

Marek R. OGIELA, Ryszard TADEUSIEWICZ
 AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, KATEDRA AUTOMATYKI

Nowe klasy inteligentnych systemów interpretacji danych obrazowych. Systemy UBIAS

Prof. dr hab. inż. Marek OGIELA

Jest pracownikiem Katedry Automatyki AGH prowadzącym badania nad systemami automatycznej analizy i rozumienia obrazów, systemami informacyjnymi nowych generacji oraz kryptografią i podziałem sekretów. Jest członkiem wielu renomowanych towarzystw naukowych, a także autorem ponad 170 publikacji o zasięgu międzynarodowym. Laureat kilku nagród naukowych w tym nagród im. prof. W. Taklińskiego i im. prof. Z. Engela.



e-mail: mogiela@agh.edu.pl

Streszczenie

W pracy opisano nową klasę specjalistycznych systemów informacyjnych, nazwanych UBIAS. Systemy takie należą do klasy kognitywnych systemów wnioskujących i są przeznaczone do znaczeniowej analizy skomplikowanych elementów nowoczesnych multimedialnych baz danych. Systemy UBIAS nadają się zwłaszcza do wydobywania znaczeniowej warstwy z informacji przedstawionej w postaci obrazów. W pracy przedstawiane są argumenty uzasadniające twierdzenie, że znaczenie obrazu i jego forma to dwa rozłączne aspekty, z których ten pierwszy jest zdecydowanie ważniejszy. Przedstawiane rozważania prowadzone są w sposób ogólny, ale eksperymenty, które doprowadziły do zdefiniowania systemów UBIAS odwoływały się w większości do semantycznej analizy obrazów biomedycznych.

Słowa kluczowe: Systemy kognitywne, automatyczne rozumienie obrazów, systemy uczące się.

New types of Intelligent Systems for Visual Data Interpretation. UBIAS systems

Abstract

Paper describes new class of cognitive information systems named UBIAS (*Understanding-Based Image Analysis Systems*). Such systems belong to the group of cognitive reasoning computer systems and are dedicated for the semantic analysis of the images. In contemporary information systems many types of multimedial (e.g. visual) patterns are used, and semantic oriented analysis of such type of information is necessary. The general idea of automatic understanding of the images can be applied to any type of image, but in paper only biomedical images are taken into account. For diagnostic purposes and for intelligent selection of proper medical images from the big and not annotated databases (e.g., Internet) we must consider semantic content of the images, because reasoning based on image information as well as selection suitable image information needs semantic analysis of the image merit content. Typical image processing, analysis and also pattern recognition or clustering is definitely not satisfied. For automatic image understanding we propose UBIAS systems. Such systems are predecessors of a new generation of intelligent systems for understanding of visual data and using this data in many purposes. Possible applications spread out from medical diagnosis, throw searching in visual databases up to extraction biometric characteristics for personal identification. Additionally such systems are very useful in the tasks of intelligent semantic i.e. based on merit content (and not only with regard to the form), information management in multimedia databases. Particular systems dedicated to semantic analysis of the images were described in previous authors papers, but the presented paper present the class of UBIAS systems using general description instead of examples.

Keywords: Cognitive systems, automatic understanding of images, learning systems.

1. Wstęp

W obszarze metod inteligencji obliczeniowej pojawiła się w ostatnim czasie nowa dziedzina określana mianem kognitywistyki obliczeniowej lub informatyki kognitywnej (*Cognitive*

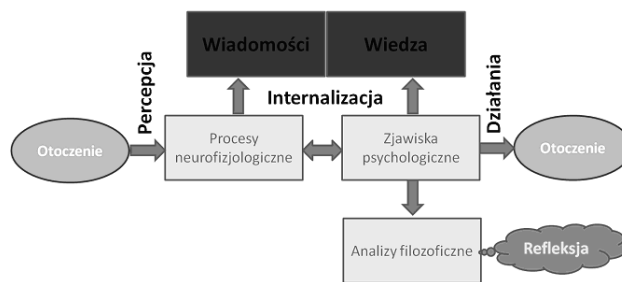
Prof. dr hab. inż. Ryszard TADEUSIEWICZ

Absolwent AGH informatyk, automatyk, biocybernetyk. Obecnie Kierownik Katedry Automatyki, uprzednio: wicedyrektor Instytutu, Prorektor AGH ds. Nauki, i Rektor AGH. Członek korespondent PAN oraz PAU a także członek zagraniczny Rosyjskiej AN Przyrodniczych, członek tytułarny Europejskiej Akademii Nauk, Sztuk i Literatury (z siedzibą w Paryżu) oraz członek Światowej Akademii Nauk i Umiejętności (z siedzibą w San Francisco). Pełne dane na stronie: <http://www.Tadeusiewicz.pl>



e-mail: rtad@agh.edu.pl

Informatics) [1]. Kognitywistyka obliczeniowa to nowa gałąź nauk komputerowych, wywodząca się głównie z nauk neurobiologicznych i psychologicznych, ale obecnie rozwijana także przez nauki ścisłe (np. matematyka opisowa) i techniczne (informatyka) [2]. Modele procesu kognitywnego zachodzącego w umyśle człowieka (rys. 1), będącego przedmiotem badań neurofizjologii (na poziomie mechanizmów biologicznych), psychologii (na poziomie analizy konkretnych zachowań ludzi) oraz filozofii (na poziomie ogólnej refleksji o naturze procesów poznawczych i o ich uwarunkowaniach) stały się w niej podstawą do projektowania różnego rodzaju inteligentnych systemów komputerowych.



Rys. 1. Taksonomia zagadnień badanych przez kognitywistykę
 Fig. 1. Taxonomy of issues explored by cognitive science

Wynika to z faktu, że wymagania zaawansowanego użytkownika nie ograniczają się do samego tylko gromadzenia, przetwarzania i analizy informacji w systemach ICT. Dzisiejszy użytkownik oczekuje od systemu informatycznego możliwości automatycznego penetrowania także warstwy semantycznej, będącej źródłem zasobów służących do budowania wiedzy, a nie tylko kolekcjonowania wiadomości. W szczególności dotyczy to systemów informacyjnych lub systemów wspomagających podejmowanie decyzji. Systemy informatyczne oparte na podstawie kognitywnej będą więc z pewnością w przyszłości intensywnie rozwijane, ponieważ odpowiadają one rosnącym wymaganiom Społeczeństwa Informacyjnego, w którym coraz większe znaczenie będzie miała możliwość docierania do merytorycznej treści informacji gromadzonych w systemach ICT. W szczególności w związku z rozwojem systemów gromadzących obok danych liczbowych i tekstów także informacje multimedialne, a zwłaszcza obrazy – rośnie potrzeba stworzenia naukowych podstaw dla budowy informatycznych systemów pozwalających łatwo docierać do potrzebnych informacji multimedialnych, posiadających określone znaczenie zawarte w ich strukturze, ale wymagające **zrozumienia** zawartości semantycznej obrazu, a nie samej tylko analizy i ewentualnej klasyfikacji formy widocznych na nim obiektów [3]. Systemy takie, mogąc zarówno analizować, jak i interpretować znaczenie przetwarzanych danych, mogą mieć także charakter systemów doradczych, pozwalających wspomagać procesy podejmowania decyzji przez ludzi, przy czym skuteczność tego wspomaga-

gania może być znacząco zwiększona poprzez automatyczne pozyskiwanie w systemie wiedzy adekwatnej do rozważanego problemu.

Widać zatem, że współczesne rozwiązania powinny zmierzać w kierunku konstrukcji nowych klas systemów informacyjnych które można określić nowym terminem Kognitywnych Systemów Informacyjnych (*Cognitive Information Systems*). Mowa o systemach pozwalających przetwarzać dane na bardzo wysokim poziomie abstrakcji oraz dokonywać znaczeniowego wartościowania takich danych [4]. Systemy takie powinny mieć też własności samouczenia, co pozwoli na ich doskonalenie w trakcie rozszerzania dostępnej dla nich wiedzy, prezentowanej w postaci różnego rodzaju wzorców i danych. Systemy takie są istotnie bardziej złożone pod względem realizowanych funkcji w stosunku do rozwiązań aktualnie eksploatowanych w praktyce, dlatego trzeba je projektować bazując na najbardziej zaawansowanych zdobyczach technologii informatycznych. Co więcej, systemy takie nie wpisują się w ramy teoretyczne obecnych systemów gromadzenia i wyszukiwania informacji, dlatego zmierzając do budowy i wdrożenia do eksploatacji Kognitywnych Systemów Informacyjnych trzeba w pierwszej kolejności zadbać o to, żeby znaleźć, rozwinąć i przebadać adekwatne do stawianych im zadań nowe formalizmy teoretyczne. Będą one wykorzystywały podstawy teoretyczne oraz formalizmy pojęciowe opracowane dla nauk kognitywnych na gruncie fizjologii, psychologii i filozofii (patrz rys. 1), ale muszą być dostosowane do nowej sytuacji, jaką jest celowe inicjowanie procesów kognitywnych w systemach technicznych.

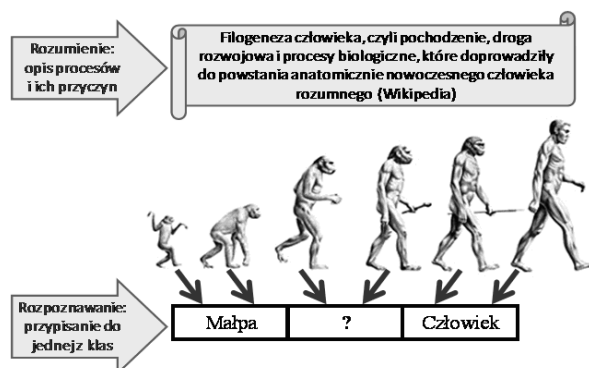
W zakresie informatyki pojawiły się już próby tworzenia na takiej bazie formalizmów dla prostszych systemów informacyjnych [5]. Ponadto coraz częściej zaczyna się odnajdywać elementy podejścia kognitywnego w strukturze systemów informacyjnych nowych generacji [6], chociaż nie zawsze używana jest tu adekwatna terminologia. Niektórzy badacze wierzą z kolei, że opanowanie poziomu kognitywnego w systemach informatycznych będzie mogło się odbyć na podobnej zasadzie, na jakiej badacze prostych mechanizmów percepcji i klasyfikacji zdołali przenieść wybrane obserwacje biologiczne do poziomu rozwiązań technicznych w postaci sztucznych sieci neuronowych [7]. Autorzy tej pracy mają jednak spore wątpliwości, czy ta droga będzie owocna i skuteczna, gdyż istnieje ogromna różnica skali procesów neurobiologicznych, które odwzorowują sieci neuronowe, oraz procesów mentalnych, których nośnikiem powinny być Kognitywne Systemy Informacyjne. O ile bowiem sieci neuronowe mogą opierać się na działaniu od kilku neuronów do (najwyżej) kilku tysięcy, o tyle procesy mentalne angażują w mózgu setki milionów neuronów, co jest poważnym utrudnieniem w przypadku wszelkich prób ich informatycznego naśladowania. Dlatego wydaje się celowe i właściwe zmierzanie do tego, by konstrukcję przyszłych Kognitywnych Systemów Informacyjnych oprzeć na próbach behawioralnego modelowania zjawisk psychologicznych, a nie strukturalnego naśladowania procesów neurofizjologicznych (patrz rys. 1).

Ogólne podwaliny konstrukcji takich systemów były tematem wcześniejszych badań autorów. Zostały one szeroko opisane w pracach [8 – 14]. Należy jednak stwierdzić, że metodologia tworzenia uniwersalnych systemów kognitywistyki obliczeniowej (lub informatyki kognitywnej) wciąż jeszcze nie jest w pełni dopracowana. Dotyczy to zwłaszcza systemów ukierunkowanych na kognitywną analizę informacji multimedialnych. Pokonanie bariery pomiędzy formą informacji multimedialnej (np. kształtem obiektów na obrazie lub brzmieniem dźwięków) a merytorycznym znaczeniem, niesionym przez te informacje *implicite*, wymaga dalszych prac badawczych, które muszą być początkowo ukierunkowane na szczegółowe cele. Być może po pewnym czasie uda się zebrać doświadczenia uzyskane przy realizacji tych poszczególnych zadań szczegółowych w formie całościowej spójnej metodologii. Obecnie trzeba jednak zadowolić się kolejnym osiągnięciem poszczególnych celów. Cele te to głównie odejście od analizy danych opisujących pojedyncze obiekty, na rzecz bardziej ogólnej i pogłębionej semantycznie analizy danych prezentujących lub

opisujących różnorodne elementy składowe obrazów oraz ich wzajemne relacje. Dobrym przykładem danych, dla których te cele udaje się dobrze sformułować i skutecznie osiągnąć są zobrazowania medyczne w postaci obrazów diagnostycznych. Do tej pory inteligentne systemy rozpoznawania obrazów operujące na takich rodzajach danych mogły najwyżej dokonywać klasyfikacji wzorców prezentujących pojedyncze struktury. Systemy nowej generacji, o których mówimy w tej pracy, będą ukierunkowane na poszerzenie funkcjonalności w kierunku analizy wzorców prezentujących wiele struktur lub na pojedyncze struktury składające się z kilku elementów. Takie możliwości będą posiadały systemy, które zostaną omówione w dalszej części, a które nazwaliśmy systemami UBIAS (*Understanding-Based Image Analysis Systems*).

2. Nowa klasa systemów kognitywnych analizy obrazów

W niniejszym rozdziale zostaną omówione dwie nowe klasy inteligentnych systemów analizy danych obrazowych (głównie medycznych), wspomagających podejmowanie decyzji o charakterze diagnostycznym. Nowość proponowanego podejścia polega na tym, że systemy te będą ściśle ukierunkowane na semantycznie zorientowaną kognitywną analizę, pozwalającą na klasyfikację semantyczną wybranych klas zobrazowań medycznych. Wniosekowanie kognitywne w tych systemach zostanie przeprowadzone za pomocą odpowiednio skonstruowanych języków opisu informacji obrazowych, pozwalających nie tylko na opis struktury i wybranych elementów obrazów, ale także na wydobycie z nich informacji o charakterze znaczeniowym. Takie podejście odróżnia rozważane tu nowe klasy kognitywnych systemów analizy obrazów od systemów konstruowanych na bazie podejść tradycyjnie stosowanych w zastosowaniach sztucznej inteligencji, a opartych na drzewach decyzyjnych, zbiorach rozmytych lub modelach sieci neuronowych [15]. Istota różnicy pomiędzy rozważanymi tu systemami kognitywnymi a tradycyjnymi rozwiązaniami systemów analizy i rozpoznawania obrazów polega na tym, że systemy tradycyjne koncentrują uwagę na formie obrazu i opierają cały proces jego przetwarzania, analizy a także rozpoznawania na cechach, które można uzyskać drogą wykonywania odpowiednich komputerowych przekształceń odnoszących się do formy obrazu (właściwości obiektów, cech tekstury, analizy kształtów itp.), podczas gdy systemy kognitywne wnikają w sens (merytoryczne znaczenie obrazów) i odwołują się do oczekiwań, jakie w odniesieniu do zawartości tych obrazów mogą być wygenerowane na podstawie wiedzy ekspertów, która jest punktem odniesienia przy zmierzaniu do **rozumienia** informacji zawartych w obrazie. Jeszcze inaczej można tę różnicę wyrazić tak, jak to pokazano na rysunku 2.

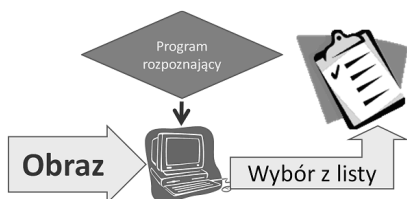


Rys. 2. Różnica między rozpoznawaniem i rozumieniem obrazu
Fig. 2. Differences between recognition and image understanding

Rozpoznawanie polega na tym, że ustalamy a priori jakąś listę klas czy kategorii, do których możemy zaliczyć obiekty na obrazie, a tworzone algorytmy zmierzają do tego, żeby ustalić, do której klasy można zaliczyć dany obiekt. Natomiast rozumienie

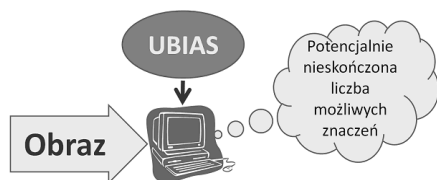
obrazu polega na tym, żeby prawidłowo zinterpretować myśl zawartą w obrazie – co jest o wiele trudniejsze, ale dla wielu zastosowań wręcz kluczowe.

Z tego rozróżnienia wynika jedna istotna właściwość, którą należy dostrzegać jako czynnik różnicujący pomiędzy podejściem charakterystycznym dla typowych systemów analizy i rozpoznawania obrazów a podejściem reprezentowanym w systemach klasy UBIAS. W systemach klasycznych rola komputera polega na tym, żeby na podstawie obrazu dokonać wyboru z pewnej skończonej listy i wskazać tę klasę (ze skończonego zbioru klas wcześniej zdefiniowanych) do której dany obraz można zaliczyć (rys. 3).



Rys. 3. Schemat działania typowego systemu rozpoznawania obrazów
Fig. 3. Functional schema for typical pattern recognition system

W odróżnieniu od tego zadanie omawianego tu systemu UBIAS polega na ustaleniu znaczenia obrazu, a potencjalnych znaczeń może być nieskończenie dużo (rys. 4).



Rys. 4. Schemat systemu UBIAS
Fig. 4. UBIAS-type information systems

Takie sformułowanie zadania dla systemu UBIAS stwarza zapotrzebowanie na narzędzie, które składając się ze skończonej liczby elementów (bo komputer tylko takim narzędziem może operować) miałoby potencjalną zdolność generowania nieskończonej liczby możliwych znaczeń. We wcześniejszych pracach autorów [16] wykazano, że narzędziem spełniającym powyższe wymagania jest **język**. Stąd bardzo ważnym elementem przy kształtowaniu systemów rozważanej klasy jest **lingwistyka matematyczna**.

Wprowadzona dalej metodologia tworzenia kognitywnych systemów analizy obrazów będzie dotyczyła dwóch nowych klas systemów oznaczonych jako UBIAS oraz Extended-UBIAS. Systemy takie zostaną zaproponowane na bazie wcześniejszych badań autorów związanych z tworzeniem klasy systemów diagnostycznych typu CMDSS (*Cognitive Medical Decision Support Systems*) [8]. Systemy tego typu udało się z powodzeniem zastosować w kontekście różnych problemów medycznych [16, 17], jednak ograniczone możliwości zastosowania tych systemów, które przywiązują je do pewnych specjalistycznych rodzajów obrazów, skłaniają autorów do zaproponowania nieco bardziej uniwersalnych klas systemów czyli właśnie systemów UBIAS. Dodatkową ważną cechą nowych klas wprowadzonych tu systemów będzie możliwość użycia ich przy tworzeniu rekordów o charakterze biometrycznym. Oznacza to, że w oparciu o informacje znaczeniową, którą systemy UBIAS będą mogły pozyskać w wyniku analizy kognitywnej, będzie mógł zostać również utworzony unikalny opis semantyczny obrazu człowieka i elementów jego struktury antropologicznej, mający charakter identyfikatora biometrycznego pozwalającego niezawodnie rozpoznawać daną osobę oraz w razie potrzeby potwierdzać lub falsyfikować jej identyfikację – co ma duże znaczenia w różnych systemach ukierunkowanych na zapewnienieżądanego poziomu bezpieczeństwa (na przykład dostępu do personalizowanych rekordów pacjenta w zasobach szpitalnych baz danych).

Proponowane techniki rozszerzonej klasyfikacji kognitywnej będą ukierunkowane na semantyczne wnioskowanie znaczeniowe, które posłuży z jednej strony do prowadzenia automatycznej analizy wybranych zobrażeń diagnostycznych (inżynieria biomedyczna), a z drugiej stworzenia opisu o charakterze osobniczym (biometria i zastosowania w obszarze bezpieczeństwa) w oparciu o wykryte zmiany lub inne charakterystyki obrazowe mające własności osobnicze (zależne od badanego pacjenta lub rozważanego przypadku). Jak już wspomniano wyżej, nowe systemy będą tym znamienne, że będą miały także własności ucznia się. Uczenie rozumiane jest w tym przypadku nie jako iteracyjna estymacja parametrów klasyfikatora, jak to ma miejsce w przypadku sieci neuronowych i wielu systemów klasy *pattern recognition*, ale jako wzbogacanie wykorzystanych reguł wnioskowania. W związku z tym informacja znaczeniowa uzyskiwana w rezultacie działania algorytmów uczenia będzie mogła później pełnić rolę specjalistycznych przesłanek automatycznego rozumowania, zmierzającego na przykład do wybierania bardziej selektywnych biometryk.

Aby nowa klasa systemów UBIAS miała takie własności, konieczne jest wykonanie następujących zadań:

- Opracowanie rozszerzonych mechanizmów opisu znaczeniowego dla badanych obiektów (np. obrazów medycznych).
- Stworzenie procedur semantycznie zorientowanego wnioskowania opartych o model rezonansu kognitywnego z uczeniem.
- Aplikacja języków obrazowych do rozwiązania zadania znaczeniowej interpretacji wybranego rodzaju zobrażeń diagnostycznych.

Taka metodologia rozszerzająca procesy informatycznej interpretacji obrazów o metody kognitywnej ich kategoryzacji będzie prowadzić do stworzenia nowych klas systemów informacyjnych, nie tylko imitujących naturalne procesy myślowe, ale także posiadających możliwości uczenia.

Omawiając w dalszej części pracy idee tych nowych systemów pokazemy ich funkcjonalność na wybranej klasie zobrażeń medycznych.

3. Systemy klasy UBIAS

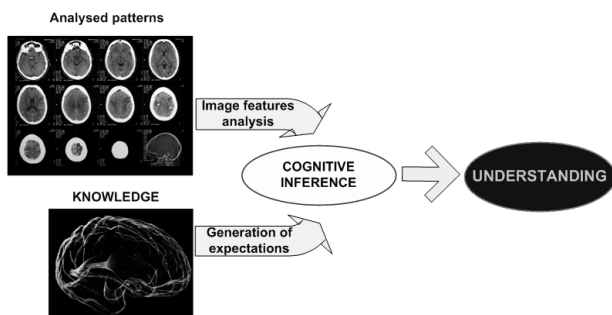
Pierwszy rodzaj systemów typu UBIAS będzie dedykowany do prowadzenia semantycznej analizy i rozpoznawania zmian patologicznych występujących w organizmach pacjentów i ujawnianych na obrazach, ukazujących rozważane części ciała człowieka jako struktury wieloobiektowe. Mogą to być np. obrazy kości dłoni oraz stopy. Celem takich systemów jest głównie przeprowadzenie rozpoznania widocznych zmian chorobowych oraz umożliwienie ich interpretacji znaczeniowej (diagnostycznej). Systemy takie powinny zatem umożliwiać detekcję widocznych na obrazach RTG zmian chorobowych, zmian urazowych lub anomalii wrodzonych. Może to dotyczyć zarówno obrazów uwidaczniających zwiększoną liczbę struktur (np. kości dodatkowe) lub ich ubytków. Może to także dotyczyć zobrażeń urazów mechanicznych lub nieprawidłowości kośćca powstałych w wyniku nieprawidłowości metabolicznych organizmu. Takie zmiany są często uwidaczniane na rentgenogramach kości dłoni oraz stopy i mogą być podstawą ważnej dla pacjenta diagnozy.

Główne etapy związane z interpretacją danych obrazowych przez takie systemy to:

1. Wstępna analiza rozważanych typów zobrażeń.
2. Modelowanie lingwistyczne rozpoznawanych struktur (za pomocą odpowiednich języków grafowych).
3. Wnioskowanie znaczeniowe z wykorzystaniem technik rezonansu kognitywnego opartego na wiedzy pozyskanej od ekspertów.
4. Określenie znaczenia wykrytych zmian.

W systemach takich najważniejszym elementem jest niewątpliwie wykonanie wnioskowania kognitywnego. Jak wykazano wcześniej, w przypadku zobrażeń medycznych może ono prowadzić do rozumienia diagnostycznego znaczenia takich zobrażeń. Wnioskowanie semantyczne i procesy rezonansu kognitywnego bazują tutaj na zgromadzonej wcześniej wiedzy, która

została zawarta w regułach zdefiniowanej gramatyki. Nowe wzorce rejestrowane i analizowane przez system są porównywane z informacjami zawartymi w regułach gramatycznych. W rezultacie takiej konfrontacji dochodzi do potwierdzenia lub odrzucenia pewnych hipotez, określających wstępnie charakter rozpoznawanych zmian. Kończącym etapem procedur rezonansowych jest sformułowanie finalnego rozpoznania, które jest określane jako rezultat rozpoznania pewnej zmiany morfologicznej jako znamiennej pewnego typu patologii oraz wydobycie informacji semantycznych określających charakter oraz (ewentualnie) stopień nasilenia tej patologii. Schemat takiego wnioskowania przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat procesów kognitywnych w systemach UBIAS
Fig. 5. A diagram of cognitive processes in UBIAS systems

Można przyjąć, że działające w ten sposób systemy UBIAS będą mogły rozpoznawać i interpretować widoczne zmiany o charakterze chorobowym, przy czym stopień ich użyteczności będzie znacząco większy, niż typowych systemów przetwarzania i analizy obrazów medycznych. Zakładamy tutaj jednak, że wiedza zgromadzona i reprezentowana w postaci reguł gramatycznych jest bardzo obszerna i pozwala dokonywać interpretacji większości znanych przypadków diagnostycznych. Zgromadzenie i właściwe reprezentowanie (w formułach gramatycznych) tej wiedzy jest najtrudniejszym elementem przy tworzeniu systemu UBIAS i czynnikiem ten może decydować o ograniczonej stosowalności naszkicowanej wyżej koncepcji.

4. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule argumentacja przemawia za tym, że należy rozwijać systemy komputerowej analizy, przetwarzania i rozpoznawania obrazów w kierunku wzbogacania ich o możliwości kognitywnej (semantycznej) analizy, sięgającej do warstwy znaczeniowej obrazu, a nie tylko poprzestającej na analizie jego formy. Na potrzebę takich systemów wskazuje między innymi ta okoliczność, że we współczesnych systemach informacyjnych coraz więcej znaczących informacji ma postać obrazową, przy czym w wielu przypadkach obrazom tym nie towarzyszą teksty objaśniające ich znaczenie. Jako przykład mogą tu być wskazane szpitalne bazy danych, w których coraz większą część rekordów opisujących stan hospitalizowanych pacjentów stanowią wyniki różnych form obrazowania medycznego – rentgenogramy, wyniki tomografii komputerowej, obrazy radioizotopowe, ultrasonogramy itd. Obrazów tych nie zaopatruje się obecnie w szczegółowe opisy, bo przecież wszystko, co ważne, jest wyraźnie widoczne na obrazach.

Takie nie zaopatrzone w objaśnienia tekstowe zasoby informacji obrazowych nie stanowią żadnej przeszkody dla człowieka, który potrafi interpretować obrazy i wydobywać zawarty w nich sens. Jeśli jednak zachodzi potrzeba przeszukiwania tysięcy rekordów w poszukiwaniu tych obrazów, które niosą jakiś założony sens (na przykład wskazują na występowanie pewnego typu nowotworu w pewnej specyficznej lokalizacji) – to wtedy posiadanie narzędzia komputerowego, umożliwiającego komputerowi automatyczne wnikanie w znaczeniową sferę przeglądanych obrazów zaczyna być dramatycznie ważne. Zadanie takie mogą podjąć i skutecznie rozwiązać omówione tu systemy UBIAS.

Niniejsza praca powstała w wyniku badań prowadzonych w ramach grantu numer N519 007 32/0978 "Kontekstowa i semantycznie zorientowana analiza, rozpoznawanie i interpretacja obrazów oraz ich sekwencji z zastosowaniami w medycynie" finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie decyzji nr 0978/T02/2007/32.

5. Literatura

- [1] Kinsner W., Zhang D., Wang Y. and Tsai J. eds.: Cognitive Informatics: Proc. 4th IEEE International Conference, (ICCI'05) IEEE CS Press, Irvine, California, 2005.
- [2] Wang Y.: The Theoretical Framework of Cognitive Informatics, The International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCiNi), IGI Publishing, Hershey, PA, USA, Jan., pp.10-22, 2007.
- [3] Tadeusiewicz R., Ogiela M.R., Szczepaniak P.S.: Notes on a Linguistic Description as The Basis for Automatic Image Understanding, Int. J. of Applied Mathematics and Computer Science, Vol. 19, No. 1, pp. 143–150, 2009.
- [4] Wang Y. and Ruhe G.: The Cognitive Process of Decision Making, The International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (JcINI), IPG Publishing, USA, 1(2), March, pp. 73-85, 2007.
- [5] Meystel A. M., Albus J. S.: Intelligent Systems – Architecture, Design, and Control, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, Inc., Canada 2002.
- [6] Vernon D., Metta G., Sandini G.: A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 11(2), 2007, pp. 151-180.
- [7] Weng J., Hwang W.S., From Neural Networks to the Brain: Autonomous Mental Development. IEEE Computational Intelligence Magazine 1(3), 2006, pp. 15-31.
- [8] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R., Intelligent Recognition in Medical Pattern Understanding and Cognitive Analysis, in Muhammad Sarfraz (Eds.), Computer-Aided Intelligent Recognition Techniques and Applications, John Wiley & Sons, Ltd. 2005, pp. 257-274.
- [9] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R.: Modern Computational Intelligence Methods for the Interpretation of Medical Images, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [10] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R. and Trzupek M.: Graph-based semantic description and information extraction in analysis of 3D coronary vessels visualizations, in Costin Badica, Marcin Paprzycki (eds.), Advances in Intelligent and Distributed Computing, pp. 303-309, Springer –Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [11] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: Medical Image Understanding Technology, Artificial Intelligence and Soft-Computing for Image Understanding, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.
- [12] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: Processing, analysis, recognition, and automatic understanding of medical images, in Optical methods, Sensors, Image Processing, and Visualization in Medicine, edited by Antoni Nowakowski, Bogdan B. Kosmowski, SPIE Vol. 5505, SPIE Bellingham, WA, 2004, pp. 101-109.
- [13] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: New Proposition for Intelligent Systems Design: Artificial Understanding of the Images as the Next Step of Advanced Data Analysis after Automatic Classification and Pattern Recognition, in: Kwasnicka H., Paprzycki M. (eds.): Intelligent Systems Design and Applications, IEEE Computer Society Press, 2005, pp. 297-300.
- [14] Tadeusiewicz R., Ogiela L., Ogiela M.: Cognitive Analysis Techniques in Business Planning and Decision Support Systems, in: L. Rutkowski et al. (Eds.), ICAISC 2006, LNAI 4029, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, pp. 1027-1039.
- [15] Albus J. S., Meystel A. M.: Engineering of Mind – An Introduction to the Science of Intelligent Systems, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, Inc, 2001.
- [16] Ogiela L., Ogiela M.R., Tadeusiewicz R.: Mathematical Linguistic in Cognitive Medical Images Interpretation Systems, Journal of Mathematical Imaging and Vision, Nr. 34, pp. 328–340, 2009.
- [17] Ogiela M.R., Tadeusiewicz R., Trzupek M.: Picture grammars in classification and semantic interpretation of 3D coronary vessels visualizations, Opto-Electronics Review, vol. 17, Nr 3, pp. 47–57, 2009.