

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

## Nowe klasy inteligentnych systemów interpretacji danych obrazowych. Systemy E-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

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

### Streszczenie

Systemy UBIAS, opisywane we wcześniejszych pracach, zapoczątkowały powstanie nowej generacji inteligentnych systemów rozumienia danych obrazowych, w szczególności medycznych. Systemy te są również przydatne przy operowaniu w multimedialnych bazach danych ilekroć wykonywane operacje (wyszukiwania, grupowania, raportowania) muszą być oparte na merytorycznym sensie zawartości obrazu, a nie na formie informacji obrazowej. Systemy E-UBIAS przedstawiane w niniejszej pracy stanowią nową kategorię kognitywnych systemów przystosowanych do semantycznej interpretacji obrazu. Inną nową wprowadzoną w systemach E-UBIAS i poszerzającą możliwości wcześniejszych systemów UBIAS jest wprowadzenie nowego elementu zdobywania wiedzy podczas normalnej eksploatacji systemu (czyli swoistego procesu uczenia). Wskazano na możliwości zastosowania tych systemów, a także na nowe możliwości ich wykorzystania do pozyskiwania danych obrazowych traktowanych jako charakterystyki biometryczne.

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

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

#### Abstract

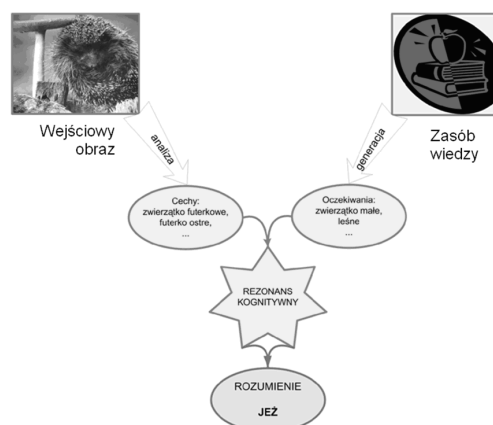
In previous papers given by authors the special class of computer vision systems was introduced and discussed. Such system named UBIAS was dedicated to cognitive analysis of images – especially medical ones. Replacing in UBIAS systems the image analysis and pattern recognition processes by cognitive resonance and automatic understanding we in fact introduce new class of vision systems which possibilities and advantages are not fully recognized until yet. Nevertheless the UBIAS image understanding systems have limitations related to “hand made” knowledge acquisition and representation process, which is necessary before starting the UBIAS system functioning. Sometimes collection of rules given by expert is too narrow, sometimes presentation of such rules in linguistic form used in UBIAS system is difficult, sometimes there are also another sources of problem – result is the same: The efficiency and quality of understanding of the images under consideration is not satisfactory. In all cases, when automatic understanding of the image using UBIAS methods is not good enough the solution can be E-UBIAS (Extended Understanding-Based Image Analysis System), which is presented in this article. The E-UBIAS systems set a new category of intelligent vision systems, which extend the possibilities of UBIAS towards acquiring knowledge and learning processes. In E-UBIAS systems two types of knowledge are used as a support of cognitive resonance procedures, leading to automatic understanding of the image semantic content. First type knowledge is acquired from experts and is represented in linguistic form in graph-grammar structures used in typical cognitive resonance process. This is deductive part of the system. Second type knowledge is registered during normal work of the system. Every reasoning process performed by the system for some particular image give us new piece of information, which can be concatenated with other similar pieces coming from previous experiences. Such part of system is inductive one. Moreover systems belonging to the E-UBIAS class can be also used for collection of biometric characteristics for every person, which image was analyzed by the system

and which semantic description was processed for automatic understanding purposes. It can be very useful in many security applications.

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

### 1. Wprowadzenie

W artykule [1] uzasadniono potrzebę budowy systemów przystosowanych do kognitywnej analizy informacji obrazowych. Wprowadzono systemy klasy UBIAS (*Understanding-Based Image Analysis Systems*), omawiając zasadę ich działania i możliwe zastosowania. Wskazano jednak także, że systemy te mają istotne ograniczenia związane z faktem, że cała wiedza musi być w nich zgromadzona a priori (przed rozpoczęciem eksploatacji), co bywa trudne do praktycznej realizacji. Ilustruje to rys. 1 (zaczepnięty z książki [2]), który pokazuje schemat budowy i działania systemu klasy UBIAS, wskazując równocześnie zasób wiedzy, który musi być umieszczony w takim systemie jeśli ma on spełniać skutecznie powierzone mu zadania. Więcej schematów i dyskusji na ten temat znaleźć można w pracy [1].



Rys. 1. Schemat systemu typu UBIAS ze wskazaniem miejsca ulokowania zasobu wiedzy

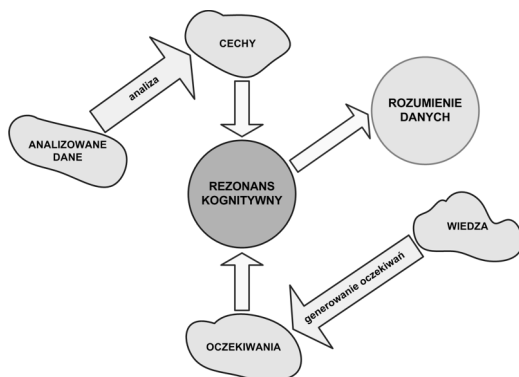
Fig. 1. The UBIAS system block diagram with localization of knowledge resources

W przypadku braku (lub złej jakości) wskazanego na rys. 1 zasobu wiedzy – system UBIAS będzie wyłącznie źródłem frustrujących rozczarowań. Co więcej, ważnym i trudnym wymaganiem, jakie występuje w systemach UBIAS jest konieczność umieszczenia używanego zasobu wiedzy w strukturach języka używanego do wyrażania semantycznych cech rozważanych obrazów [3]. Trudności, jakie tu się pojawiają, często zniechęcają badaczy do stosowania systemów klasy UBIAS nawet w tych obszarach, w których ich użycie, rozważane z punktu widzenia przydatności i użyteczności, wydaje się w najwyższym stopniu pożądane.

Nieco inna sytuacja wystąpi w systemach E-UBIAS (*Extended Understanding-Based Image Analysis Systems*) omawianych w tej pracy. Systemy E-UBIAS oprócz modułów rezonansowych będą wyposażone w procedury ucznia się na podstawie przeprowadzanych na bieżąco rozpoznań. Systemy takie będą zatem charakteryzowały się zdolnościami uczenia, czego nie było w dotychczasowych rozwiązaniach [3, 4]. Można sądzić, że możliwość uczenia znacząco zwiększy zdolności interpretacyjne rozważanej klasy systemów zwłaszcza na polu pogłębionych analiz kognitywnych, koniecznych przy tworzeniu bardziej ambitnych systemów rozumienia wzorców.

## 2. Systemy klasy E-UBIAS

Wprowadzany nowy rodzaj systemów tzn. E-UBIAS będzie istotnie bogatszy od UBIAS omówionego w [1]. System klasy E-UBIAS będzie realizował rozszerzone wnioskowanie kognitywne tzn. będzie łączył rezonans z możliwościami uczenia się systemu. W tradycyjnym podejściu systemy wnioskujące klasy UBIAS są w całości oparte na zasobie wiedzy zgromadzonej przez twórcę systemu (rys. 2). Jest to pracochłonne a ponadto zawodne, ponieważ twórca systemu, nie musi posiadać własnej wiedzy przedmiotowej i musi ją pozyskać od ekspertów dziedzinowych poprzez odpowiednie ich zapytywanie. Technika taka może być efektywna, o czym świadczą między innymi sukcesy budowanych na takiej właśnie zasadzie systemów ekspertowych. Nie mają one jednak zdolności wykorzystywania wiedzy pochodzącej z wcześniej analizowanych wzorców.

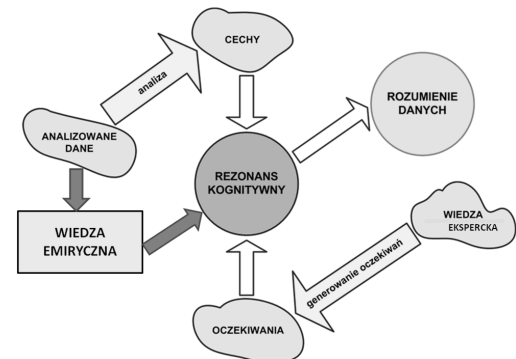


Rys. 2. Uproszczony schemat systemu UBIAS  
Fig. 2. Simplified block diagram of the UBIAS system

W przypadku systemów E-UBIAS będziemy dążyli do rozszerzenia techniki rezonansu kognitywnego, diskutowanej we wcześniejszych pracach (patrz na przykład [5, 6, 7]) o możliwości gromadzenia nowej wiedzy i poszerzenia reguł wnioskowania w oparciu o nowe doświadczenia. Takie własności uczenia się systemu pozwolą na podniesienie jego skuteczności działania zwłaszcza dla tych zadań, dla których początkowa liczba wzorców jest bardzo mała, ale może być wzbogacana i poszerzana podczas bieżącej eksploatacji systemu.

Schemat systemu E-UBIAS przedstawiony na rys. 3 pozwala zorientować się, w jaki sposób ta rozszerzona wiedza może funkcjonować. Jak widzimy w przypadku systemów E-UBIAS pojawiły się dwa dodatkowe etapy w całym procesie analizy znaczeniowej, których wcześniej tworzone systemy nie posiadały. Pierwszy z nich to uczenie systemu poprzez systematyczne gromadzenie informacji o wcześniej dokonanych rozpoznaniach. Ten etap może prowadzić do stworzenia nowego rodzaju procedur rezonansowych tzn. algorytmów rozszerzonego rezonansu kognitywnego. Jak wiadomo, procesy myślowe związane z postrzeganiem przez człowieka, pozwalają wyciągać wnioski i gromadzić wiedzę związaną z wcześniejszym doświadczeniem. Podobne własności są również pożądane dla systemów komputerowych. Ponieważ dla algorytmów opartych na reprezentacjach grafowych trudno jest w trakcie działania rozszerzać zbiory reguł opisujących nowe

wzorce, zatem gromadzenie wiedzy (doświadczeń) musi wiązać się ze stworzeniem dodatkowej bazy, w której będą przechowywane reprezentacje semantyczne przypadków wcześniej nie rozważanych, ale rozpoznanych w oparciu o procedury semantyczne (znaczeniowe).



Rys. 3. Uproszczony schemat systemu E-UBIAS  
Fig. 3. Simplified block diagram of the E-UBIAS system

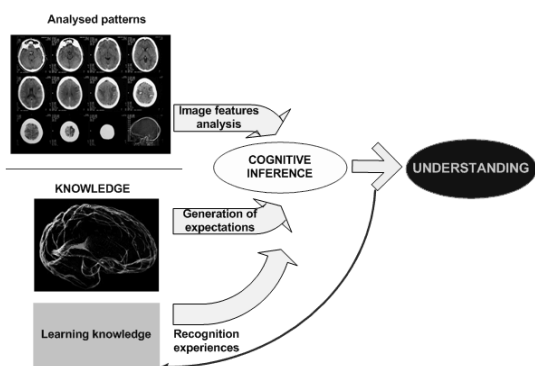
Nasuwa się tu analogia ze sposobem zdobywania kwalifikacji przez lekarzy, która ta analogia jest tym bardziej na miejscu, że systemy UBIAS i E-UBIAS są wyjątkowo często wykorzystywane w zastosowaniach medycznych. Otóż na wiedzę początkującego lekarza składa się głównie zdobyta z literatury teoria. Odpowiada ona zasobowi wiedzy początkowej w systemie E-UBIAS, gdyż po pierwsze wiedza ta pochodzi także od ekspertów (profesorów w Akademii, autorów książek), a po drugie jest tak zbudowana, że może służyć do generowania pewnych oczekiwań, które potem są konfrontowane z symptomami, jakie uda się zaobserwować u pacjenta. Ta część wiedzy ma więc organizację **dedukcyjną** zawiera ogólne reguły, które mogą służyć do rozwiązywania konkretnych problemów związanych z poszczególnymi pacjentami. Żaden lekarz poza całkowitym nowicjuszem nie bazuje jednak wyłącznie na tej wiedzy teoretycznej. Przeciwnie, w miarę zdobywania doświadczenia ma dodatkowo coraz większy zasób wiedzy empirycznej, wynikającej z tego, że rejestruje w pamięci określone przypadki, z którymi jako lekarz miał do czynienia, co potocznie nazywa się zbieraniem doświadczenia zawodowego. Warto podkreślić, że lekarz nabywający takie dodatkowe wiadomości praktyczne nie tworzy dla nich formalnego modelu teoretycznego, lecz czysto behawioralnie wiąże przesłanki (symptomy pacjenta i zastosowane leczenie) z rzeczywistością zaobserwowanymi skutkami. Ta część wiedzy ma więc organizację **indukcyjną**, ponieważ opiera się na przypadkach szczegółowych, a zmierza do stworzenia zasobu nieformalnych i niejawnych reguł, dających się jednak uogólniać na kolejne (dalsze) diagnozowane przypadki.

W proponowanym tu systemie E-UBIAS sytuacja jest w pełni analogiczna. Rozważane są w nim takie sytuacje, w których pojawiają się zupełnie nowe (wcześniej nie rozważane) wzorce, których gramatyki oraz procedury rezonansowe wywodzące się z systemów UBIAS nie są w stanie jednoznacznie sklasyfikować. Bazując jednak na dodatkowych informacjach dotyczących warstwy semantycznej lub na dodatkowych (poza obrazowych) informacjach o znaczeniu obrazu (na przykład dane kliniczne o stanie zdrowia pacjenta), możemy określić znaczenie analizowanego obrazu. Może to dotyczyć diagnostycznego lub prognostycznego kontekstu rozpoznawanej zmiany morfologicznej, dzięki czemu system E-UBIAS może czysto empirycznie przywiązać określony kontekst semantyczny (rodzaj choroby, sposób leczenia, przewidywane skutki, wymagana rehabilitacja itd.) do określonego (konkretnego) obrazu medycznego. Jeśli wystąpi taki przypadek w trakcie normalnej eksploatacji systemu, to po zakończeniu działań interpretacyjnych zostaje on zapisany jako nowy element. Element ten ze względu na sposób jego reprezentacji, całkowicie odmienny niż lingwistyczna (gramatyczna) reprezentacja wiedzy apriorycznej pochodzącej od eksperta, zapisywany jest w dodatkowej bazie wiedzy, gromadzącej wiedzę empiryczną

(patrz rys. 3). Baza taka będzie także przeszukiwana przy pojawieniu się kolejnych przypadków (i związanych z nimi obrazów), które okażą się trudne do identyfikacji w oparciu o same tylko reguły gramatyczne. Jeśli nowy element porównywany do kolejnych elementów z dodatkowej bazy, okaże się podobny (przy uwzględnieniu przyjętej miary podobieństwa) do któregoś z elementów z bazy dodatkowej (wiedzy empirycznej), to wówczas zostanie on zrozumiany (w najprostszym przypadku – zaklasyfikowany) w podobny sposób, jak element zawarty w tej dodatkowej bazie.

### 3. Schemat działania systemu E-UBIAS

Opiszemy teraz nieco bardziej systematycznie, na jakiej zasadzie oparte jest funkcjonowanie rzeczywistych systemów E-UBIAS, których uproszczony schemat przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Schemat rozszerzonych procesów kognitywnych zachodzących w systemach E-UBIAS

Fig. 4. A diagram of enhanced cognitive processes taking place in E-UBIAS systems

Główne etapy związane z interpretacją wzorców obrazowych przez systemy E-UBIAS to:

1. Wstępna analiza rozważanych zobrażeń.
2. Modelowanie lingwistyczne rozpoznawanych struktur (zwykle angażowane są tu formalizmy grafowe).
3. Wnioskowanie znaczeniowe z wykorzystaniem technik rezonansu kognitywnego.
4. Uczenie systemu poprzez rozszerzenie bazy wiedzy o każde wcześniejsze dokonane rozpoznanie.
5. Określenie znaczenia wykrytych zmian i stworzenie rekordu diagnostycznego.
6. Wykorzystanie reprezentacji lingwistycznej do utworzenia opisu biometrycznego dłoni (rekordu biometrycznego).

Są powody, żeby przypuszczać, że w ten właśnie sposób analiza kognitywna pozwoli głębiej wniknąć w istotę gromadzonych i przetwarzanych danych obrazowych. Jak wiadomo dane w postaci obrazów lub zdjęć medycznych są niezwykle trudne do analizy, gdyż zobrażenia medyczne (w tym rozważane tu przykładowo obrazy kości stopy i dłoni) charakteryzują się występowaniem wielu obiektów (kości) które często wzajemnie się przesłaniają. Analiza takich struktur jest zatem trudnym zadaniem, które dodatkowo powinno się zakończyć nie tylko ich opisem, ale także określeniem informacji diagnostycznej oraz opracowaniem charakterystyk personalnych umożliwiających identyfikację badanych osób.

### 4. Dodatkowe zastosowanie - biometria

Systemy E-UBIAS są zdecydowanie doskonalsze od systemów UBIAS, ponieważ w miarę upływu czasu (oraz w miarę częstszych prób użycia ich możliwości) zasób ich wiedzy rośnie a jakość procesów automatycznego rozumienia obrazów istotnie się dzięki temu podnosi. Systemy te mogą mieć jednak także inne zalety. Przykładowo rozszerzone rekordy semantyczne zawierające dane dotyczące osobniczych charakterystyk układu kości dłoni, mogą być później traktowane jako informacje o charakterze biometrycznym, pozwalające dokonywać identyfikacji personalnej pacjentów lub

dowolnych osób. Ta własność systemów znacząco poszerza ich funkcjonalność względem tradycyjnych systemów UBIAS.

Drugim z nowych etapów pojawiających się w działaniu systemów E-UBIAS, jest tworzenie (przy okazji badań diagnostycznych) opisu biometrycznego dłoni (lub stopy). Etap ten będzie realizowany w ten sposób, że mając daną reprezentację grafową dla układu dłoni widocznej na obrazie (należącej do konkretnej osoby), możemy w sposób jednoznaczny określić ciąg informacji biometrycznych zawierających informację o węzłach, etykietach oraz odległościach pomiędzy poszczególnymi elementami składowymi - na przykład kośćmi nadgarstka, śródręcza oraz palców. Często w wyniku patologii dochodzi do zmian w postaci ubytków kostnych lub ich przemieszczenia, bądź rozwarstwienia. Oznacza to, że opisy określające liczbę takich kości, oraz ich wzajemne relacje przestrzenne mogą w sposób jednoznaczny opisywać charakterystykę zmian dotyczących danego pacjenta. Tego typu charakterystyka może być również użyteczna w przypadku braku jakichkolwiek zmian patologicznych. Z uwagi na dokładność tworzonych opisów, oraz fakt występowania pewnych różnic osobniczych w rozmiarach oraz kształtach poszczególnych kości dłoni, opis taki nawet u zdrowych osób pozwala pełnić rolę charakterystyki biometrycznej. Oczywiście słabością takiej charakterystyki biometrycznej jest to, że jeśli w przyszłości będziemy chcieli posłużyć się tym kluczem biometrycznym w celu (na przykład) ustalenia prawa dostępu do personalizowanych rekordów danego pacjenta w zasobach szpitalnych baz danych – to konieczne będzie dokonanie ponownego prześwietlenia ręki lub stopy (co naraża pacjenta na kolejną dawkę promieniowania X), zanim tożsamość osoby zostanie potwierdzona (lub wykluczona). Jednak można podać kilka argumentów przemawiających za tym, że zasygnalizowana możliwość użycia systemu E-UBIAS jako generatora charakterystyk biometrycznych może mieć sens.

Po pierwsze dane tego rodzaju będą rejestrowane głównie dla pacjentów pozostających w leczeniu ze względu na jakiś problem medyczny – na przykład urazowe, chorobowe lub wrodzone zmiany patologiczne w zakresie liczby, kształtu lub wzajemnego położenia kości śródręcza (lub śródstopia). Tacy pacjenci gdy się ponownie pojawią w szpitalu lub w przychodni i tak będą musieli być poddani badaniom radiologicznym ze względu na potrzeby diagnostyki lub monitoringu terapii. „Biometryczny klucz” jest wtedy kontrolowany niejako przy okazji, zmniejszając szanse pomyłek lub celowych nadużyć.

Po drugie postęp radiologii (zwłaszcza w zakresie budowy wysokoczułych matryc obrazowych CCD) jest tak duży i szybki, że dawki promieniowania konieczne do uzyskania kolejnego zobrażenia stają się pomijalnie małe. Po trzecie wreszcie charakterystyki biometrycznej opartej na semantycznej analizie obrazu kości ręki albo nogi – niepodobna sfalszować. Wiadomo, że różne inne formy biometrycznej identyfikacji osób były już przedmiotem udanych prób fałszerstwa (kauczukowe odciski palca itp.), podczas gdy sfalszowanie układu kości dłoni nawet wyobrazić sobie trudno. No i taką cechę biometryczną można sprawdzić także po śmierci identyfikowanej osoby, nawet w przypadku, gdy procesy zniszczenia ciała są bardzo zaawansowane.

### 5. Zastosowanie kognitywnych systemów informacyjnych

Zaprezentowane systemy z uwagi na fakt, iż realizują procesy ukierunkowane na określenie semantycznego znaczenia badanych obrazów mogą stać się systemami współpracującymi z systemami doradczymi, diagnostyczno-decyzyjnymi lub systemami PACS. Systemy takie są uniwersalne i mogą także być wykorzystywane do innych zadań, wymagających przeprowadzenia kategoryzacji lub analizy kognitywnej, wykorzystywanej w celu uzyskania składników wiedzy semantycznej.

Zaproponowane systemy będą zatem przydatne do bezpośredniego zastosowania w medycynie, a ponadto stanowią będą wzorce, które mogą prowadzić do tworzenia także innych modeli dla automatyzacji komputerowego procesu rozumienia zjawisk me-

dycznych, określania znaczenia kształtów analizowanych narządów oraz klasyfikowania jednostek chorobowych czy zmian patologicznych. Procesy takie w szerszych zastosowaniach mogą prowadzić do diagnozowania różnych występujących chorób, lub też mogą pomagać wysuwać i weryfikować różne wnioski medyczne, związane z monitorowaniem leczenia czy też z wyborem odpowiedniego rodzaju terapii. Jak stwierdzono wyżej, zgromadzone w trakcie wnioskowania dane wraz z reprezentacjami grafowymi utworzonymi dla osobniczego układu struktur kostnych (np. kości dodatkowe lub ich ubytki, wzajemne przemieszczenia etc) będą pozwalały na stworzenie kognitywnych systemów biometrycznych.

Wydobyte w trakcie wnioskowania znaczeniowe informacje o czynniku chorobowym służyć będą głównie do postawienia poprawnej diagnozy, ale mogą mieć także dalsze zastosowania. W szczególności mogą być one użyte:

- do śledzenia postępów terapeutycznych i stopnia rekonwalescencji w przypadku urazów,
- do budowy rekordów semantycznych indeksujących wzorce obrazowe według jednostek chorobowych,
- do tworzenia opisów dla charakterystyk biometrycznych układu kośćca dłoni.

Widać zatem, że użyteczność systemów kognitywnej kategoryzacji UBIAS i E-UBIAS w odniesieniu do oceny i interpretacji zobrażeń medycznych jest wysoka i może służyć zarówno w diagnostyce jak i częściowej identyfikacji osób. Możliwości takie z naukowego punktu widzenia będą niezwykle interesujące, bowiem należy wziąć pod uwagę fakt, że rozważamy informacyjny system wspomagania diagnostyki medycznej, mający na celu dokonanie interpretacji znaczeniowej obrazów o dużym stopniu złożoności (od kilku do kilkunastu struktur widocznych na obrazie), a szczególnie takich, których forma jest w dużym stopniu nieprzewidywalna, a także różna w zależności od projekcji wizualizacji.

## 6. Wnioski

W niniejszej pracy zaproponowano rozszerzenie technik kognitywnej analizy i kategoryzacji informacji obrazowych, dla opracowanych wcześniej przez autorów inteligentnych systemów kognitywnych. Systemy takie były dedykowane głównie do znaczeniowej analizy wybranych klas zobrażeń medycznych w postaci obrazów 2D. W niniejszej pracy zostało zaproponowane pewne rozszerzenie specjalistycznej klasy systemów przeznaczonych do semantycznej analizy obrazów, które były wcześniej zdefiniowane jako systemy o nazwie UBIAS, w kierunku uogólnionych systemów kognitywnych i systemów klasy E-UBIAS przeznaczonych do analizy skomplikowanych zobrażeń struktur wieloobiektywnych. Systemy takie pozwalają na maszynowe rozumienie i ekstrakcję informacji znaczeniowych z wybranych rodzajów zobrażeń medycznych, co umożliwia stworzenie procedur kompozycji rekordów semantycznych wykorzystywanych w procesach wspomagania różnych decyzji, w obszarze diagnostyki i terapii medycznej, a także w obszarze porządkowania medycznych zasobów multimedialnych różnych serwisów internetowych.

Systemy takie charakteryzują się także wykonywaniem pogłębionych procesów analizy semantycznej na szerszej klasie wejściowych informacji obrazowych. Stało się to możliwe dzięki opracowaniu modelu realizacji pogłębionego wnioskowania za pomocą technik rezonansu kognitywnego. W dotychczasowych rozwiązaniach proces ten nie miał możliwości wykorzystywania wiedzy płynącej z wcześniej sklasyfikowanych obiektów. Obecnie zostało to do takiego systemu wprowadzone. Oznacza to, że systemy klasy E-UBIAS, stanowiące nową propozycję definiowaną właśnie w tej pracy umożliwiają uczenie się systemu kognitywnego w trakcie dokonywania kolejnych rozpoznań.

Rozwińmy nieco ten wątek na zasadzie podsumowania najważniejszych wątków, szczegółowej omówionych w treści artykułu. Systemy E-UBIAS korzystają z a priori wprowadzonego zasobu wiedzy, który pochodzi od ekspertów i funkcjonuje dzięki temu, że jest wbudowany w struktury języka używanego przez system do prowadzenia analizy semantycznej obrazu i do jego automa-

tycznego rozumienia dzięki zastosowaniu mechanizmów rezonansu kognitywnego. Dodatkowo mogą jednak także korzystać z wiedzy gromadzonej na bieżąco podczas normalnej eksploatacji systemu. Wiedza ta jest inaczej reprezentowana i inaczej wykorzystywana, ale może pomagać przy próbach automatycznego rozumienia znaczenia tych obrazów, których interpretacji nie udało się dokonać przy użyciu podstawowego zasobu wiedzy eksperckiej. Jak wspomniano w tekście przy wprowadzaniu tego dwutorowego mechanizmu semantycznego wnioskowania w systemach E-UBIAS – ich działanie przypomina zdobywanie kwalifikacji przez ludzi, którzy szkoląc się i doskonaląc w zakresie określonych działań na początku bazują na wiedzy teoretycznej (której odpowiednikiem jest zasób wiadomości w budowanych w gramatykę systemu), ale podczas nabywania umiejętności praktycznych ustawicznie poszerzają tę sformalizowaną wiedzę o zasoby wiadomości nabywanych w trakcie praktyki.

Drugi kierunek zaproponowanych w tej pracy rozszerzeń dotyczył dodatkowego wykorzystania rekordów semantycznych oraz reprezentacji lingwistycznych tworzonych dla badanych informacji obrazowych. Dzięki opisanemu podejściu reprezentację lingwistyczną obrazowania wnętrza ciała człowieka (na przykład kości śródreżca) można będzie wykorzystywać jako zbiór wskaźników biometrycznych, będących podstawą identyfikacji określonej osoby. Potrzeby posiadania takich systemów identyfikacji są od lat sygnalizowane przez służby ratownicze, policję, prokuraturę, opiekę społeczną i inne instytucje. Możliwości otwierane przez zaprezentowane badania wpłyną istotnie na rozszerzenie sprawności inteligentnych systemów informacyjnych, które osiągną zupełnie nową jakość działania, gdy zostaną wzbogacone o moduły kognitywnej interpretacji informacji multimedialnych oraz biometrycznej identyfikacji osób na podstawie zobrażeń, które nigdy wcześniej do takiej identyfikacji nie były stosowane.

*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.*

## 7. Literatura

- [1] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: Nowe klasy inteligentnych systemów interpretacji danych obrazowych. Systemy UBIAS, Pomiary, Automatyka, Kontrola, nr 02, 2010.
- [2] Ogiela L., Tadeusiewicz R.: Kategoryzacja w systemach kognitywnych, UWND AGH, Kraków 2009.
- [3] Tadeusiewicz R., Ogiela M.R., Szczepaniak P.S.: Notes on a Linguistic Description as The Basis for Automatic Image Understanding, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, Vol. 19, No. 1, pp. 143–150, 2009.
- [4] Tadeusiewicz R., Ogiela M.R.: Semantic Content of the Images, Chapter in Book Choras R.S., Zabłudowski A.: Image Processing & Communications Challenges, Academy Publishing House EXIT, pp. 15–29, Warsaw 2009.
- [5] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: Medical Image Understanding Technology, Artificial Intelligence and Soft-Computing for Image Understanding, Springer-Verlag Berling Heidelberg 2004.
- [6] 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.
- [7] 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.