

Marek R. OGIELA*, Tomasz HACHAJ*AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA, KATEDRA AUTOMATYKI,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków**Komputerowe wspomaganie detekcji zmian chorobowych w badaniach perfuzji mózgowej**

Prof. dr hab. Marek R. OGIELA

Profesor zwyczajny AGH prowadzący badania nad kognitywnymi systemami informacyjnymi nowej generacji, inteligentnymi metodami rozpoznawania obrazów, a także kryptograficznymi algorytmami podziału sekretów. Jest członkiem wielu towarzystw naukowych. Jako jeden z pierwszych badaczy rozwinął w nauce światowej takie pojęcia jak komputerowe rozumienie obrazów w metodach inteligencji obliczeniowej, oraz lingwistyczne schematy prognoz w zaawansowanych protokołach kryptograficznych.



e-mail: mogiela@agh.edu.pl

Mgr inż. Tomasz HACHAJ

Absolwent kierunku Informatyka Politechniki Krakowskiej. Pracował jako programista, analityk i wdrożeniowiec w firmach prywatnych. Obecnie pracownik Katedry Informatyki i Metod Komputerowych Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie oraz słuchacz studiów doktoranckich AGH kierunku Informatyka. Jego zainteresowania naukowe obejmują metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazów.



e-mail: tomekhachaj@o2.pl

Streszczenie

Autorzy artykułu prezentują nowoczesne podejście do zadania komputerowego wspomaganie detekcji zmian chorobowych perfuzji mózgowej. Na podstawie zaprezentowanego w tej pracy algorytmu stworzony został system wspomagający diagnozę medyczną, którego działanie zostało sprawdzone na rzeczywistych danych medycznych. Rozmiar zbioru testowego obejmował 75 zestawów zobrażeń pochodzących od 30 różnych pacjentów (w zbiorze tym znajdowały się zarówno zobrażenia pacjentów, u których zdiagnozowano zmiany perfuzyjne o różnym stopniu nasilenia, jak i pacjenci z prawidłowymi wartościami perfuzji). W 77,3% przypadkach opis zdjęcia wygenerowany przez algorytm autorów był taki sam jak opis sporządzony przez lekarza radiologii.

Słowa kluczowe: inteligentna analiza i rozumienie obrazów, badanie dynamicznej perfuzji mózgu, systemy komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej.

Computer – aided detection of brain perfusion lesions**Abstract**

The paper presents a novel approach to analysis of brain perfusion maps based on automatic image understanding. Perfusion-weighted CT (computer tomography) and MR (magnetic resonance) techniques, in contrast to MR and CT angiography detecting bulk vessel flow, are sensitive to microscopic, tissue-level blood flow. PCT (perfusion CT) technique enables evaluating total and regional blood flow per unit time. PCT gives a variety of functional maps of cerebral perfusion parameters such as regional Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV) and Mean Transit Time (MTT). Each pixel of a perfusion map corresponds to the perfusion value at a given point. The colour images help quick diagnosis of an acute stroke in the event of a crisis (Fig. 1). Computer vision at the current development stage offers three types of computer image handling methods [1]: image processing (quality improvement, distinguishing object of interests from the whole complex image), image analysis (defining the features of entire image or particular objects) and pattern recognition. The fusion of those three methods with medical knowledge leads to complete understanding of the visualized symptoms (Fig. 2) [13]. Automatic image understanding of medical images is a new approach that enables drawing conclusions about the nature of the observed disease process (Fig. 3) as well as deciding on the way in which this pathology can be cured of with use of various therapeutics methods. The validation of the presented algorithms was performed on a set of 75 triplets of medical images acquired from 30 different adult patients (men and women) with suspected ischemia / stroke. In 77.3% cases description generated by the algorithm match the diagnosis made by a physician.

Keywords: intelligent image processing and understanding, dynamic brain perfusion treatment, computer – aided diagnosis systems.

1. Tematyka badań

Informatyka w coraz większym stopniu angażuje się w badania nad możliwością komputerowego wspomaganie diagnostyki obrazów

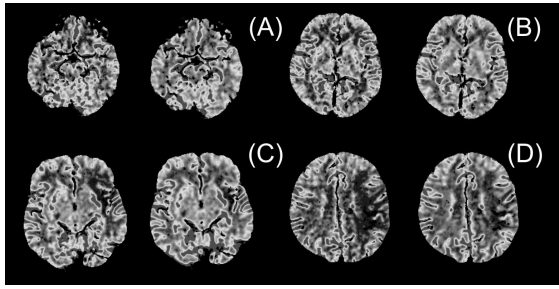
medycznych. Przyczyną tego zjawiska jest fakt, że współczesna diagnostyka medyczna coraz częściej opiera się na analizie różnego typu zobrażeń. W obecnej chwili dobrze zdefiniowane zostały metody informatyki wspomagające diagnozę medyczną należące do trzech głównych kierunków [1]:

- Przetwarzania (ang. image processing - polepszanie jakości, wyróżnianie obiektów zainteresowania – ang. regions of interests (ROI) ze złożonego zobrażenia)
- Analizy (ang. image analysis - pomiar parametrów całości zobrażenia bądź poszczególnych jego obiektów)
- Rozpoznawania obrazów (ang. pattern recognition - identyfikacja oraz klasyfikacja obiektów występujących na zobrażeniu).

W ostatnich latach rozpoczęto badania nad kolejną grupą metod tj. automatycznym rozumieniem obrazów (ang. automatic image understanding) [1]. Dzięki tym algorytmom możliwe jest wnioskowanie na temat natury występujących na zobrażeniu zmian chorobowych, formułowanie diagnozy medycznej oraz propozycji metody terapii - podobnie jak dokonuje tego lekarz - diagnosta.

W tym artykule autorzy przedstawiają nowatorską metodę pozwalającą na automatyczne rozumienie map perfuzji mózgowej wygenerowanych w badaniu dynamicznej perfuzji mózgowej tomografii komputerowej (dpCT). Badanie dpCT mózgu wykonuje się w wypadku podejrzenia, że w mózgu pacjenta mogą występować stany patologiczne, które spowodowały zakłócenie przepływu krwi. Przyczyną tych zakłóceń mogą być między innymi urazy głowy, epilepsja, choroby układu naczyń krwionośnych mózgu, udar krwotoczny lub niedokrwienny. DpCT pozwala na wyznaczenie ilości przepływającej w jednostce czasu krwi w obrębie całego badanego organu, jak i w poszczególnych jego częściach. Proces wymaga użycia substancji kontrastującej i polega na rejestrowaniu natężenia ilości kontrastu w obrębie systemu naczyń krwionośnych za pomocą tomografii komputerowej. Na podstawie zgromadzonych w ten sposób zobrażeń CT wyznaczone są krzywe wzmocnienia kontrastowego (ang. time density curves (TDC)), które następnie używane są w celu wyliczenia istotnych dla diagnozy zestawu map perfuzji mózgowej parametrów: Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV) i Mean Transit Time (MTT). Mapy generowane są najczęściej za pomocą jednej z wielu możliwych adaptacji modelu Meiera-Zierlera [2]. Każdemu z pikseli mapy perfuzji mózgowej odpowiada wartość perfuzji we wskazanym punkcie analizowanego organu (rys. 1).

Badając zobrażenie perfuzji mózgowej neuroradiolog wykrywa, mierzy oraz opisuje asymetrie perfuzji pomiędzy lewą a prawą półkulą mózgową pacjenta i na podstawie wiedzy medycznej (na przykład o prawidłowych wartościach poszczególnych parametrów perfuzji i o ich znaczeniu diagnostycznym) identyfikuje jednostki chorobowe. Komercyjne oprogramowanie wykorzystywane obecnie w procesie diagnostycznym pozwala jedynie na manualne określenie ROI, w których następnie mierzone są wartości perfuzji.

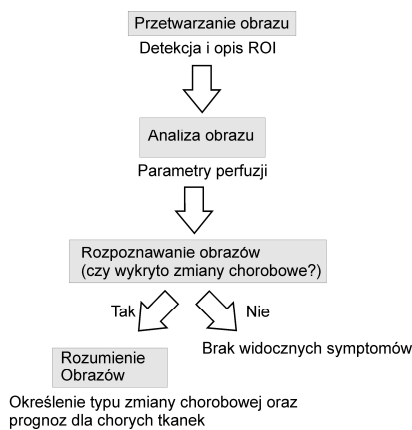


Rys. 1. Przykładowe cztery pary map perfuzji mózgowej (po lewej w każdej parze mapa CBF, po prawej CBV). (A), (B) – mapy bez widocznych asymetrii perfuzji, (C), (D) – Po stronie lewej na poziomie górnych cz. trzonów komór bocznych występuje obszar z obniżoną perfuzją (zdiagnozowano udar lewej półkuli mózgu)

Fig. 1. Four pairs of example brain perfusion images (in each pair CBF map is on the left and CBV is on the right). (A), (B) – maps without visible asymmetries, (C), (D) CBF and CBV is slightly decreased on the left on the level of the top sides of lateral ventricle frontally and parietally (brain stroke in left hemisphere)

Zastosowanie metod automatycznego rozumienia obrazów jako narzędzia wspomagającego proces diagnozy dpCT może w znacznym stopniu przyczynić się do zwiększenia precyzji stawianej diagnozy jak i znacznie przyspieszyć proces decyzyjny (w wypadku udaru mózgu czas prawidłowego rozpoznania jednostki chorobowej jest czynnikiem krytycznym).

Proponowany przez autorów tej pracy schemat procesu automatycznego rozumienia dpCT został przedstawiony na rys. 2. Algorytm ten jest fuzją metod przetwarzania, rozpoznawania oraz analizy obrazów, która w efekcie prowadzi do pełnego „rozumienia” uwidocznionych symptomów. Wyniki otrzymywane z danego „bloku przetwarzania” stają się następnie danymi wejściowymi do kolejnego „bloku”. Ostatecznym wynikiem jest detekcja patologicznych zmian perfuzji mózgowej (o ile takie występują), ich pomiar, określenie ich typu (niedokrwienne/krwotoczne) oraz określenie prognozy dalszego rozwoju choroby w zaatakowanych tkankach. Omówienie poszczególnych etapów tego procesu znajduje się w kolejnych rozdziałach tej pracy.



Rys. 2. Schemat procesu automatycznego rozumienia dpCT

Fig. 2. Schematic diagram of automatic image understanding process

2. Przetwarzanie i analiza zobrażeń perfuzji mózgowej

W skład etapu przetwarzania obrazów wchodzi algorytm wykrywania asymetrii map perfuzji oraz algorytm rejestracji obrazów. Szczegółowy opis algorytmu wykrywania asymetrii znajduje się w [3, 4], w artykule zostaną omówione jedynie jego najważniejsze etapy.

W celu wykrycia asymetrii na zobrażowaniu dpCT konieczne jest znalezienie osi oddzielającej lewą i prawą półkulę mózgu pacjenta („oś symetrii” mózgu). Algorytm wykonujący ten krok

dzieli obszar mózgu pacjenta na zestaw poziomych obszarów o równej szerokości i wysokości, dla każdego z tych obszarów liczony jest środek masy. Oś symetrii zdefiniowana jest jako prosta, której współczynniki obliczamy metodą aproksymacji średniokwadratowej na podstawie zbioru wyznaczonych środków mas.

Po znalezieniu osi symetrii generowana jest mapa asymetrii perfuzji mózgowia. Wartość każdego z pikseli tej mapy obliczana jest jako iloraz wartości perfuzji symetrycznych obszarów mózgowia pacjenta. Kolejnym krokiem jest wybranie jedynie takich obszarów, dla których względna różnica perfuzji jest wystarczająco duża, aby można je było uznać za istotne asymetrie (operacja progowania – ang. thresholding); należy pamiętać, że perfuzja nawet w zdrowym mózgu nie jest całkowicie symetryczna. Zbyt małe obszary asymetrii eliminowane są za pomocą operacji morfologii obrazu. Ostatecznie otrzymane zostają ROI zawierające potencjalne obszary patologii perfuzji mózgu (oczywiście wykryte ROI występują symetrycznie w lewej i prawej półkuli). Za pomocą tego samego algorytmu jest dokonywana analiza map CBF i CBV. Oba typy map mają istotne znaczenie w dalszym procesie diagnostycznym.

Kolejnym krokiem w obrębie bloku przetwarzania obrazu jest generowanie opisu miejsca występowania wykrytych asymetrii w mózgu. Dokonuje się tego za pomocą deformowalnego atlasu mózgu [5]. Deformowalny atlas mózgu zbudowany jest z zestawu „wzorcowych” przekrojów mózgu, zestawu etykiet, które opisują poszczególne struktury tkanek widoczne na „wzorcowych przekrojach” oraz algorytmu rejestracji obrazu. Rolą algorytmu rejestracji obrazu jest dopasowanie (maksymalizacja funkcji podobieństwa) wybranego przekroju „wzorcowego” do przekroju mózgu otrzymanego podczas badania dpCT poprzez dokonanie odpowiedniej transformacji obrazu (w omawianym w tej pracy algorytmie podobnie jak w [6] zaproponowano algorytm FFD (1) oraz współczynnik korelacji jako funkcję podobieństwa (2)).

Dla przypadku dwuwymiarowego transformację FFD definiujemy:

$$T(x, y) = (x', y') = \sum_{l=0}^3 \sum_{m=0}^3 \beta_l(u) \cdot \beta_m(v) \cdot \phi_{l+l, j+m} \quad (1)$$

gdzie:

(x', y') - współrzędne punktu, który po transformacji uzyska współrzędne (x, y) ,

$\phi_{l, j}$ - parametry deformacji

$\beta_0 - \beta_3$ - wielomiany trzeciego stopnia **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

Współczynnik korelacji definiujemy:

$$CC(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} - \bar{A}) \cdot (B_{ij} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} - \bar{A})^2 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (B_{ij} - \bar{B})^2 \right)}} \quad (2)$$

gdzie:

A, B – macierze R^2 o tych samych wymiarach,

\bar{A}, \bar{B} – wartość średnia elementów macierzy.

N, M – wymiary obrazu

Następnie ta sama transformacja wykorzystywana jest do przekształcenia zbioru etykiet tkanek mózgowych. W wyniku tego procesu przekształcony zbiór etykiet opisuje tkanki widoczne na zobrażowaniu CT z badania dpCT. Jeżeli przy pomocy atlasu mózgu opiszemy wybrane zobrażowanie CT ze zbioru zobrażeń, które zostało użyte do wygenerowania map perfuzji to otrzymany zbiór etykiet będzie opisywał również mapy CBF i CBV. Jest tak, ponieważ położenie wszystkich tkanek na mapach CBF

i CBV jest identyczne jak na wybranym zobrazowaniu CT z badania dpCT.

Po wykonaniu niezbędnych transformacji można przeprowadzić etap analizy obrazów. Obliczenie istotnych z medycznego punktu widzenia parametrów perfuzji mózgowej jest zadaniem dość prostym. Bezpośrednio z mapy perfuzji odczytywane są:

- Wartość perfuzji w ROI w lewej i prawej półkuli mózgowej
- Wartość perfuzji względnej rCBF i rCBV (wartość perfuzji w ROI w lewej półkuli dzielona przez wartość perfuzji w ROI w prawej półkuli i wartość perfuzji w ROI w prawej półkuli dzielona przez wartość perfuzji w ROI w lewej półkuli)
- Rozmiary ROI.

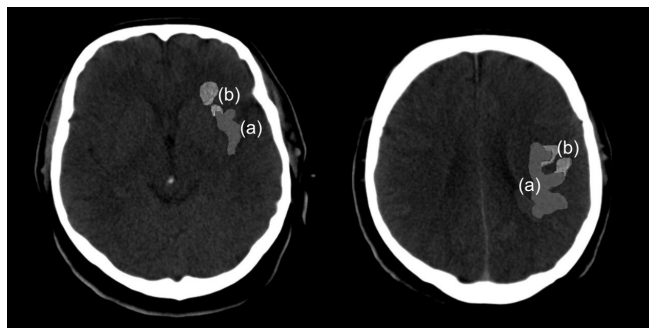
Parametry skalujące wymiary mapy perfuzji (np. jakiej jednostce odległości odpowiada 1 piksel mapy) mogą zostać odczytane bezpośrednio z nagłówka formatu DICOM, w którym zapisane są zobrazowania.

3. Rozpoznawanie obrazów

Na etapie rozpoznawania obrazów algorytm ocenia typ zmiany chorobowej, oraz w której półkuli mózgowej została ona wykryta. W celu przeprowadzenia tego procesu konieczne jest zgromadzenie wiedzy medycznej na temat prawidłowych wartości parametrów perfuzji. Takie informacje mogą zostać znalezione w wielu publikacjach medycznych (np. [7, 9, 10]). W wyniku etapu przetwarzania obrazu otrzymane zostały symetryczne regiony asymetrii w lewej i prawej półkuli mózgowia. Algorytm rozpoznawania obrazów proponowany przez autorów tej publikacji porównuje perfuzję w lewym i prawym (symetrycznym) ROI z prawidłową wartością perfuzji wyznaczoną przez badania medyczne. Obszar patologiczny znajduje się w tej półkuli, dla której moduł różnicy pomiędzy wartością prawidłową a wyliczoną w ROI jest większy. Typ zmiany chorobowej (niedokrwienność / krwotoczna) oceniany jest przez sprawdzenie, czy perfuzja w wybranym ROI jest mniejsza lub większa od wartości prawidłowej.

4. Rozumienie obrazu

Ostatnim etapem procesu diagnozy dpCT jest etap komputerowego "rozumienia" wykrytych w poprzednich krokach symptomów. Zobrazowania CBF i CBV mają znaczenie prognostyczne w procesie oceny rozwoju zmian niedokrwienności. W wielu przypadkach jednoczesna analiza CBF i CBV pozwala na lokalizację tkanek zagrożonych dalszym rozwojem choroby, dzięki czemu mogą one stać się celem leczenia farmakologicznego.



Rys. 3. Przykładowa wizualizacja prognozy dla tkanek mózgowych, czerwony obszar (a) oznacza tkanki, które zostaną uszkodzone, niebieski (b) - tkanki, w których zostały uruchomione mechanizmy autoregulacji perfuzji

Fig. 3. Exemplary visualization of prognosis for brain tissues, red region (a) - tissues that eventually become infarcted, blue region (b) - tissues with autoregulation mechanism in ischemic region

Algorytm rozumienia obrazu analizuje jednocześnie mapy CBF i CBV i klasyfikuje każdą grupę tkanek objętych anomaliami perfuzji do jednej z trzech grup (zgodnie z [10, 11, 12]):

- Tkanki, które mogą zostać wyleczone (zmiany chorobowe w tkankach widoczne są zarówno na mapie CBF i CBV, natomiast wartość względnej perfuzji rCBF nie spadła poniżej war-

tości krytycznej)

- Tkanki, które zostaną uszkodzone (zmiany chorobowe w tkankach widoczne są zarówno na mapie CBF i CBV, wartość względnej perfuzji rCBF spadła poniżej wartości krytycznej)
- Tkanki, w których zostały uruchomione mechanizmy autoregulacji perfuzji (spadek wartości CBF przy prawidłowej lub podwyższonej wartości CBV).

Przykładowa wizualizacja prognozy dla tkanek mózgowych przedstawiona jest na rys. 3. Potencjalne obszary zmian chorobowych uzyskanych z badania dpCT zostały nałożone na zobrazowanie CT.

5. Podsumowanie

Na podstawie zaprezentowanego w tej pracy algorytmu opracowano system wspomagający diagnozę medyczną, który został przetestowany na zbiorze rzeczywistych danych medycznych. Rozmiar zbioru testowego obejmował 75 zestawów zobrazowań pochodzących od 30 różnych pacjentów (w zbiorze tym znajdowały się zarówno zobrazowania pacjentów, u których zdiagnozowano zmiany perfuzyjne o różnym stopniu nasilenia, jak i pacjenci z prawidłowymi wartościami perfuzji). W 77,3% przypadkach opis zdjęcia wygenerowany przez algorytm autorów był taki sam jak opis sporządzony przez lekarza radiologii.

Główną przyczyną błędów było nieprawidłowe działanie algorytmu wykrywającego asymetrię pomiędzy półkulami. Liczba błędnie rozpoznanych przypadków może zostać zmniejszona poprzez dodanie do algorytmu wykrywającego asymetrię dodatkowych parametrów adaptacyjnych (np. uzależniających minimalną wielkość wykrywanych asymetrii od objętości całego mózgowia, lub wartości parametru progowania przy ocenie względnej różnicy perfuzji od średniej wartości perfuzji całego mózgowia).

Autorzy tego artykułu zaprezentowali nowoczesne podejście do problemu komputerowego wspomagania detekcji zmian chorobowych perfuzji mózgowej. Połączenie algorytmów przetwarzania, analizy, rozpoznawania obrazów oraz medycznej wiedzy pozwala na przeprowadzenie kognitywnego rozumowania [13], w wyniku którego możliwe jest automatyczne uzyskanie opisu zobrazowania oraz interpretacji znaczenia występujących na nim obiektów, w podobny sposób do tego w jaki dokonuje tego lekarz - diagnosta.

Dalsze badania autorów poświęcone będą rozszerzeniu funkcjonalności prezentowanego algorytmu o kolejne moduły diagnostyczne. Planuje się dodanie możliwości zestawienia patologicznych zmian występujących na zobrazowaniach MR / CT ze zmianami wykrytymi na mapach dpCT (jest to ważny czynnik brany pod uwagę podczas prognozowania ewolucji zmian chorobowych). Kolejnym ważnym etapem będzie rozszerzenie możliwości diagnostycznych systemu poprzez dodanie dodatkowego atlasu mózgu, który pozwoli na zróżnicowanie tkanek w zależności od tętnicy, która dostarcza do nich krew (ang. bloody supply territories atlas (BST) [14]). Całość zaprezentowanych rozwiązań będzie mogła następnie być wykorzystana przy tworzeniu inteligentnych systemów kognitywnej analizy zobrazowań diagnostycznych typu UMias [15].

6. Literatura

- [1] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R.: Modern Computational Intelligence Methods for the Interpretation of Medical Images, Studies in Computational Intelligence, Vol. 84, Springer 2008.
- [2] Zierler K. L.: Equations for measuring blood flow by external monitoring of radioisotopes, Circ Res 1965;16:309-21.
- [3] Hachaj T.: An algorithm for detecting lesions in CBF and CBV perfusion maps, Bio-Algorithms and Med-Systems, Collegium Medicum - Jagiellonian University Vol. 7, Collegium Medicum - Jagiellonian University, 2008; 35 - 41.
- [4] Hachaj T.: The unified algorithm for detection potential lesions in dynamic perfusion maps CBF, CBV and TTP, Journal of Medical Informatics & Technologies, Vol. 12, 2008; 117 - 122.

- [5] Thompson P., Mega M., Narr K., Sowell E., Blanton R., Toga A.: Brain image analysis and atlas construction, Handbook of Medical Imaging chapter 17. SPIE. 2000; 1066 – 1119.
- [6] Hachaj T.: The registration and atlas construction of noisy brain computer tomography images based on free form deformation technique, Bio-Algorithms and Med-Systems, Vol. 7, Collegium Medicum - Jagiellonian University, 2008; 43 – 50.
- [7] Eastwood J. D. et al.: CT perfusion scanning with deconvolution analysis: pilot study in patients with acute middle cerebral artery stroke., Radiology 2002;222(1):227-36.
- [8] Parraga A. et al.: Non-rigid registration methods assessment of 3D CT images for head-neck radiotherapy, Proceedings of SPIE Medical Imaging, February, 2007.
- [9] Latchaw R. E., Yonas H., Hunter G. J.: Guidelines and recommendations for perfusion imaging in cerebral ischemia: a scientific statement for healthcare professionals by the writing group on perfusion imaging, from the Council on Cardiovascular Radiology of the American Heart Association, Stroke, 2003; 34: 1084–1104.
- [10] Koenig M., Klotz E., Heuser L.: Perfusion CT in acute stroke: characterization of cerebral ischemia using parameter images of cerebral blood flow and their therapeutic relevance. Clinical experiences, Electromedica 1998;66:61–67.
- [11] Sasaki M. et al.: Procedure Guidelines for CT/MR Perfusion Imaging 2006, Joint Committee for the Procedure Guidelines for CT/MR Perfusion Imaging, <http://mr-proj2.umin.jp/data/guidelineCtpMrp2006-e.pdf>
- [12] Lev M. H. et al.: Utility of Perfusion-Weighted CT Imaging in Acute Middle Cerebral Artery Stroke Treated With Intra-Arterial Thrombolysis: Prediction of Final Infarct Volume and Clinical Outcome, Stroke. 2001;32:2021.
- [13] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: Medical Image Understanding Technology, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2004.
- [14] Duvernoy H. M., Bourgouin P., Vannson J. L.: The Human Brain: Surface, Three-dimensional Sectional Anatomy with MRI, and Blood Supply, Springer, 1999.
- [15] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R.: Nowe klasy inteligentnych systemów interpretacji danych obrazowych. Systemy UBIAS, PAK-Pomiary, Automatyka, Kontrola, Vol. 56, No 2, 2010; 193-196.

otrzymano / received: 24.02.2010

przyjęto do druku / accepted: 12.04.2010

artykuł recenzowany

INFORMACJE



CONTROL-TECH

XII Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej

28-30.09.2010, Kielce

Zakres branżowy targów:

1. Pomiary długości i kąta
2. Przyrządy pomiarowe
3. Maszyny pomiarowe
4. Urządzenia pomiarowe specjalnego zastosowania
5. Elementy do urządzeń pomiarowych i badawczych
6. Badanie materiału
7. Aparatura do prób nieniszczących
8. Aparatura analityczna
9. Przyrządy do pomiaru wytrzymałości
10. Aparatura do określania innych wielkości fizycznych
11. Inne urządzenia
12. Oprogramowanie do komputerowego wspomaganie zapewnienia jakości
13. Analiza obrazu oraz systemy przetwarzania obrazu
14. Systemy optyczno-elektroniczne
15. Organizacje/ wydawnictwa/ usługi

Ceny promocyjne do 10 czerwca 2010

Patronat medialny:

Elektronik
MAGAZYN ELEKTRONIKI PROFESJONALNEJ
apa **automatyka**
podzespoły aplikacje
ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA


Targi Kielce, ul. Zakładowa 1, 25-672 Kielce
 Menedżer Targów - **Joanna Adamczyk**, tel. 41 365 12 14, fax 41 365 13 13,
 e-mail: adamczyk.j@targikielce.pl

TargiKielce
EXHIBITION & CONFERENCE CENTRE
www.control-tech.pl