

Mirosław TRZUPEK, Marek R. OGIELA, Ryszard TADEUSIEWICZ

AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA w KRAKOWIE, KATEDRA AUTOMATYKI
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Formalizmy lingwistyki matematycznej w komputerowym wspomaganie detekcji zmian chorobowych unaczynienia wieńcowego

Mgr inż. Mirosław TRZUPEK

Pracownik w Katedrze Automatyki Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie na stanowisku Asystenta, rozwijający badania nad systemami automatycznej analizy i rozumienia obrazów, inteligentnymi systemami informacyjnymi, lingwistyką matematyczną i sztuczną inteligencją. Od roku 2004 absolwent Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH.



e-mail: mtrzupek@agh.edu.pl

Prof. dr hab. inż. Ryszard TADEUSIEWICZ

Absolwent AGH informatyk, automatyk, biocybernetyk. Obecnie Kierownik Katedry Automatyki, uprzednio: Rektor AGH. Członek korespondent PAN oraz PAU a także członek zagraniczny Rosyjskiej AN Przyrodniczych, członek tytułowy Europejskiej Akademii Nauk, Sztuk i Literatury (Paryż) oraz członek Światowej Akademii Nauk i Umiejętności (San Francisco). Doktor Honoris Causa 12 uczelni wyższych. Autor ponad 1000 prac w tym ponad 70 książek. Pełne dane: <http://www.Tadeusiewicz.pl>.



e-mail: rtad@agh.edu.pl

Prof. dr hab. Marek R. OGIELA

Profesor zwyczajny na Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie. Prowadzi badania nad kognitywnymi systemami informacyjnymi nowej generacji, a także kryptografią i podziałem sekretów. Jest członkiem wielu renomowanych towarzystw naukowych, a także autorem ponad 200 publikacji o zasięgu międzynarodowym.



e-mail: mogliela@agh.edu.pl

The obtained results confirm the importance of the proposed methods in the diagnosis of coronary heart disease.

Keywords: intelligent medical image processing and understanding, spatial modelling of coronary vessels, computer-aided diagnosis.

1. Wprowadzenie

Choroby serca i układu krążenia stanowią jedno z najpoważniejszych i najczęściej występujących zagrożeń dla współczesnego społeczeństwa. Corocznie z tego powodu umierają nie tylko osoby starsze, ale również osoby w wieku średnim, najczęściej na skutek zawału serca, choroby wieńcowej, czy też tzw. udarów mózgu [1]. Na przestrzeni ostatnich lat nastąpił znaczący rozwój stereowizji oraz algorytmów przestrzennej wizualizacji i rekonstrukcji obiektów trójwymiarowych [2, 3]. Możliwe stało się nie tylko wierno odwzorowanie przestrzenne struktur danego narządu, ale również dokładna obserwacja jego morfologii. Takie nowoczesne techniki wizualizacyjne są obecnie stosowane praktycznie we wszystkich rodzajach diagnostyki obrazowej, jak również w wielu innych zadaniach medycznych. Pomimo ogromnego postępu w zakresie aparatury pozwalającej uzyskiwać wielorakie zobrażenia naczyń wieńcowych w tym w szczególności ich trójwymiarowe rekonstrukcje, postęp w zakresie automatycznej analizy znaczeniowej tych obrazów jest bardzo ograniczony i większość badań dokonywana jest wciąż w sposób manualny przez operatora lub diagnostę. Diagnosta jest wspomagany przez narzędzia informatyczne opracowane w celu polepszenia możliwości wzrokowej oceny danego przypadku i ich działanie należy uznać za zadowalające. Nie są natomiast dostępne podobne narzędzia informatyczne, które mogłyby zostać wykorzystane w procesie automatycznego wspomagania procesów intelektualnych prowadzonych przez lekarza podczas analizy obrazu i jego interpretacji. Jest to spowodowane głównie szeregiem nierozwiązanych nadal problemów naukowych oraz technicznych jakie napotykają twórcy inteligentnych systemów diagnostycznych, co jest szczególnie widoczne w przypadku zobrażeń diagnostyki medycznej. Oczywiście celem zaproponowanych rozwiązań nie jest eliminacja lekarza z procesu diagnostycznego lecz dostarczenie dodatkowych ważnych informacji, które mogą podnieść jakość i skuteczność podejmowanych decyzji terapeutycznych. Ponadto zaproponowane metody mogą ułatwić interpretację szczególnie skomplikowanych i nietypowych przypadków, w których wiedza lekarza wraz z jego doświadczeniem mogą okazać się niewystarczające dla sformułowania poprawnej diagnozy i opracowania dalszej strategii leczenia, a także pozwolić na skuteczniejsze odróżnianie przypadków oczywistych od takich, które wymagają dokładniejszego rozpatrzenia. Podejście takie może być również wykorzystywane do realizacji zadań kontekstowego i semantycznego wyszukiwania w bazach danych medycznych przestrzennych modeli ukazujących zmiany patologiczne tętnic wieńcowych – w sensie znaczeniowym

Streszczenie

W artykule zaprezentowano nowe podejście do automatycznego rozumienia obrazów medycznych na przykładzie zobrażeń unaczynienia wieńcowego uzyskiwanych w trakcie badań spiralną tomografią komputerową (CT). W szczególności przedstawiono próby wykorzystania lingwistycznych metod strukturalnej analizy obrazów w postaci algorytmów grafowych, wykorzystywanych do tworzenia systemów wspomagania diagnostyki medycznej, a także kognitywnej analizy i rozumienia zobrażeń medycznych tętnic wieńcowych serca. Uzyskane wyniki potwierdzają duże znaczenie zaproponowanych rozwiązań w diagnostyce choroby niedokrwiennej serca.

Słowa kluczowe: inteligentna analiza i rozumienie obrazów medycznych, przestrzenne modelowanie unaczynienia wieńcowego, komputerowe wspomaganie diagnostyki medycznej.

Mathematical linguistic in computer aided detection of pathological changes in coronary vessels

Abstract

The paper presents a novel approach to analysis of CT (computed tomography) coronary artery images based on automatic image understanding paradigm. In particular there will be presented attempts at using linguistic methods of structural image analysis in the form of graph algorithms to develop a new type of systems for the cognitive analysis and understanding of images. Such methodology will be described on an example of detection of pathological changes in coronary arteries of the heart. The problem undertaken is important because the identification and location of significant stenoses in coronary vessels is a widespread practical task. The first section describes the current state of computer-assisted therapeutic decisions taken by the doctors. The second section shows the difficulties faced by developers of systems supporting the work of diagnosing physicians. The third section describes in detail the next steps in modeling and then searching for lesions in coronary arteries (Fig. 2). The fourth section presents analysis of the effectiveness of the proposed solutions which in the set of imaging data reached about 85%. The summary presents the advantages of this technique, in particular graph languages for describing shape features that can effectively be used for modeling and semantic descriptions of occurring pathological changes.

(tj. istoty patologii i wymaganej terapii), które są analogiczne do aktualnie rozpatrywanego przypadku (choć z punktu widzenia geometrycznego podobieństwa obrazy takie mogą charakteryzować się bardzo małym podobieństwem).

2. Problem analizy i rozumienia zobrażeń medycznych

Jedną z głównych trudności pojawiających się w tworzeniu uniwersalnych i inteligentnych systemów medycznej diagnostyki obrazowej, jest ogromna różnorodność form obrazów zarówno prawidłowych jak i patologicznie zmienionych, które trzeba brać pod uwagę przy wspomaganiu pracy lekarzy dokonujących ich interpretacji. Z tego też względu konieczne jest uniezależnienie zadania analizy od orientacji i położenia badanej struktury w obrazie. Dodatkowo u wszystkich ludzi zdrowych, narządy czy organy wewnętrzne są zbudowane w sposób indywidualny, każdy z nich jest nieco odmienny i wobec tego trudno jest jednoznacznie i precyzyjnie określić jak powinien wyglądać określony narząd, gdyż może on wyglądać różnorodnie i być prawidłowym (czyli mieścić się w tzw. formach fizjologicznych). Co więcej wskazana różnorodność form morfologicznych powoduje trudności w zdefiniowaniu pojedynczego uniwersalnego wzorca, określającego modelowy kształt zdrowego, czy też patologicznie zmienionego narządu. Wszystko to sprawia, że próby przeprowadzenia skutecznej oceny stanu morfologii przy użyciu programów komputerowych są bardzo skomplikowane, a niejednokrotnie wręcz niemożliwe do przeprowadzenia ze względu na zbyt dużą liczbę przypadków, które należałoby przeanalizować, aby móc całkowicie jednoznacznie określić stan badanej struktury. Również klasyczne metody rozpoznawania (tj. prostej klasyfikacji) obrazów [4] w przypadku ich zastosowania do zadań wspomagania diagnostyki medycznej nie zawsze prowadzą do zadowalających rezultatów w postaci przeprowadzenia całościowej analizy, pełnego rozpoznania i finalnej interpretacji poszukiwanych symptomów chorobowych. Konieczne zatem staje się wprowadzenie nieco bardziej zaawansowanego mechanizmu wnioskowania, ukierunkowanego na rozpoznawanie zmian wraz z ich interpretacją znaczeniową. Na tym polu, jak pokazują prowadzone przez autorów badania z powodzeniem można wykorzystać formalizmy lingwistyki matematycznej, a w szczególności grafowe gramatyki obrazowe.

3. Metodyka badań

W prowadzonych badaniach wykorzystane zostały obrazy, pochodzące z badań diagnostycznych z użyciem 64-warstwowej spiralnej tomografii komputerowej, w postaci animacji zapisanych w plikach AVI (MPEG4) w formacie 512x512 pikseli. Analizowane obrazy pozyskiwane były z tomografu typu SOMATOM [5], które to urządzenie posiada szereg możliwości związanych z akwizycją danych oraz tworzeniem rekonstrukcji przestrzennych. Wyekstrahowanie tętnic wieńcowych wykonywane było z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania, zintegrowanego z tomografem, dlatego w badaniach pominięto ten etap. Ponieważ dane obrazowe zapisane zostały w postaci animacji, zatem do dalszej analizy konieczne było wybranie odpowiedniej projekcji uwidaczniającej naczynia wieńcowe w sposób umożliwiający ocenę ich morfologii. W tym też celu podjęto próby zautomatyzowania procedury poszukiwania takiej projekcji, poprzez zastosowanie wybranych przekształceń geometrycznych na etapie przetwarzania obrazu. Dla każdej kolejnej klatki animacji wyliczono wartości poziomych średnic Fereta [6], które stanowią miarę poziomych rzutów analizowanego drzewa tętnic wieńcowych na oś OX. Wyznaczenie tych wartości nie stanowiło problemu i polegało na obliczeniu różnicy pomiędzy maksymalną, a minimalną współrzędną na osi odciętych wszystkich punktów należących do rzutu analizowanego obrazu. Do dalszej analizy wybierano projekcję, dla której pozioma średnica Fereta miała największą wartość, gdyż wizualizacja taka przedstawiała rów-

no prawą jak i lewą tętnicę wieńcową z największą liczbą uwidocznionych elementów obrazu. Wstępne badania wykazały, że wykonanie nawet takich nieskomplikowanych operacji, może z powodzeniem być wykorzystane do poszukiwania odpowiedniej projekcji, która będzie poddawana dalszej analizie.

Aby umożliwić stworzenie lingwistycznej reprezentacji [7] tętnic wieńcowych, zobrażenia przedstawiające badane struktury zostały następnie poddane operacji szkieletyzacji za pomocą algorytmu Pavlidisa [8] (pozostawia on najmniejszą liczbę pozornych odgałęzień bocznych w szkielecie). W ten właśnie sposób otrzymano linię środkową badanych tętnic (linia szkieletu), która to linia jest równoodległa od zewnętrznych krawędzi naczyń oraz posiada jednostkową szerokość (rys. 1). Uzyskano w ten sposób szkielet danej tętnicy, który w reprezentacji maszynowej zajmuje znacznie mniej pamięci od reprezentacji całej struktury, ale w pełni odzwierciedla jej topologiczne własności. Otrzymaną w wyniku szkieletyzacji linię środkową analizowanych naczyń poddano następnie operacji wyszukiwania punktów informatywnych, tj. punktów rozgałęzień oraz początkowych i końcowych punktów szkieletowych. Punkty takie wyznaczają początki i końce odpowiednich odcinków tętnic wieńcowych i będą stanowiły wierzchołki grafu modelującego strukturę przestrzenną naczyń wieńcowych. Kolejnym krokiem analizy jest operacja etykietowania, polegająca na przyporządkowaniu każdemu ze zlokalizowanych punktów informatywnych odpowiedniej etykiety ze zbioru etykiet wierzchołkowych (np. w postaci skrótów anglojęzycznych nazw tętnic występujących w unaczynieniu wieńcowym). Etykiety takie pozwalają w sposób jednoznaczny zidentyfikować poszczególne tętnice wieńcowe wchodzące w skład badanej struktury. W ten sposób wyznaczono i odpowiednio zaetykietowano wszystkie punkty początkowe oraz końcowe naczyń wieńcowych oraz wszystkie punkty odgałęzień lub przejścia naczyń głównych w naczynia niższego rzędu. Po takiej operacji, drzewo unaczynienia wieńcowego zostało podzielone na odcinki, które stanowiły krawędzie grafu modelującego badane tętnice wieńcowe. Etykiety krawędziowe reprezentujące wzajemne relacje przestrzenne pomiędzy składowymi pierwotnymi (poszczególnymi tętnicami), zostały wyznaczone w ten sposób, że wprowadzono odpowiednie relacje przestrzenne – pionowe - definiowane zbiorem etykiet $\{\alpha, \beta, \dots, \mu\}$ oraz poziome - definiowane zbiorem etykiet $\{1, 2, \dots, 24\}$ na hipotetycznej sferze otaczającej mięsień sercowy. Etykiety te wyznaczały przedziały o rozpiętości kątowej 15° . Następnie w zależności od położenia, krawędziowe etykiety terminalne zostały przyporządkowane każdemu z odgałęzień, które wyznaczane było przez początki i końce odpowiednich odcinków tętnic wieńcowych. Przedstawiona metodologia nawiązuje do sposobu określania położenia punktu na powierzchni naszej planety w układzie współrzędnych geograficznych, gdzie podobne odwzorowanie kartograficzne stosowane jest przy tworzeniu map topograficznych. W ten sposób otrzymano wygodny i jednoznaczny opis wszystkich elementów struktury naczyniowej. Reprezentacja taka została odpowiednio sformalizowana za pomocą gramatyki grafowej G klasy ETPL(k) (Embedding Transformation-preserved Production-ordered k-Left nodes unambiguous) [9, 10]. Gramatyka G generuje język L(G) w postaci grafów IE (indexed edge-unambiguous) [9, 10], które to grafy wykorzystano do opisu i modelowania przestrzennych struktur tętnic wieńcowych. Poniżej zostanie przytoczona formalna definicja grafu IE.

Def. Grafem IE (indexed edge-unambiguous) [9, 10] nazywamy strukturę zdefiniowaną w następujący sposób

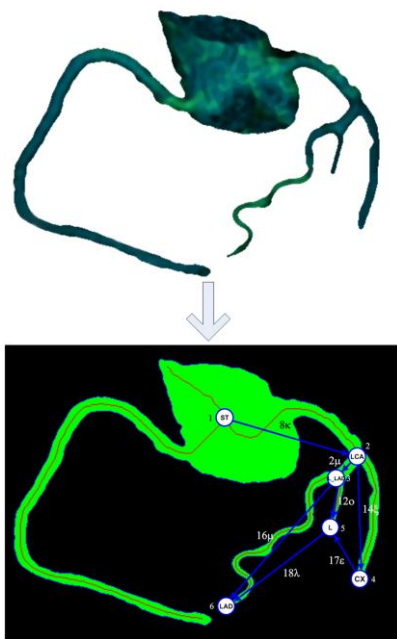
$$H = (V, E, \Sigma, \Gamma, \varphi) \quad (1)$$

gdzie:

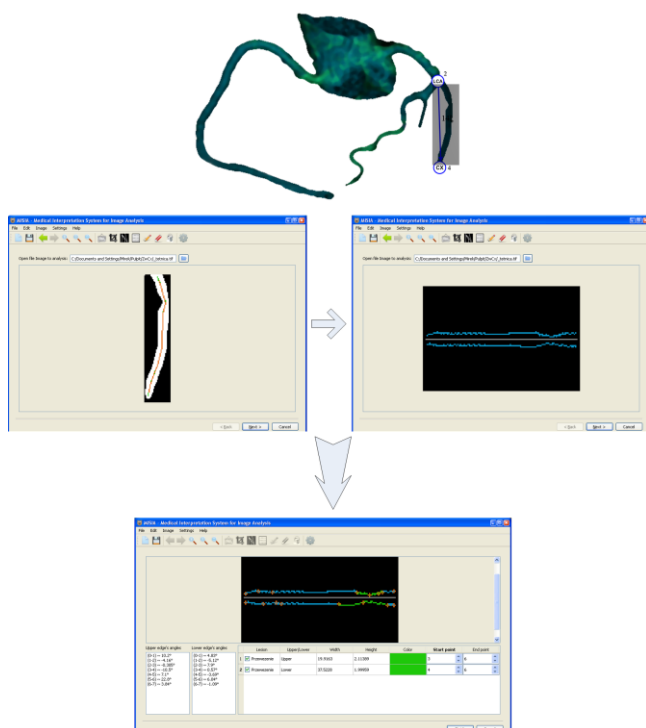
- V – skończony, niepusty zbiór wierzchołków grafu, którym zostały przypisane w sposób jednoznaczny indeksy
- Σ – skończony, niepusty zbiór etykiet wierzchołkowych
- Γ – skończony, niepusty zbiór etykiet krawędziowych

E – zbiór krawędzi grafu postaci (v, λ, w) , gdzie $v, w \in V$,
 $\lambda \in \Gamma$ i indeks v jest mniejszy niż indeks w
 $\varphi: V \rightarrow \Sigma$ – funkcja etykietowania wierzchołków

Po zastosowaniu opisanej metodologii otrzymywany jest grafowy model tętnic wieńcowych, reprezentujący przestrzenną rekonstrukcję unaczynienia wieńcowego na obrazach pochodzących z badań tomograficznych (rys. 1).



Rys. 1. Reprezentacja lewej tętnicy wieńcowej za pomocą IE grafu
 Fig. 1. Representation of the left coronary artery using IE graph



Rys. 2. Kolejne etapy analizy i rozpoznawania występujących zmian patologicznych na przykładzie lewej tętnicy wieńcowej
 Fig. 2. Stages of analysis and recognition of pathological changes, existing in the example left coronary artery

Rozpoznawanie miejsc występujących patologii w drzewie tętnic wieńcowych dokonywane jest w trakcie analizy składniowej badanych reprezentacji grafowych i wykorzystuje teoretyczne aspekty parsingu gramatyk grafowych klasy ETPL(k) opisane w pracach [9, 10, 11]. Pełna interpretacja badanych obrazów oprócz wykrycia miejsc przewężeń naczyń wieńcowych za pomocą gramatyk grafowych obejmuje również analizę morfologii wykrytych zmian przeprowadzoną za pomocą bezkontekstowych gramatyk ciągowych zaproponowanych przez autorów we wcześniejszych pracach do wykrywania zmian patologicznych w planarnych obrazach koronarograficznych [12]. Ogólna metodologia takiej analizy została zaprezentowana na rys. 2.

4. Otrzymane rezultaty

W celu określenia skuteczności funkcjonowania zaproponowanych metod, wykorzystano zbiór danych testowych w postaci wizualizacji otrzymanych w trakcie badań diagnostycznych z użyciem 64-warstwowej spiralnej tomografii komputerowej. Zbiór ten obejmował kilkanaście rekonstrukcji unaczynienia wieńcowego, otrzymanych w trakcie badań diagnostycznych dla różnych pacjentów, u których występowała w różnym stopniu zaawansowana choroba wieńcowa. W skład danych testowych wchodziły także wizualizacje, które były wcześniej wykorzystane podczas konstrukcji gramatyki oraz analizatora syntaktycznego. Aby jednak nie poddawać analizie identycznych zobrazowań, wykorzystano te same sekwencje, z tym że wybrano do analizy projekcje o kolejnych numerach, przesunięte o kilka klatek w porównaniu z projekcjami wykorzystywanymi przy konstrukcji zbioru reguł gramatyki. Powyższy zbiór danych obrazowych został wykorzystany do określenia procentowej skuteczności prawidłowego rozpoznania występujących przewężeń, przy wykorzystaniu zaproponowanej metodologii. Rozpoznanie polegało na określeniu miejsc występowania przewężeń, ich liczby, stopnia, a także rodzaju (koncentryczne lub ekscentryczne). Na eksperymentalnie przetestowanych danych badawczych, skuteczność prawidłowych rozpoznań wyniosła 85%. Wartość ta określa procentowy stosunek liczby zobrazowań na których poprawnie zlokalizowano, zmierzono i odpowiednio zinterpretowano występujące przewężenia w stosunku do liczby wszystkich badanych obrazów, jakie znajdowały się w zbiorze danych doświadczalnych. Aby ocenić prawidłowość wyznaczonej wielkości przewężenia, wykorzystano wartości porównawcze otrzymane z programu syngo Vessel View, wchodzącego w skład pakietu HeartView CI [5]. Program ten jest używany na co dzień w praktyce klinicznej, wykorzystującej do badań tomograf SOMATOM Sensation Cardiac 64. Natomiast, aby potwierdzić lub zanegować poprawność określenia rodzaju występującego przewężenia (koncentryczne lub ekscentryczne), zdecydowano się na wizualną ocenę, ponieważ wspomniane programy nie posiadały zaimplementowanej takiej operacji. Z uwagi na niewielki, tj. kilkunastoelementowy zbiór danych testowych, osiągnięte wyniki są bardzo obiecujące, a otrzymana wysoka skuteczność jest wynikiem dużych własności uogólniających wykorzystanych formalizmów. Dalsze badania będą koncentrować się na usprawnieniu zaproponowanych metod oraz wykorzystaniu przedstawionej metodologii na liczniejszym zbiorze danych obrazowych, co może pozwolić na podniesienie skuteczności prawidłowych rozpoznań, a w przyszłości na standaryzację przedstawionej metodologii. Dzięki temu możliwa będzie implementacja zaproponowanych rozwiązań np. w postaci modułu wspomagającego podejmowanie decyzji przez lekarza w systemach diagnostyki medycznej.

5. Podsumowanie

Uzyskane w trakcie prowadzonych badań rezultaty pokazały, że grafowe języki obrazowe zastosowane do opisu cech kształtów mogą skutecznie być wykorzystywane do tworzenia opisów przestrzennych rekonstrukcji unaczynienia wieńcowego, a także do tworzenia semantycznych opisów znaczeniowych występujących

w nich zmian chorobowych. Formalizmy takie z uwagi na dużą moc opisową (charakterystyczną zwłaszcza dla gramatyk grafowych) pozwalają tworzyć modele badanych naczyń, których morfologia nie wykazuje żadnych zmian, ale również i naczyń dotkniętych widocznymi zmianami świadczącymi o początkach lub dalszych stadiach choroby niedokrwiennej serca. Dzięki wprowadzeniu odpowiednich relacji przestrzennych w rekonstrukcji unaczynienia wieńcowego, możliwe jest odtwarzanie ich biologicznej roli w rozprowadzaniu krwi w całym systemie krążenia wieńcowego, co pozwala również na lokalizowanie oraz określanie stopnia zaawansowania zmian o charakterze patologicznym. Wszystko to składa się na proces automatycznego rozumienia badanej struktury trójwymiarowej i w ten sposób możemy dostarczyć lekarzowi znacznie więcej i znacznie cenniejszych przesłańek dla jego decyzji terapeutycznych.

Niniejsza praca powstała w wyniku badań prowadzonych w ramach projektu numer N N516 478940, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

6. Literatura

- [1] Yusuf S., Reddy S., Ounpuu S., Anand S.: Global burden of cardiovascular diseases, Part I. General considerations, the epidemiologic transition, risk factors, and impact of urbanization. *Circulation*;104: 2746-2753, 2001.
- [2] Lewandowski P., Tomczyk A., Szczepaniak P.S.: Visualization of 3-D Objects in Medicine - Selected Technical Aspects for Physicians. *Journal of Medical Informatics and Technologies*, 11, 59-67, 2007.
- [3] Sonka M., Fitzpatrick J.M.: *Handbook of Medical Imaging - Volume 2. Medical Image Processing and Analysis*, SPIE, Bellingham, Washington, 2004.
- [4] Meyer-Baese A.: *Pattern Recognition in Medical Imaging*. Elsevier-Academic Press, 2003.
- [5] Get the Entire Picture, SOMATOM Sensation Cardiac 64 Brochure. Siemens medical, 2004.
- [6] Tadeusiewicz R., Korohoda P.: *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków, 1997.
- [7] Tanaka E.: Theoretical aspects of syntactic pattern recognition. *Pattern Recognition* 28, 1053-1061, 1995.
- [8] Pavlidis T.: *Algorithms for graphics and image processing*. Rockville, Computer Science Press, 1982.
- [9] Tadeusiewicz R., Flasiński M.: *Rozpoznawanie obrazów*. PWN, Warszawa, 1991.
- [10] Skomorowski M.: *A Syntactic-Statistical Approach to Recognition of Distorted Patterns*. Jagiellonian University, Krakow, 2000.
- [11] Flasiński M.: On the parsing of deterministic graph languages for syntactic pattern recognition. *Pattern Recognition*, 26, 1-16, 1993.
- [12] Tadeusiewicz R., Ogiela M.R.: *Medical Image Understanding Technology*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2004.

otrzymano / received: 19.04.2011

przyjęto do druku / accepted: 03.01.2012

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Szanowni Autorzy artykułów publikowanych w PAK,

W trosce o jak najwyższy poziom punktacji miesięcznika PAK zwracam się z prośbą o cytowanie artykułów opublikowanych w PAK w innych artykułach, zwłaszcza tych publikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej. Ma to bezpośredni wpływ na współczynnik IF (Impact Factor) miesięcznika PAK.

W algorytmach oceny czasopism współczynnik IF ma największą wagę. Na zwiększenie wartości współczynnika IF redakcja czasopisma nie ma żadnego wpływu, ale wszystko zależy od Autorów cytujących. W przypadku miesięcznika PAK aktualnie każde cytowanie zwiększa IF o około 0,002. Oczywiście cytowanie artykułu tylko wtedy jest uzasadnione, jeżeli jest on tematycznie związany z artykułem cytującym, a autor korzystał z niego przy przygotowaniu pracy.

Aby ułatwić Autorom korzystanie z artykułów opublikowanych w PAK (a także możliwość cytowania) została opracowana przez redakcję PAK „Wyszukiwarka”, umożliwiająca wyszukiwanie artykułów według nazwiska autora, słowa tytułu artykułu, albo frazy kluczowej.

Aby skorzystać z „Wyszukiwarki” należy:

- wejść na stronę: www.pak.info.pl
- w menu „Wyszukiwarka” (po lewej stronie ekranu) wybrać „Artykuły”.

Strona zawiera również szereg innych łatwo dostępnych funkcjonalności, m.in. wykazy artykułów opublikowanych w PAK, a cytowanych w artykułach opublikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej.

Zdaję sobie sprawę, że redakcje niektórych czasopism usuwają cytowania artykułów publikowanych w czasopismach spoza listy filadelfijskiej, np. argumentując, że są one mało dostępne. Taka argumentacja będzie mniej uzasadniona, jeżeli tytuł naszego miesięcznika oraz tytuły artykułów będą podane w cytowaniach w języku angielskim. Proszę zauważyć, że oficjalny tytuł anglojęzyczny miesięcznika PAK (występujący na okładce) ma formę: Measurement, Automation and Monitoring (MA&M), a wszystkie artykuły naukowe publikowane w PAK są napisane albo w języku angielskim, albo mają rozszerzone abstrakty w tym języku.

Tadeusz SKUBIS
Redaktor naczelny Wydawnictwa PAK