, Computer Vision and Image Understanding 83, 2001, s. 236-274.
30. S.G. Kong, J. Heo, B.R. Abidi, J. Paik, M.A. Abidi: *Recent advances in visual and infrared face recognition – a review*, the Journal of Computer Vision and Image Understanding, vol. 97, 2005, s. 103-135.
31. J. Kobel, A. Suchwałko, H. Podbielska: *Application of thermal imaging for human face recognition*, Opt. Appl., vol. 32(4), 2002, s. 653-664.
32. J. Bauer, H. Podbielska, A. Suchwalko: *Biometric verification of persons based on thermovision*, Proc. SPIE, vol. 5566, Optical Security and Safety; Z. Jaroszewicz, E. Powichrowska, M. Szyjer; eds., 2004, s. 63-67.
33. J. Bauer, J. Mazurkiewicz, H. Podbielska: *Thermovision in biometrics – face recognition based on thermal imaging. Termowizja w biometrii – rozpoznawanie twarzy na podstawie obrazu termicznego*, Inżynieria Biomedyczna – Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 12(2), 2006, s. 85-88.

otrzymano / received: 12.01.2009 r.  
zaakceptowano / accepted: 16.03.2009 r.