

LIDIA DOMINIKA OGIELA*

METODY ANALIZY KOGNITYWNEJ W MEDYCZNYCH SYSTEMACH INFORMACYJNYCH TYPU DSS

W pracy wykazano, że metody sztucznej inteligencji, a w szczególności mechanizmy lingwistyczne semantycznego wnioskowania znaczeniowego są możliwe do wykorzystania przy tworzeniu inteligentnych systemów informacyjnych, a także umożliwiają prowadzenie wnikliwej analizy znaczeniowej w prezentowanych systemach informacyjnych typu DSS. W pracy zostały przedstawione informatyczne mechanizmy opisu znaczeniowego obiektów na wybranych przykładach analizy obrazów rdzenia kręgowego. Procedury takiego wnioskowania semantycznego oparte są o model rezonansu kognitywnego i zostały zaaplikowane do zadania znaczeniowej interpretacji wybranego rodzaju zobrażeń diagnostycznych centralnego układu nerwowego jako modułu inteligentnej analizy w systemach informacyjnych. Prezentowana w pracy aplikacja ma charakter badawczy i służy opracowaniu skutecznych metod wykrywania poszukiwanych zmian na pewnym zbiorze danych pochodzących z badań magnetyczno-rezonansowych struktur rdzenia kręgowego.

Słowa kluczowe: analiza kognitywna, medyczne systemy informacyjne, diagnostyka chorób centralnego układu nerwowego (CUN)

METHODS OF COGNITIVE ANALYSIS IN MEDICAL INFORMATION SYSTEMS OF DSS-TYPE

This paper demonstrates that AI methods, in particular linguistic mechanisms of semantic meaning reasoning can be applied to the development of intelligent IT systems. They enable also conducting an in-depth meaning analysis in the presented DDS information systems. This paper presents also IT mechanisms of object meaning description on selected examples of spinal cord image analysis. The procedures for such semantic reasoning are based on the model of cognitive resonance. They have been applied to the task of meaning interpretation of a selected type of central nervous system diagnostic images, as an intelligent analysis module in IT systems. The application presented in this paper is of research character and it serves the preparation of efficient lesion detection methods applied to a dataset originating from magnetic and resonance examinations of the spinal cord structures.

Keywords: cognitive analysis, medical information systems, diagnostics of central nervous system lesions

*Wydział Zarządzania, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, logiela@agh.edu.pl

1. Wstęp

Systemy DSS (*Diagnostic Support Systems*) cieszą się obecnie bardzo dużą popularnością z uwagi na ich szerokie możliwości diagnostyczne. W pracy tej zostanie pokazany przykład opracowanego systemu nie tylko diagnozującego, ale także zorientowanego na zagadnienia kognitywnej analizy i rozumienia zmian patologicznych zachodzących w obszarze centralnego układu nerwowego ze szczególnym odniesieniem do zmian chorobowych rdzenia kręgowego.

Każdy obraz medyczny stanowiący rodzaj składowej pierwotnej informacyjnych systemów diagnostycznych podlega analizie, której celem jest odpowiedź na pytanie czy u danego pacjenta występują istotne zmiany chorobowe analizowanego organu, czy też zmian takich nie ma (pacjent jest zdrowy). W przypadku wystąpienia takich zmian analizie podlega ich rodzaj, a system ukierunkowuje swoje działania na znalezienie odpowiedzi na jaką jednostkę chorobową cierpi dany pacjent.

Systemy DSS funkcjonują w oparciu o trzy główne zasady działania:

- 1) **przetwarzanie obrazu** w celu pozyskania jak najlepszej jakości zawartości i treści jaką ów obraz niesie ze sobą,
- 2) **analiza obrazu** w celu wydobycia właściwości danego obrazu w postaci wektora cech,
- 3) **rozpoznanie obrazu** w celu dokonania klasyfikacji wszelkich cech analizowanego obrazu.

Systemy DSS proponowane we wcześniejszych badaniach były wykorzystywane między innymi do diagnostyki chorób trzustki, nerek oraz chorób serca, a ich funkcjonowanie oparte jest o metody rozpoznawania obrazów medycznych [4] (rys. 1).



Rys. 1. Schemat etapów rozpoznawania obrazów medycznych

Ponieważ systemy DSS rozwijają się niezwykle szybko, dlatego też została podjęta próba konstrukcji nowej klasy takich systemów wykorzystujących w swym działaniu mechanizmy analizy kognitywnej, które ukierunkowane będą na próby automatycznego rozumienia semantyki analizowanych obrazów, a tym samym na interpretację ich merytorycznej zawartości.

2. Analiza kognitywna w systemach informacyjnych

Analiza kognitywna wykorzystywana w systemach informacyjnych niezwykle często bazuje na podejściu syntaktycznym [5], które dla celów interpretacji znaczeniowej

obrazu wykorzystuje wstępnie operację przetwarzania obrazów w zakres, którego najczęściej wchodzi:

- kodowanie obrazu przez składowe terminalne wprowadzanego języka,
- aproksymacja kształtów analizowanych obiektów,
- filtracja i przetwarzanie wstępne obrazu wejściowego.

W wyniku realizacji takich etapów możliwe jest otrzymanie nowej reprezentacji obrazu w postaci hierarchicznych struktur drzewa semantycznego oraz kolejnych kroków wyvodu tej reprezentacji z symbolu początkowego gramatyki [3]. Inteligentny, kognitywny system rozpoznający na etapie wstępnego przetwarzania danych obrazowych w zdecydowanej większości przypadków musi wykonać segmentację obrazu, dokonać identyfikacji składowych pierwotnych, a także ustalić relacje przestrzenne i semantyczne zachodzące między nimi. Właściwa klasyfikacja (a także maszynowa percepcja) polega na rozpoznaniu, czy dana reprezentacja obrazu wejściowego należy do klasy obrazów generowanych przez język definiowany przez jedną z możliwych do wprowadzenia gramatyk. Gramatyki takie mogą być zaliczane do gramatyk ciągowych, drzewowych oraz grafowych, a rozpoznanie z ich użyciem dokonuje się w trakcie prowadzonej przez system analizy syntaktycznej [3, 4].

W najnowszych badaniach nad inteligentnymi systemami informacyjnymi zauważa się, że samo rozpoznanie analizowanego obrazu już jest niewystarczające bowiem coraz częściej pojawia się postulat ukierunkowywania ich możliwości dokonywania przez nie operacji automatycznego rozumienia semantyki obrazu. W celu umożliwienia takiego wnioskowania wykorzystuje się techniki sztucznej inteligencji, które oprócz prostego rozpoznania wskazanego do analizy obrazu, pozwalają także wyekstrahować istotne informacje semantyczne pozwalające na jego znaczeniową interpretację, czyli dokonać maszynowego rozumienia.

Proces taki odnosi się tylko do kognitywnych systemów informacyjnych i jest znacznie bardziej złożony od samego tylko rozpoznania z uwagi na to, iż przepływ informacji w tym przypadku ma wyraźnie charakter dwukierunkowy. W modelu tym strumień empirycznych danych, zawartych w podsystemie mającym na celu rejestrację i analizowanie obrazu, interferuje ze strumieniem generowanych oczekiwań [3, 5].

Pomiędzy strumieniem oczekiwań, generowanych dla określonego hipotetycznego znaczenia obrazu, a strumieniem danych, jakie udaje się uzyskać na drodze analizy aktualnie rozważanego obrazu, musi dochodzić do swoistego rodzaju interferencji, w wyniku której pewne koincydencje (oczekiwań i cech odnajdywanych w obrazie) zyskują na znaczeniu, natomiast inne (zarówno zgodne jak i niezgodne) — na znaczeniu tracą. Interferencja ta doprowadza do rezonansu kognitywnego, który potwierdza jedną z możliwych hipotez (w przypadku obrazu, którego zawartość można zrozumieć), lub pozwala stwierdzić, że występuje nie dająca się usunąć niezgodność obrazu aktualnie postrzeganego i wszystkich hipotez gnostycznych mających zrozumiałą interpretację. Drugi przypadek oznacza niepowodzenie próby automatycznego rozumienia obrazu.

Kognitywne systemy informacyjne funkcjonują w oparciu o zjawisko rezonansu kognitywnego, które przynależy tylko tymże systemom i wyróżnia je na tle innych inteligentnych systemów informacyjnych [3]. Zastosowanie i wykorzystanie takich systemów może być wielorakie z uwagi na szerokie możliwości, jakie obecna nauka stawia przed nimi. Niemniej największe możliwości wykorzystania kognitywnych systemów informacyjnych daje obecnie medycyna, z uwagi na fakt występowania coraz większej liczby jednostek chorobowych w postępujących procesach patologicznych poszczególnych organów i coraz większej wykrywalności i rozpoznawalności tychże jednostek. Zobrazowania medyczne należą do jednych z najbardziej różnorodnych danych oraz posiadają niezwykle głęboką i ważną (np. dla losów pacjenta) interpretację znaczeniową. Kognitywne systemy informacyjne mogłyby z pewnością posłużyć także wielu innym dziedzinom nauki i życia codziennego, jeśliby została podjęta próba rozbudowy inteligentnych systemów informacyjnych z dziedzin ekonomii, marketingu, zarządzania, logistyki, wojskowości o proces rozumienia analizowanych informacji czy danych.

3. Techniki sztucznej inteligencji w systemach diagnostycznych DSS

W najnowszych trendach rozwojowych inteligentnych systemów informacyjnych uważa się, że operacje wstępnego przetwarzania, analizy i klasyfikacji (rozpoznawania) badanych danych są już niewystarczające. Coraz częściej natomiast pojawia się postulat ukierunkowywania ich na operację automatycznego rozumienia znaczenia niesionego przez analizowane i przetwarzane dane — na przykład semantyki badanych zobrazowań medycznych. I chociaż umysł ludzki ma nieporównywalnie większe zdolności percepcyjne niż nawet najlepiej zaprogramowany komputer, co powoduje, że potrafi nieporównanie lepiej od maszyny dotrzeć do znaczeń, właściwych dla obserwowanych obiektów czy analizowanych danych, to jednak powoli doskonałą się również techniki rozumienia maszynowego, które czasem mogą posłużyć do wykonania bardziej złożonego procesu wnioskowania odwołującego się do merytorycznego sensu zgromadzonych danych, a nie tylko do ich prostej analizy. W celu umożliwienia systemom informacyjnym takiego semantycznego wnioskowania opartego na danych, wykorzystuje się zaawansowane techniki sztucznej inteligencji. Techniki te, oprócz prostego przeanalizowania informacji oraz ewentualnego sklasyfikowania (rozpoznania) wskazanych do analizy danych, pozwalają także wyekstrahować z nich istotne informacje semantyczne, wskazujące na ich znaczeniową interpretację. Na obecnym etapie rozwoju analiza semantyczna danych jest zawsze osadzona w jakimś z góry założonym kontekście, niemożliwe jest bowiem równoczesne odkrywanie przez komputer celu analizy oraz jej wyniku. Oznacza to, że budowane aktualnie systemy mogą podejmować próbę zrozumienia danych przy pewnym apriorycznym nastawieniu, czemu to rozumienie ma służyć, co trzeba odróżnić od sytuacji, w której człowiek zetknięwszy się z określoną nową sytuacją, dokonuje jej wielostronnej analizy, której efektem mogą być całkowicie nieoczekiwane wnioski, znamionujące całkowite mentalne zgłębienie określonej sytuacji, czyli jej pełne rozumienie. Odwołując się do często przywoływa-

nego w tej pracy przykładu semantycznej analizy określonych obrazów medycznych można oczekiwać, że komputer po analizie zdjęcia rentgenowskiego „zrozumie”, że pacjent cierpi na taką lub inną chorobę, czego nie można by było osiągnąć posługując się techniką samego tylko automatycznego rozpoznawania obrazu. Natomiast człowiek oglądający to samo zdjęcie może oczywiście zrobić to samo, stawiając swoją diagnozę (taką samą jak komputer, albo inną), ale tylko człowiek może zrozumieć coś całkiem nieoczekiwanego — na przykład to, że zdjęcie jest złej jakości, bo aparat rentgenowski się rozregulował i trzeba ponowić badanie. Pierwszy rodzaj rozumienia jest dobrze osadzony w kontekście badania medycznego, dlatego jest dostępny zarówno dla lekarza, jak i dla stosownie zaprogramowanego komputera. Drugi wymaga wyjścia poza ramy *apriori* nakreślonego scenariusza, i jak na razie jest dostępny wyłącznie dla człowieka.

Głównym celem przedstawionych w niniejszej pracy rozważań jest skoncentrowanie uwagi Czytelnika wyłącznie na tym pierwszym, łatwiejszym sposobie interpretowania procesu rozumienia danych (na przykład obrazów), jednak i tak proces taki jest znacznie bardziej złożony od samego tylko analizowania danych i ich ewentualnego rozpoznawania, bowiem przepływ informacji w tym przypadku ma wyraźnie charakter dwuzródłowy i dwukierunkowy (na wzór kognitywistycznego modelu procesu rozumienia zachodzącego w czasie percepcji wzrokowej).

W rozważanym tu modelu strumień empirycznych danych, zgromadzonych i zawartych w podsystemie mającym na celu rejestrowanie i analizowanie tych danych, które rozważany system informacyjny gromadzi i przetwarza zgodnie ze swoim przeznaczeniem, interferuje ze strumieniem automatycznie generowanych oczekiwań dotyczących wybranych cech i właściwości tych danych. Źródłem tego strumienia oczekiwań jest zasób wiedzy ulokowany w systemie, będący bazą do generowania semantycznych hipotez, zaś źródłem tej wiedzy są ludzie (eksperci), od których tę wiedzę pozyskano i odpowiednio dostosowano do jej wykorzystania w procesie automatycznego wnioskowania.

Bazą pojęciową i koncepcyjną naszkicowanego wyżej podejścia jest nowa dziedzina wiedzy, tak zwana **analiza kognitywna**, która jednak na obecnym etapie jest bardziej znana w kontekście rozważań psychologów badających ludzkie procesy poznawcze, oraz w kontekście hipotez na temat natury rozumu i rozumności, czym zajmują się filozofowie badający fundamenty epistemologii, gnoseologii i semiotyki, a także kryteriologii D. J. Merciera i innych zaawansowanych prądów umysłowych, natomiast w mniejszym stopniu była do tej pory eksploatowana na gruncie nauk technicznych [3].

4. Model systemu DSS do percepcyjnej analizy obrazów CUN

W poniższym rozdziale zostanie zaproponowany — jako przykład inteligentnego systemu informacyjnego — model medycznego systemu informacyjnego wspomagającego diagnostykę. Wybrano system prowadzący inteligentną analizę danych obrazowych dotyczących zmian patologicznych centralnego układu nerwowego — CUN w odnie-

sieniu do wybranych jednostek chorobowych rdzenia kręgowego [3]. Model ten oparty będzie o budowę i zasadę działania systemów DSS. Z uwagi na fakt, iż zagadnienie występowania jednostek chorobowych w rdzeniu kręgowym jest niezwykle obszerne, poniżej zostaną przedstawione wybrane zjawiska patologiczne, reprezentatywne dla poszczególnych grup chorobowych CUN.

Głównym elementem poprawnie funkcjonującego systemu informacyjnego wspomagającego diagnostykę obrazów medycznych jest — zgodnie z koncepcją prezentowaną w tej pracy — opracowanie metody kognitywnej analizy jednostek chorobowych i zmian patologicznych występujących w obrębie rdzenia kręgowego. Analiza kognitywna zawarta we wskazanym systemie DSS-CUN ma na celu zaproponowanie automatycznej metody poprawnej interpretacji tych niezwykle skomplikowanych obrazów medycznych, jakie powstają w wyniku obrazowania fragmentów systemu nerwowego. Obrazy te są trudne do interpretacji z uwagi na fakt występowania różnorodnych morfologii zobrazowanych narządów u poszczególnych pacjentów — zarówno w stanie prawidłowym, jak i w przypadku pojawienia się określonych zmian chorobowych. Układ nerwowy, podobnie jak większość elementów ciała człowieka, nie zawsze jest od urodzenia prawidłowo zbudowany i całkowicie wykształcony. Anatomia i patomorfologia wyróżnia cały szereg różnych wad rozwojowych ośrodkowego układu nerwowego (OUN), chociaż nierzadko bywa tak, iż układ ten przez kilka pierwszych lat funkcjonuje poprawnie, a dopiero po pewnym czasie zaczynają występować pewne zaburzenia w jego funkcjonowaniu, ujawniające się w zachowaniu i samopoczuciu dziecka jako pojedynczy objaw lub też jako rozległa choroba. Wszelkiego rodzaju zaburzenia występujące w centralnym układzie nerwowym utożsamiane z jednostkami chorobowymi rdzenia kręgowego podlegają rozpoznaniu klinicznemu, a także postępowaniu diagnostycznemu opartemu głównie na diagnostyce obrazowej. Ze względu na małe zróżnicowanie w pochłanianiu promieniowania rentgenowskiego przez różnicowane medycznie struktury mózgowia (na przykład przez białą i szarą substancję), a także ze względu na fakt, że całość ośrodkowego układu nerwowego ukryta jest za osłoną kości (czaszki oraz kręgosłupa), przez które promieniowanie rentgenowskie jest silnie tłumione, dlatego w badaniach obrazowych OUN główną rolę zwykle się przypisuje tomografii NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*), określanej też zeugmatografią lub najczęściej metodą MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) — obrazowaniem na podstawie zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego.

Rezonans magnetyczny umożliwia uzyskanie map rozkładu gęstości (tzw. topografii), przede wszystkim jąder atomów wodoru (protonów) oraz czasów relaksacji tychże protonów. Dzięki zastosowaniu projekcji odpowiadającej technice tomograficznej (rekonstrukcji obliczeniowej rozkładu badanego parametru na podstawie wielu różnokierunkowych sondaży) obraz NMR można uzyskać na dowolnie wybranym przekroju ciała. Wodór jest składnikiem wody znajdującej się w dużych ilościach w organizmach żywych 60–70%, ale jednocześnie jest też składnikiem wszystkich związków organicznych. Warto pamiętać, iż niezwykle dużą ilość wodoru wykazują tłuszcze. Pozyskana informacja o jego rozkładzie wewnątrz organizmu jest podstawą do konstrukcji obrazów, na których następuje różnicowanie tkanek pod względem stopnia ich

uwodnienia lub zawartości tłuszczu. Gęstość protonów oraz czasy ich relaksacji odwzorowywane bywają poprzez jasność (czyli stopień szarości) punktów znajdujących się na danej mapie. Metoda rezonansu magnetycznego zapewnia o wiele bardziej kontrastowe obrazy tkanek miękkich, niż obrazowanie rentgenowskie, a w przypadku wielu chorób także pokazuje dokładniej różnice między zdrową i chorobowo zmienioną tkanką.

Wszystkie analizowane zobrazowania rdzenia kręgowego przed właściwym rozpoznaniem poddawane były procedurom segmentacji oraz filtracji mającym na celu ekstrakcję istotnych elementów rdzenia spośród innych elementów obrazu [3]. Tak uwidocznione struktury były następnie poddawane etapom analizy kognitywnej z wykorzystaniem poniższej gramatyki.

W celu przeprowadzenia analizy zmian chorobowych rdzenia kręgowego zaproponowano gramatykę atrybutowaną mającą następującą postać:

$$G_{sc} = (\Sigma_N, \Sigma_T, P, ST) \quad (1)$$

gdzie:

Σ_N — oznacza zbiór symboli nieterminalnych (pośredniczących w procesie generacji opisów obrazu),

Σ_T — oznacza zbiór symboli terminalnych (końcowych symboli opisujących cechy kształtu),

P — oznacza zbiór produkcji,

ST — oznacza symbol startowy gramatyki,

$\Sigma_N = \{SPINE_LESION, SPINAL_STENOSIS, SPINAL_DILATATION, SPINAL_TUMOR, N, D, S\}$

$\Sigma_T = \{n, d, s\}$

Ponadto przyjęte zostały następujące znaczenia dla występujących w opisie elementów terminalnych:

$n \in [-11^\circ, 11^\circ], d \in (11^\circ, 180^\circ), s \in (-180^\circ, -11^\circ),$

$ST = SPINE_LESION,$

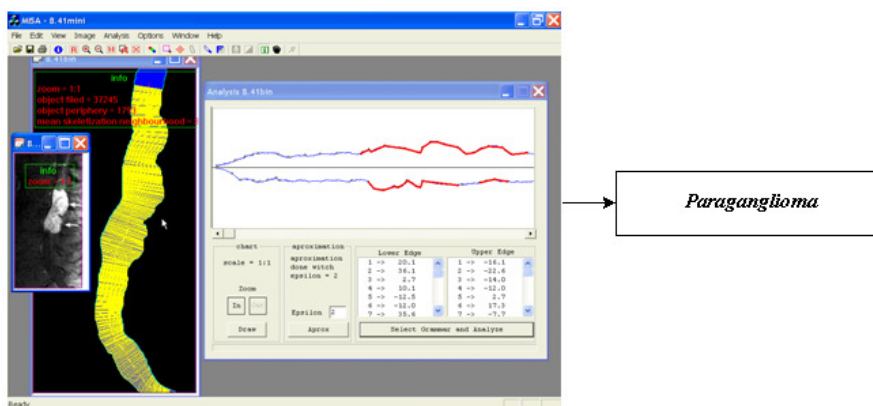
Zbiór produkcji P jest zdefiniowany w tabeli 1.

Zaproponowana gramatyka pozwala wykryć różnego rodzaju przewężenia rdzeniowe lub oponowe charakterystyczne dla zmian nowotworowych i procesów zapalnych rdzenia kręgowego. Na rysunku 2 zaprezentowano zdjęcie rdzenia kręgowego z występującą, widoczną deformacją, wykres rdzenia kręgowego, na którym linia pogrubiona uwidacznia miejsce występowania pewnych anomalii w strukturze rdzenia kręgowego. Zbiór cięciw, przecinających rdzeń w wielu kolejnych punktach prostopadle do jego osi, przedstawiony na rysunku 2, pokazuje w jaki sposób tworzony był wykres szerokości.

Wykres szerokości rdzenia kręgowego przedstawia w najbardziej zwartej formie rezultaty analizy morfologii rdzenia kręgowego. Jest on najcenniejszym źródłem informacji w związku z poszukiwaniem zmian patologicznych i zawiera wszystkie istotne dane na temat badanego fragmentu centralnego układu nerwowego, przy równoczesnym zignorowaniu wszystkich nieistotnych diagnostycznie szczegółów obrazu rdzenia.

Tabela 1
Zbiór produkcji definiujący zmiany w gramatyce G_{sc}

Zmiana patologiczna	Reguły gramatyczne	Akcje semantyczne
Poszerzenie /cysta	1. $SPINE_LESION \rightarrow SPINAL_DILATATION$ 2. $SPINAL_DILATATION \rightarrow D N S$ $D N$ $D S$	$Lesion = spinal\ dilatation$
Guzy nowotworowe	3. $SPINE_LESION \rightarrow SPINAL_TUMOR$ 4. $SPINAL_TUMOR \rightarrow D S D S$ $S D S N$ $S D S D$ $D S D N$	$Lesion = spinal\ tumor$
Zwężenie, ucisk	5. $SPINE_LESION \rightarrow SPINAL_STENOSIS$ 6. $SPINAL_STENOSIS \rightarrow S N D$ $S D$ $S N$	$Lesion = spinal\ stenosis$
Części składowe wykrytych zmian	7. $N \rightarrow n \mid n N$ 8. $D \rightarrow d \mid d D$ 9. $S \rightarrow s \mid s S$	$Lesion\ features =$ <i>location,</i> <i>length,</i> <i>diameter,</i> <i>quantity,</i> <i>severity.</i>



Rys. 2. Diagnostyczny opis zmian chorobowych rdzenia kręgowego z zaznaczoną, wykrytą przez system chorobą zwaną *paragangliomą*

Dla przykładowego obrazu MR rdzenia kręgowego podano (na rys. 2) diagnostyczny opis wykrytych zmian patologicznych rdzenia kręgowego. Na rysunku tym przedstawiono przykładowy rezultat, otrzymany przez autorkę w trakcie prowadzonych badań dla wybranego przypadku chorobowego. Przedstawione wyniki zostały uzyskane poprzez zastosowanie gramatyki atrybutowej i są przykładem użycia podej-

ścia kognitywnego do analizy rozważanych tu danych medycznych. Rodzaj wykrytej zmiany został określony na podstawie jej lokalizacji oraz parametrów morfometrycznych wyznaczanych przez procedury semantyczne gramatyki.

Powyższy przykład (i wiele innych, które uzyskano w trakcie prowadzonych badań [3]) przedstawia rezultaty semantycznej, znaczeniowej interpretacji analizowanych i wykrywanych zmian patologicznych występujących w obszarze rdzenia kręgowego.

5. Podsumowanie

W celu dokonania analizy znaczeniowej zobrazowań rdzenia kręgowego przy użyciu opisanego w pracy mechanizmu lingwistycznego został opracowany system komputerowy MISA (*Medical Image Syntax Analyser*), który pozwala na analizę i klasyfikację rozważanych w pracy zobrazowań rdzenia.

Skuteczność zastosowania procedur analizy kognitywnej z wykorzystaniem tego systemu została przedstawiona w postaci tabelarycznej i ma na celu porównanie uzyskanych wyników z użyciem tego systemu z wynikami, które można uznać za poprawne rozpoznanie (tab. 2).

Tabela 2

Skuteczność zastosowania metod analizy kognitywnej w celu rozpoznania i rozumienia wybranych zjawisk chorobowych CUN

Analizowana zmiana chorobowa	Liczba badanych zobrazowań	Liczba poprawnie rozpoznanych obrazów (zmian)	Skuteczność analizy kognitywnej [%]
Poszerzenia rdzenia kręgowego	2	2	100
Cysty i torbiele	18	17	94
Guzy nowotworowe (zewnątrz- i wewnątrzrdzeniowe)	27	25	93
Zwężenia (amputacje) i uciski rdzenia kręgowego	14	12	86
Zwyrodnienia rdzenia kręgowego	23	20	87
Razem	84	76	90,5

Rezultaty te są otrzymywane w wyniku zastosowania algorytmów analizy semantycznej, prowadzonej w modułach wnioskowania, zaproponowanego systemu, na podstawie akcji semantycznych przyporządkowanych regułom strukturalnym.

Badania prowadzone przez autorkę na podstawie analizy obrazów przedstawiających zmiany patologiczne fragmentu centralnego układu nerwowego — rdzenia kręgowego wykazały, iż kognitywna analiza danych może stanowić czynnik istotnie wzbo-

gacający możliwości współczesnych systemów informacyjnych. W szczególności w opisywanych badaniach wykazano, że odpowiednio zbudowana gramatyka obrazowa pozwala w sposób precyzyjny przeprowadzić analizę i opisać wybrane obrazy medyczne, wydobywając z nich istotne, semantyczne informacje, traktujące o naturze zachodzących procesów i zmian patologicznych występujących w obszarze rdzenia kręgowego pacjenta. Warto podkreślić, że opisane w pracy efekty uzyskano dzięki procesowi kognitywnemu, naśladującemu sposób rozumowania specjalisty. Specjalista — widząc deformację narządu ujawnioną przez użyte zobrazowanie medyczne, stara się zrozumieć proces patologiczny, będący przyczyną pojawienia się obserwowanych deformacji, a nie dokonuje mechanicznej klasyfikacji, której celem byłoby wyłącznie wskazanie najbardziej zbliżonego wzorca patologicznego obrazu. Ponadto prowadzone badania wykazały, iż dla prób kognitywnej analizy rozważanych zmian w obrębie centralnego układu nerwowego możliwe jest zastosowanie lingwistyki opartej na gramatyce ciągowej.

Literatura

- [1] 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
- [2] Burgener F. A., Meyers S. P., Tan R. K., Zaunbauer W.: *Differential Diagnosis in Magnetic Resonance Imaging*. Georg Thieme Verlag, 2002
- [3] Ogiela L.: *Ocena użyteczności metod analizy kognitywnej w wybranych systemach informacyjnych*. Kraków AGH, 2005 (Rozprawa doktorska)
- [4] Ogiela M. R., Tadeusiewicz R., Ogiela L.: *Intelligent Semantic Information Retrieval In Medical Pattern Cognitive Analysis*. Computational Science and Its Applications — ICCSA, 2005, 3483, 852–857
- [5] Tadeusiewicz R., Ogiela M. R.: *Medical Image Understanding Technology, Artificial Intelligence and Soft-Computing for Image Understanding*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2004