

Ewa STRASZECKA, Arkadiusz GERTYCH, Paweł KOSTKA, Sylwia POŚPIECH-KURKOWSKA

Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki

Joanna STRASZECKA

Wojewódzki Szpital Specjalistyczny nr 1 w Tychach, I Oddział Chorób Wewnętrznych

## SPRAWOZDANIE SZCZEGÓŁOWE Z REALIZACJI PROJEKTU BADAWCZEGO KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH NR 8 T11E 012 15 PT. OPRACOWANIE METODOLOGII WSPOMAGANIA DECYZJI W MEDYCYNIE Z ZASTOSOWANIEM TEORII DEMPSTERA- SHAFERA

**Streszczenie.** W sprawozdaniu szczegółowym podano podstawowe założenia, omówiono doświadczenia zebrane podczas realizacji projektu oraz uzyskane wyniki. Projekt dotyczył wspomagania decyzji w diagnostyce chorób tarczycy. Opracowany system wskazuje miarę zaufania do jednej z trzech możliwych hipotez: nadczynność tarczycy, eutyreoza (prawidłowe funkcjonowanie tarczycy) i niedoczynność tarczycy. Działanie systemu przetestowano dla zebranej bazy danych.

## REPORT ON REALISATION OF THE PROJECT NR 8 T11E 012 15 OF THE STATE COMMITTEE FOR SCIENTIFIC RESEARCH (KBN) ENTITLED: ELABORATION OF METHODOLOGY OF MEDICAL DECISION SUPPORT WITH THE USE OF DEMPSTER-SHAFFER THEORY

**Summary.** In the detailed report basic assumptions are formulated, experiences gathered during the project realisation are commented and results obtained are presented. The project aimed at decision support in thyroid gland diseases diagnosis. The system elaborated determines a measure of belief for one of the three possible hypotheses: hyperthyroidism, euthyroidism and hypothyroidism. System's performance was tested for a gathered database.

### 1. Uwagi ogólne

Celem niniejszego projektu badawczego było opracowanie metodologii wnioskowania diagnostycznego, która umożliwiałaby przetwarzanie wieloparametrowych zależności dotyczących oceny stanu zdrowia pacjenta, oraz identyfikacji choroby na podstawie danych

statystycznych i reguł formułowanych przez ekspertów. Od lekarzy pierwszego kontaktu, w najbliższej zaś perspektywie od lekarzy rodzinnych wymaga się podjęcia szybkiej i trafnej decyzji diagnostycznej opartej na niepełnych danych. Dobrze przygotowany system wspomagający diagnostykę byłby dużą pomocą dla tych lekarzy, posiadających podstawowe umiejętności posługiwania się komputerem, nabyte w ich codziennej praktyce. Należy przy tym zaznaczyć, że nie chodziło o zbudowanie systemu wspomagającego specjalistyczne diagnozy, lecz o narzędzie, które pomogłoby ustalić diagnozę wstępną o możliwości zachorowania na jedną z grupy chorób o podobnej etiologii.

Jako przykład zastosowania wybrano choroby tarczycy, ponieważ ich występowanie zależy od rejonu zamieszkania oraz podaży jodu, a więc prawdopodobieństwo ich wystąpienia zależy od populacji. Według opinii prof. dr hab. Janusza Naumana, redaktora naczelnego „Endokrynologii Polskiej” [6]: „Choroby tarczycy stanowią poważny problem zdrowotny. Wieloletni niedobór jodu w diecie spowodował rozwinięcie się wola endemicznego u znaczącej części populacji. Na podstawie przeprowadzonych badań epidemiologicznych należy szacować, że u około 9 milionów Polaków istnieje wola. W większości przypadków jest to jeszcze wola rozsiana (miąższowe), ale u około 10% tych chorych doszło już, lub w najbliższym czasie dojdzie do rozwinięcia się u tych chorych zmian guzkowych, a więc involucji wola miąższowego do wola guzkowego. W obrębie tak zmienionej tarczycy z biegiem lat może dojść do autonomizacji guzka (...) i powstania początkowo ubogoobjawowej (subklinicznej) nadczynności tarczycy, a następnie pełnoobjawowej hipertyreozы.” Jak stwierdza dalej we wspomnianej pozycji autor, oprócz wola endemicznego, system opieki zdrowotnej w Polsce będzie musiał rozwiązać problem chorych z chorobą Gravesa-Basedowa, chorych z autoimmunologicznymi zapaleniami tarczycy, kobiet z poporodowym bezbolesnym zapaleniem tarczycy (występowanie około 15/100 ciężarnych i rodzących), chorych z pełnoobjawową niedoczynnością tarczycy, wreszcie problem małoobjawowej (subklinicznej) niedoczynności tarczycy (zapadalność od 2000-4000/10000/rok). Niewątpliwie wspomaganie diagnostyki w tej dziedzinie przyniosłoby niebagatelne korzyści zdrowotne i ekonomiczne.

Przeprowadzona przed przystąpieniem do realizacji projektu analiza przydatności różnych miar precyzyjności opartych na prawdopodobieństwie prowadziła do wniosku, że najbardziej obiecujących wyników należy oczekiwać w przypadku zastosowania funkcji zaufania Dempstera-Shafera jako miernika pewności diagnozy.

Niezależnie od wybranego zastosowania, zaproponowaną metodologię można wykorzystać do wspomaganie decyzji w każdym problemie medycznym charakteryzującym się:

- licznymi parametrami medycznymi, na podstawie których formułuje się objawy,
- krótkim łańcuchem wnioskowania,
- koniecznością reprezentacji wiedzy ekspertów oraz schematów postępowania diagnostycznego zaczerpniętych z literatury medycznej, ze szczególnym uwzględnieniem testów punktowych,
- koniecznością powiązania wiedzy ekspertów i danych pochodzących z populacji,
- wymaganiem wnioskowania opartego na niepełnych danych, a także wydobywaniem informacji z niekompletnych baz danych,
- potrzebą łączenia baz danych, czasem o nieco innych sformułowaniach objawów.

W wyniku realizacji projektu opracowano następujące podejście do wyżej scharakteryzowanych problemów wspomaganie decyzji medycznej:

1. Określenie problemu diagnostycznego, dla którego system jest konstruowany. Powinien on charakteryzować się wymienionymi wyżej cechami.
2. Sformułowanie przesłanek (objawów lub koniunkcji objawów) i konkluzji (diagnoz) wnioskowania medycznego oraz podział utworzonych w ten sposób reguł na zbiory. Każdej diagnozie odpowiada jeden zbiór reguł. Objawy zawarte w przesłankach reguł nie muszą być rozłączne dla różnych diagnoz.
3. Wyrażenie testów punktowych za pomocą zbioru reguł, z właściwym przekształceniem wag objawów w wartości bazowego rozkładu prawdopodobieństwa.
4. Opracowanie oprogramowania umożliwiającego gromadzenie danych – bazy danych, która jednak w następnych etapach będzie przekształcona w system wspomaganie decyzji. Stworzenie warunków do codziennej wspólnej pracy lekarzy i inżynierów nad tą bazą.
5. Wyznaczenie bazowych rozkładów prawdopodobieństwa na podstawie informacji pochodzących z bazy danych.
6. Zaimplementowanie mechanizmu wnioskowania w postaci obliczania wartości funkcji zaufania dla każdej z diagnoz, wraz z możliwością łączenia bazowych rozkładów prawdopodobieństwa.
7. W razie potrzeby rozszerzenie interpretacji przesłanek na zbiory rozmyte.
8. Doskonalenie systemu podczas użytkowania.

Należy podkreślić, że wynikiem projektu są nie tylko opracowania naukowe, ale także system komputerowy wspomagający diagnostykę chorób tarczycy, poprzez obliczanie wartości funkcji zaufania do diagnoz: nadczynność tarczycy, eutyreoza, niedoczynność tarczycy, dla wybranego pacjenta. System umożliwia wprowadzanie danych pacjenta,

równoczesną pracę z trzema bazami danych, dowolny dobór plików reguł diagnostycznych i norm, jak również edycję tych plików oraz wybór metody obliczania bazowego rozkładu prawdopodobieństwa.

Podstawowym celem niniejszego opracowania jest krótkie zaprezentowanie wyników uzyskanych w poszczególnych etapach realizacji projektu. W pracy dołączonej do niniejszego sprawozdania, opisano nieco szerzej niektóre aspekty naukowe problemu. Uzyskane wyniki wydają się obiecujące i zachęcają do dalszych badań.

## 2. Charakterystyka problemu medycznego

Zachodzi pytanie, czy lekarze praktycy, którzy zaakceptowali komputer jako narzędzie pomocne w dokumentacji i wyszukiwaniu informacji, mogą liczyć na to, że stanie się on również istotnie przydatną pomocą diagnostyczną. Istnieją przykłady medycznych systemów ekspertowych, gromadzących współczesną wiedzę medyczną, jednakże systemy te nie wchodzą do bezpośredniej praktyki medycznej z dwóch zasadniczych przyczyn: są kosztowne i stworzono je z myślą o szerokiej gamie chorób, lecz zwykle dla innej populacji niż leczona przez użytkownika. Tymczasem znacznie bardziej przydatne, zwłaszcza dla lekarza rodzinnego, byłoby narzędzie obejmujące mniejszy zakres wiedzy medycznej, lecz bardziej elastyczne. Jest bowiem mniej prawdopodobne, że lekarz pierwszego kontaktu będzie musiał rozpoznać chorobę tropikalną, niż to, że od jego decyzji będzie zależało dostatecznie wczesne rozpoczęcie leczenia np. nadczynności tarczycy.

Choroby tarczycy występują w różnym nasileniu, zależnie od rejonu zamieszkania oraz podaży jodu, a więc prawdopodobieństwo ich wystąpienia zależy od populacji. Choroby te, jak wiadomo, dotyczą znacznej części populacji, toteż wspomaganie diagnostyki w tej dziedzinie przyniosłoby niebagatelne korzyści zdrowotne i ekonomiczne. Polska stanowi obszar endemii występowania umiarkowanego niedoboru jodu. Jak podają źródła literaturowe [5], schorzenia tarczycy dotyczą co najmniej kilkunastu milionów mieszkańców naszego kraju, wobec tego ich leczeniem, poza endokrynologami, powinni się zająć także lekarze innych specjalności. Szacuje się, że u ok. 22% dorosłych i ponad 35% dzieci i młodzieży występuje wole endemiczne. W populacji dorosłych u około 0.31% występuje nadczynność, a u około 0.41% niedoczynność tarczycy. Tak więc w Polsce liczbę chorych z zaburzeniami funkcji

tarczycy można szacować na ok. 200 tysięcy i można się spodziewać przynajmniej 600 nowych przypadków raka tarczycy rocznie.

Chociaż prawidłowość funkcjonowania tarczycy można łatwo stwierdzić na podstawie badań laboratoryjnych, to jednak decyzję o skierowaniu pacjenta na te badania podejmuje lekarz tylko wtedy, gdy na podstawie badania przedmiotowego i wywiadu podejrzewa istnienie choroby. Dla lekarza pierwszego kontaktu może to być trudne zadanie, szczególnie w przypadku niezbyt nasilonych dolegliwości. Możliwość konsultacji z systemem obejmującym ogólne informacje o chorobie i aktualizującym je dla danej populacji może znacznie to zadanie ułatwić. W opracowanym modelu systemu lekarz może samodzielnie aktualizować dane, analizować je i wybierać reprezentatywnych pacjentów na podstawie swoich sprawdzonych diagnoz. W ten sposób powstaje baza danych, która umożliwia określenie bazowego rozkładu prawdopodobieństwa i jest ważnym źródłem informacji o populacji zamieszkującej niewielki obszar. Można też przypisać wagi objawom nie koncentrując się wyłącznie na tych, które niosą najwięcej informacji, ale mogą być ustalone tylko w wyniku inwazyjnych lub kosztownych badań.

W projekcie zebrano bazę danych na podstawie badań pacjentów, których miejscem zamieszkania jest woj. śląskie, grupując badanych w kategorie diagnostyczne: nadczynność tarczycy, niedoczynność tarczycy i eutyreoza (grupa kontrolna). Opracowano narzędzie badawcze, które z punktu widzenia lekarza może się stać swego rodzaju „kalkulatorem informacji” pomagającym określić jednoczesny wpływ wielu czynników na diagnozę w przypadku dobrze określonych reguł wnioskowania, lecz przy niepełnych danych.

Konkluzje opracowanego systemu w sensie obliczenia wartości funkcji zaufania obejmują jedynie trzy kategorie: nadczynność tarczycy, eutyreoza i niedoczynność tarczycy. Ograniczenie liczby konkluzji badawczych wynika po pierwsze z tego, że w celu przeprowadzenia dokładniejszych badań lub dalszego leczenia lekarz pierwszego kontaktu i tak musi skierować pacjenta do specjalisty, po drugie z faktu, że w trakcie realizacji projektu niemożliwe było zebranie odpowiednio obszernej bazy danych dla specyficznych jednostek chorobowych. Oczywiście, zapewniono możliwość wprowadzenia szczegółowej diagnozy w formie tekstu, a rozszerzenie systemu jest osiągalne bez znaczącej jego przebudowy.

### 3. Teoria Dempstera-Shafera w zastosowaniu do wspomagania diagnozy medycznej

#### 3.1. Reprezentacja wiedzy

W teorii Dempstera-Shafera wiedza o rozwiązywanym problemie jest reprezentowana w postaci tzw. funkcji zaufania (oznaczanej przez  $Bel$  – ang. „belief”). Teoria pozwala na wyprowadzenie konkluzji z przesłanek, które są nieprecyzyjne i/lub niekompletne. Określenie funkcji zaufania  $Bel$  jest możliwe na podstawie zdefiniowanych uprzednio tzw. elementów ogniskowych, czyli zdań, a w przypadku wnioskowania – przesłanek, o których posiadamy informacje. Informacje te wyraża tzw. rozkład bazowy prawdopodobieństwa [2].

W przypadku diagnozy medycznej przesłankami są symptomy, a konkluzją jednostka chorobowa. Pod nazwą „symptom” rozumie się tutaj parametr medyczny odniesiony do normy lub określenie lingwistyczne. Przykładowo: „ $T_3 > \text{normy}$ ”, „suma indeksu Crooksa  $\geq 20$ ” lub „zadyszka wysiłkowa: tak” są symptomami nadczynności tarczycy. Symptomy mogą być złożone i nie muszą być rozłączne. Jednakże aby uprościć obliczenia numeryczne przyjęto, że o ile symptom składa się z dwóch objawów występujących w koniunkcji, a obok niego występuje inny symptom będący w istocie jednym ze składowych objawów, traktuje się je oddzielnie, jako dwie, niezależne przesłanki. Takie podejście jest możliwe w teorii Dempstera-Shafera. Określenia lingwistyczne objawów można także traktować jak odniesienia parametru do normy, by w ten sposób osiągnąć jednolitą reprezentację symptomów.

Powyższe uwagi można streścić w następującym zapisie symbolicznym:

$\text{parametr} \langle \text{relacja} \rangle \text{norma} \equiv \text{symptom}$

$\text{symptom}_a \wedge \text{symptom}_b \equiv \text{symptom}$

Przyjąwszy oznaczenia:  $D$  – choroba,  $H$  – zdrowie,  $s_{D_i}$  – symptom choroby,  $s_{H_j}$  – symptom, zdrowia,  $\text{norma}_\downarrow$ ,  $\text{norma}_\uparrow$  – dolna i górna granica normy, można zapisać przykładowo:

$\{ \text{parametr}_i < \text{norma}_\downarrow \} \equiv s_{D_i}$

$\{ \text{parametr}_i \in [\text{norma}_\downarrow, \text{norma}_\uparrow] \} \equiv s_{H_j}$

oraz reguły wnioskowania:

$\{s_{D_1}, \dots, s_{D_k}\} \Rightarrow D, \quad \{s_{H_1}, \dots, s_{H_n}\} \Rightarrow H.$

Tworzy się reguły, które przyporządkowują symptomy do odpowiednich diagnoz. Należy zauważyć, że symptomy często odnoszą się do tych samych parametrów medycznych, ale do różnych diagnoz. Na przykład jeżeli parametrem medycznym jest pewien test hormonalny, to wynik tego testu w przedziale wartości właściwych zdrowemu człowiekowi jest symptomem zdrowia, powyżej górnej granicy normy – objawem nadczynności tarczycy, a poniżej dolnej granicy – objawem niedoczynności tarczycy. Tak więc ustalenie norm jest jednocześnie określeniem reguł wnioskowania. Jest to ważne zwłaszcza wtedy, gdy normy są indywidualnie określone dla każdego laboratorium.

Symptom potwierdza hipotezę w stopniu odpowiadającym jego wartości bazowego rozkładu prawdopodobieństwa.

### 3.2. Obliczanie bazowego rozkładu prawdopodobieństwa

W teorii Dempstera-Shafera bazowy rozkład prawdopodobieństwa  $m$  jest określony w następujący sposób [2]:

$$\begin{aligned} m(f) &= 0 \\ \sum_{a \in T} m(a) &= 1, \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie  $f$  oznacza zdanie fałszywe, a  $T$  zbiór elementów ogniskowych. Jak już wspomniano, we wspomaganiu diagnozy medycznej przesłankami są symptomy, a konkluzją choroba lub zdrowie. Tak więc bazowy rozkład prawdopodobieństwa musi spełniać (1) dla każdej konkluzji z osobna, w omawianym przykładzie dla nadczynności i niedoczynności tarczycy oraz eutyreozy. Przesłanki nie muszą być niezależne, co jest wielkim udogodnieniem w stosunku do teorii prawdopodobieństwa. Bazowy rozkład prawdopodobieństwa jest jednak jedynym nośnikiem informacji podczas wnioskowania, toteż od jakości jego określenia zależy efektywność wspomaganie decyzji. Zaproponowano cztery metody określania tego rozkładu.

1. „Płaski” – gdy wszystkie symptomy mają jednakowy wpływ na diagnozę

$$m_D(s_{Di}) = \frac{1}{n} \quad i = 1, \dots, n;$$

Metoda jest stosowana, gdy nie ma żadnej informacji o wagach symptomów w procesie diagnozy.

2. Określający wpływ poszczególnych objawów na diagnozę zgodnie z oceną ekspertów. Ten sposób określenia bazowego rozkładu prawdopodobieństwa oddaje wagę objawów w testach punktowych, np. w indeksie Crooksa i Murraya [1, 4].

$$m_D(s_{Di}) = \frac{p_i}{\sum_{j=1}^n p_j} \quad i = 1, \dots, n;$$

gdzie  $p_i$  – punktacja przewidziana przez ekspertów lub obliczona na podstawie testu punktowego.

3. Obliczony jako normowana różnica pomiędzy częstością występowania objawu u osób chorych i zdrowych:

$$m_D(s_{Di}) = [P(s_{Di} / D) - P(s_{Di} / \neg D)] \quad i = 1, \dots, n;$$

Normowanie zapewnia (1). Jest to najbardziej efektywna metoda obliczania rozkładu, ponieważ pozwala na wyeliminowanie z diagnozy objawów, które w bazie danych wydają się świadczyć przeciw konkluzji, mimo, iż np. w opinii ekspertów powinny ją potwierdzać. Jak wynika z własnych doświadczeń takie sytuacje dotyczą objawów pomocniczych, które jednak w większej liczbie mogą w znaczący sposób fałszować diagnozę. W przypadku ujemnej różnicy przyjmuje się  $m_D = 0$ .

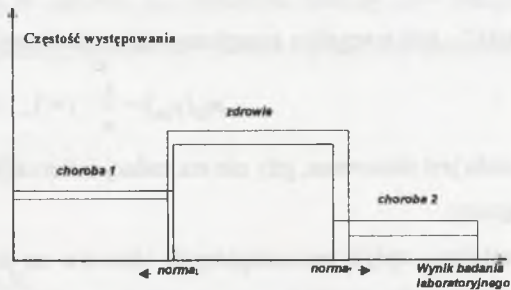
4. Obliczony jako normowana różnica pomiędzy częstością występowania i braku objawu u osób chorych:

$$m_D(s_{Di}) = [P(s_{Di} / D) - P(\neg s_{Di} / D)] \quad i = 1, \dots, n;$$

Normowanie zapewnia (1). Metoda może być stosowana, gdy brak grupy kontrolnej.

### 3.3. Znaczenie norm dla definiowania symptomów

Wartość norm ma istotny wpływ na formułowanie objawów. Szczególnie ważne jest to w przypadku symptomów, dla których normy mogą zależeć od laboratorium, w którym są wykonywane badania, oraz objawów, których częstość występowania może w dużym stopniu zależeć od populacji. Na przykład normy dla BMI są ściśle określone, ale w przypadku diagnostyki chorób tarczycy należy brać pod uwagę także to, czy mamy do czynienia z populacją szczupłą, czy też otyłą. Niejednokrotnie znaczna część wyników jednego z parametrów medycznych wypada na granicy normy. Dzieje się tak zwłaszcza w tere-

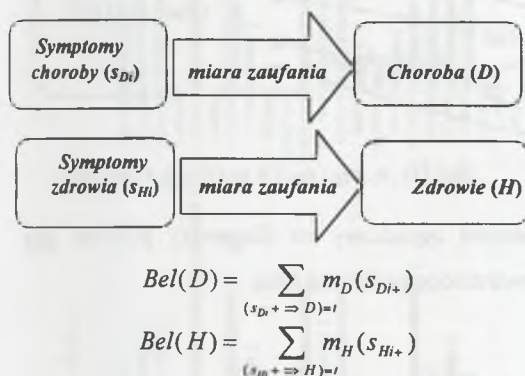


Rys.1. Nieznaczna zmiana norm może istotnie zmienić wartość bazowego rozkładu prawdopodobieństwa dla wybranego symptomu  
Fig.1. Slight change in norm limits can result in a significant change of a basic probability assignment value for a chosen symptom



nach o dużym zanieczyszczeniu środowiska. Wówczas lekarz może ocenić wpływ danego parametru na diagnozę poprzez próbną, chwilową, nieznaczną zmianę normy i wykonanie obliczeń bazowych rozkładów prawdopodobieństwa, a w konsekwencji także funkcji zaufania. Może to mieć duże znaczenie poznawcze. W przypadku zebranej bazy danych dane na granicy normy wystąpiły dla niewielkiej grupy pacjentów, ale problem ten w szerszej skali wykonawcy projektu obserwowali podczas wcześniejszych badań związanych z oceną stanu układu oddechowego u dzieci na Górnym Śląsku. Wpływ zmiany norm na wartość bazowego rozkładu prawdopodobieństwa wyjaśnia rys.1.

### 3.4. Diagnoza jako interpretacja wartości funkcji zaufania



Rys.2. Sposób obliczania wartości miary zaufania we wnioskowaniu medycznym z zastosowaniem teorii Dempstera-Shafera. Znak „+” oznacza symptom obecny u badanego pacjenta

Fig.2. A method of a belief measure value calculation in medical reasoning using Dempster-Shafer theory. Symbol „+” stands for a symptom present in an examined patient

wartości dla dwóch konkurujących hipotez, np. nadczynności tarczycy i eutyreozy. Zdarza się, że przykładowo wartość funkcji zaufania dla nadczynności tarczycy wynosi 0.3 i podejrzenie choroby na tej podstawie można uznać za uzasadnione, ponieważ odpowiednie wartości dla eutyreozy i niedoczynności tarczycy są bliskie zeru. Tak niewielkie

Jeżeli przesłanka  $b$  wskazuje na konkluzję  $a$  ( $b \Rightarrow a$ ), to wartość funkcji zaufania do  $a$  na podstawie informacji o  $b$  wylicza się jako [2]:

$$Bel(a) = \sum_{(b \Rightarrow a)=t} m(b) \quad (2)$$

gdzie  $t$  oznacza prawdę.

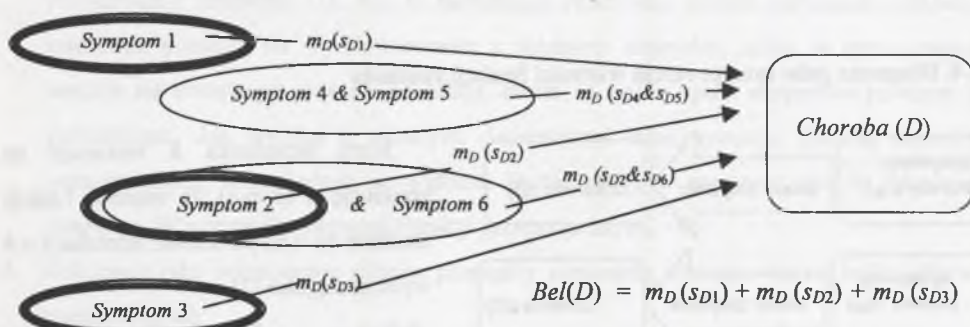
Interpretację powyższej definicji w zastosowaniu medycznym wyjaśnia rys.2. O ile wartość funkcji zaufania obliczona dla danego pacjenta jest niezbyt duża (np. 0.9), znacznie bezpieczniej jest podejmować decyzję porównując

Tabela 1  
Wartości funkcji zaufania odpowiadające wielkościom sumy indeksu Crooksa

Liczba obecnych symptomów	Wartość indeksu Crooksa	$Bel(a)$
18	45	1
17	43	.970
15	39	.847
13	31	.614
11	25	.483
7	16	.240
5	11	.191
3	8	.111
1	3	.077
0	0	0

wartości funkcji zaufania otrzymywane są dla tych pacjentów, dla których dane są niekompletne. Poza tym również można zaobserwować, że transformacja testów punktowych na reguły wnioskowania wymaga przyjęcia progu znacznie niższego niż 0.5 dla potwierdzonych diagnoz. Przykładowe zależności dla indeksu Crooksa podano w tab. 1.

Niezwykłe ważne jest brak założeń o niezależności objawów, ponieważ często się zdarza, że ten sam parametr medyczny musi być podczas wnioskowania rozpatrywany dwukrotnie – samodzielnie oraz w połączeniu z innym symptomem. Poniższy diagram wyjaśnia wnioskowanie w takiej sytuacji.



Strzałki obrazują reguły wnioskowania (element ogniskowy  $\Rightarrow$  diagnoza), podczas gdy zaobserwowane dla pacjenta symptomy są obwiedzione podwójną linią.

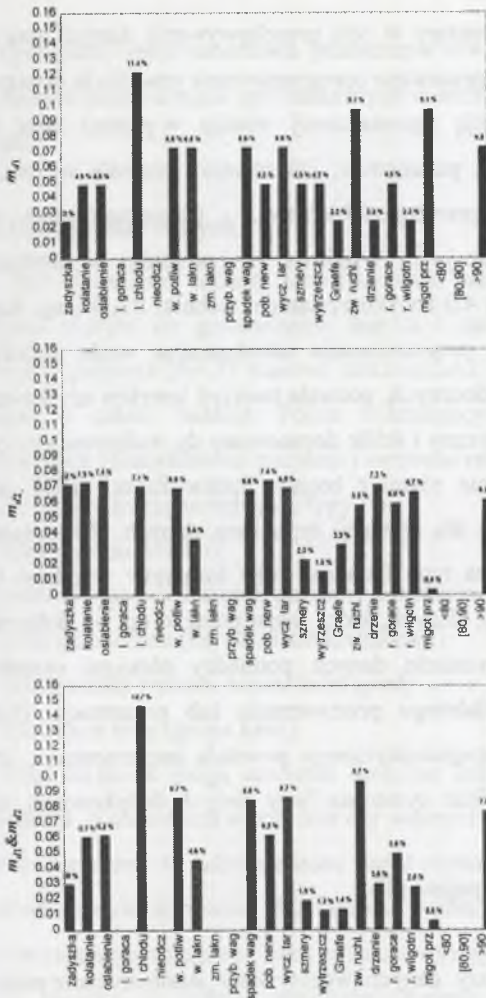
### 3.5. Łączenie bazowych rozkładów podobieństwa

W ramach teorii Dempstera-Shafera możliwe jest łączenie informacji pochodzącej z dwóch źródeł (dwóch rozkładów bazowych prawdopodobieństwa), zgodnie ze wzorem [2]:

$$\forall_{a \neq f} m(a) = \frac{\sum_{b \wedge c = a} m_1(b) \cdot m_2(c)}{\sum_{b \wedge c \neq f} m_1(b) \cdot m_2(c)} \quad (3)$$

Tak więc dla diagnozy medycznej, w której informacja pochodzi z dwóch źródeł (np. dwóch baz danych) o identycznie zdefiniowanych symptomach choroby:

$$\forall_{S_{D_i} \neq f} m_D(S_{D_i}) = \frac{\sum_{S_{D_1} \wedge S_{D_2} = S_{D_i}} m_{D1}(S_{D_1}) \cdot m_{D2}(S_{D_2})}{\sum_{S_{D_j} \wedge S_{D_k} \neq f, j=1, \dots, k} m_{D1}(S_{D_j}) \cdot m_{D2}(S_{D_k})} = \frac{m_{D1}(S_{D_i}) \cdot m_{D2}(S_{D_i})}{\sum_{S_{D_j} \neq f, j=1, \dots, k} m_{D1}(S_{D_j}) \cdot m_{D2}(S_{D_j})}$$



Rys.3. Łączenie bazowych rozkładów prawdopodobieństwa dla objawów nadczynności tarczycy w indeksie Crooksa

Fig.3. Basic probability assignments combining in Crooks index for hyperthyroidism

Istnieje możliwość łączenia informacji, nawet w przypadku gdy symptomy w dwóch bazach danych nie są jednakowo zdefiniowane (przy przyjęciu złożonych upraszczających wnioskowanie). Jest to niezwykle istotna cecha teorii Dempstera-Shafera, która czyni ją nadzwyczaj przydatną do zastosowań medycznych. Przykład obliczania łącznych wartości bazowego rozkładu prawdopodobieństwa (na podstawie opinii ekspertów oraz bazy danych) dla objawów indeksu Crooksa pokazano na rys.3.

## 4. Oprogramowanie i baza danych

### 4.1. Charakterystyka oprogramowania

Oprogramowanie powstałe w ramach realizacji projektu badawczego ma charakter bazy danych pacjentów z chorobą tarczycy, a implementacja teorii Dempstera-Shafera pozwala wykorzystywać je jako narzędzie wspomagania diagnozy medycznej. Założeniem każdej

implementacji tego typu jest stworzenie struktury w celu przechowywania danych oraz ich udostępnienie różnym innym aplikacjom. Opracowane oprogramowanie umożliwia akwizycję danych, ich przetwarzanie oraz prezentację zgromadzonej wiedzy w postaci tabel lub histogramów rozkładu wartości wybranych parametrów, jak również pozwala wyznaczyć i porównać miarę bazowego rozkładu prawdopodobieństwa. Oprogramowanie jest przeznaczone do pracy w systemie operacyjnym Windows 9x i powstało w obiektowo zorientowanym środowisku Borland Delphi 4.0 z wykorzystaniem techniki RAD (ang. Rapid Application Development). Ten sposób programowania udostępniając wiele gotowych obiektów zarówno widocznych, jak i niewidocznych, pozwala tworzyć interfejs użytkownika aplikacji w sposób relatywnie szybki, elastyczny i ściśle dopasowany do realizowanego celu. Środowisko Borland Delphi 4.0 udostępnia również bogaty zestaw funkcji BDE (ang. Borland Database Engine), dedykowanych dla aplikacji typu baza danych. Zastosowanie standardowych formatów baz danych (baza typu Paradox) oraz formatów wyników (typ ASCII) umożliwiło bezpośrednią transmisję danych, która może polegać np. na dołączaniu innych baz danych do systemu lub wymianie danych pomiędzy różnymi ośrodkami medyczno-obliczeniowymi, w celu ich dalszego przetwarzania lub prezentacji. Dzięki zastosowaniu nowoczesnego środowiska programistycznego powstała implementacja, która spełnia wymagania stawiane przed niewielkim systemem bazy danych dedykowanej ściśle określone mu zastosowaniu.

W skład oprogramowania wchodzi następujące pliki:

- DSH.EXE               - program główny,
- PARAM.TXT           - plik z listą pól bazy danych wczytywany automatycznie podczas uruchamiania systemu,
- BAZA1.DB             - baza danych pacjentów (nazwa bazy dowolna, jedynie rozszerzeniem musi być \*.DB),
- BAZA1.NRM           - plik norm danej bazy,
- RULES1.DB           - baza wiedzy zawierająca reguły wnioskowania.

W omawianym systemie bazy danych można wyróżnić kilka podstawowych składników:

- karta wywiadu pacjenta,
- edytor reguł,
- moduł prezentacji histogramów rozkładu oraz wyników implementacji teorii Dempstera-Shafera,
- narzędzia edycji bazy danych.

Oprogramowanie umożliwia jednocześnie otwarcie trzech baz, pozwalając na niezależne lub zależne przetwarzanie zgromadzonych w nich danych oraz wymianę informacji pomiędzy bazami.

#### 4.2. Format bazy danych

Pod kierunkiem lekarzy zaprojektowano ankietę (rys.4), która w początkowym etapie projektu służyła do gromadzenia danych i stanowiła wzorzec dla bazy danych. Karta wywiadu pacjenta (rys.5) stanowi elektroniczną wersję tej ankiety i jest wypełniana przez lekarza w czasie badania. Polem indeksującym bazy jest unikatowy numer pacjenta pozwalający identyfikować pacjenta i sortować rekordy w bazie.

W bazie istnieją następujące typy pól:

- tekstowe (nazwisko);
- numeryczne (cholesterol, poziomy hormonów);
- pola zaznaczane (czynniki środowiskowe);
- przełączniki wyboru odpowiedzi (płeć)
- rozwijane listy (grupa krwi)

Pola tekstowe mogą zawierać dowolne informacje, służą m. in. do przechowywania informacji o chorobach w rodzinie czy ważnych wydarzeniach poprzedzających zachorowanie. Pola numeryczne są zabezpieczone przed wpisaniem danych innych niż liczby lub danych w niewłaściwym formacie. Przełączniki wyboru stosowane są, gdy możliwe odpowiedzi wykluczają się wzajemnie. Taka sytuacja występuje dla wielu prostych objawów ustalanych przez lekarza w trakcie wywiadu. Pacjent pytany o występowanie objawu może odpowiedzieć: "tak" / "nie" / "nie wiem". W polach zaznaczanych można zaznaczyć kilka odpowiedzi naraz, np. czynniki środowiskowe takie jak hałas i zapylenie mogą występować jednocześnie. Przy rozwijanych listach (grupa krwi, rozpoznanie) wybierana jest jedna odpowiedź z proponowanych. Wymuszenie podawania odpowiedzi ze zbioru, czyli w standardowej formie, jest dużą zaletą podczas późniejszego przetwarzania danych (również w programach zewnętrznych), zaś przy wyświetlaniu pole tego typu zajmuje mniej miejsca niż podobne pole przełączników wyboru.

Dodatkowo w trybie wprowadzania danych dostępne są pola kasowania wszystkich odpowiedzi dołączone do grup pól typu przełącznik wyboru. Umożliwiają one wyczyszczenie przypadkowo zaznaczonej błędnej odpowiedzi bez konieczności ponownego wprowadzania całego rekordu od początku. Jest to bardzo ważna cecha, bowiem przy interpretacji danych

numer

imię  nazwisko

wiek (w latach)  płeć  M  K

wykształcenie podstawowe  średnie  wyższe  liczba klas

zawód wyuczony  zawód wykonywany

stan cywilny panna/kawaler  wolna/y  zamężna/zonaty  wdowa/wdowiec  liczba dzieci

liczba papierosów wypalanych: dziennie  alkohol wypijany w litrach w tygodniu

czy w rodzinie ktoś chorował na tarczycę  T  N kto

zaburzenia miesiączkowania  T  N poronienia samoistne  T  N

początek objawów łagodnie narastające  ostry

Rys.4. Fragment ankiety opracowanej pod kierunkiem lekarzy, na podstawie której zbierano dane w początkowym okresie projektu oraz ustalono format bazy danych

Fig.4. A fragment of a form elaborated according to physicians' instructions, used for data collecting in the primary stage of the project as well as for database format designing

ciężar ciała starożytny w skrajności krwi RR (sk/csk) [mmHg] HR [bpm]

2,76 [mg %] [mmol/l] X 160 / 78 160

Ważna wydzielanie zyciowa w okresie poprzedzającym chorobę

T  N  choroba w rodzinie

TR	średnia (sk)	Norma MIN	Norma MAX	średnia (sk)
TR3	16,3	2,0	6,5	
TR4	52,8	11,0	27,4	
TR5				

brak bólu  T  N  zwiększone prędkość  T  N

dławienie w gardle  T  N  słaby łękawa i/lub depresyjna  T  N

bioganka  T  N  wstrząsanie lub migotanie  T  N

zaparcia  T  N

INDEKS CROOKS'a

zadyszka wysiłkowa występująca od nieświeżo lub osłabio wyrażnie nasilona  T  N  1 wyczuwalna tarczyca  T  N

kolosalna serca  T  N  2 szmer nad tarczycą  T  N

Rys.5. Widok karty badania pacjenta  
Fig.5. A screen of a patient's examination card

istnieje duża różnica pomiędzy odpowiedzią “nie wiem” a brakiem odpowiedzi w ogóle (objaw nieznan).

Na ogół jedno pole odpowiada jednemu objawowi. Jednak część parametrów opisana jest przez kilka pól. Dzieje się tak z dwóch powodów:

- wprowadzanie danych powinno odbywać się w naturalnej dla użytkownika formie, ważne jest też dokładne zachowywanie pierwotnej informacji, np. okres spadku wagi można podawać w dniach, tygodniach lub miesiącach, a poziom cholesterolu w mg% lub mmol/l; konieczne przed porównaniami przeliczenia są dokonywane automatycznie,
- niektóre objawy do prawidłowej interpretacji wymagają dodatkowych informacji, np. z poziomem każdego hormonu stowarzyszone są pola dla zakresu normy i jednostek, ponieważ laboratoria mają czasami swoje własne normy.

Niektóre pola, np. BMI, indeks Crooksa czy zakres tętna wypełniane są automatycznie na podstawie wcześniejszych odpowiedzi, choć użytkownik ma również możliwość wpisania do nich danych bezpośrednio. Takie rozwiązanie oszczędza lekarzowi rutynowych obliczeń, pozwalając jednocześnie na uwzględnienie w bazie pacjentów, dla których dostępne są tylko niepełne informacje.

#### 4.3. Rodzaje danych pacjenta

Informacje o pacjencie magazynowane w bazie można podzielić na następujące grupy:

- 1) informacje podstawowe,
- 2) informacje demograficzne,
- 3) tło choroby,
- 4) wyniki testów laboratoryjnych i innych pomiarów,
- 5) badane nowe objawy,
- 6) objawy na podstawie których liczony jest indeks Crooksa i suma indeksu Crooksa (odpowiednio: indeks Murraya),
- 7) rozpoznanie.

Szczegółową listę pozycji w każdej grupie zawiera tab.2. Tutaj zwrócimy tylko uwagę na grupę „badane nowe objawy”. Należą do niej m. in.: bezsenność, dławienie w gardle, biegunka, zaparcia, stany lękowe i/lub depresyjne, osłabienie siły mięśniowej, zwiększone pragnienie. Jak się przypuszcza, te parametry medyczne mogą mieć związek z nadczynnością tarczycy. Stwierdzenie symptomów jest bardzo proste: wystarczy wywiad lub proste badanie, nie wymaga się specjalistycznej wiedzy od lekarza ani kosztownych czy czasochłonnych

Tabela 2

## Schematyczny podział informacji w bazie danych

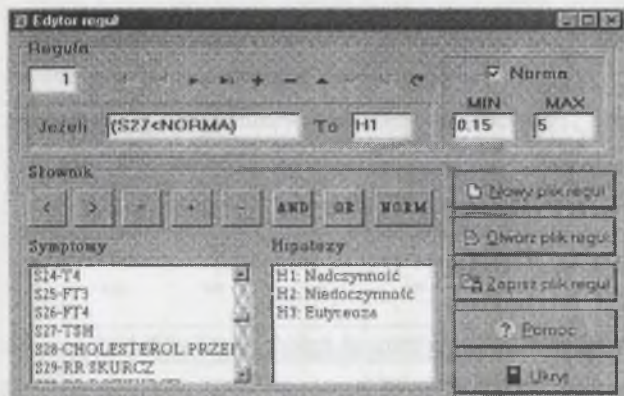
Lp.	Grupa danych	Pozycje
1	Informacje podstawowe	Numer pacjenta w bazie danych, imię i nazwisko
2	Informacje demograficzne	Płeć, wiek, waga, wzrost, BMI, Wykształcenie (liczba klas), zawód wyuczony, zawód wykonywany, stan cywilny, liczba dzieci
3	Tło choroby: Wywiad rodzinny, Wywiad środowiskowy, Przebieg choroby	Czy i kto w rodzinie chorował na tarczycę, Liczba wypalanych dziennie papierosów, ilość wypijanego alkoholu, Czynniki środowiskowe (hałas, wibracje, zapylenie), ważne wydarzenia życiowe w okresie poprzedzającym chorobę, Początek objawów (ostry/łagodnie narastający), czas trwania objawów przed pierwszą wizytą, spadek wagi, zaburzenia miesiączkowania, poronienia samoistne
4	Testy laboratoryjne	Poziomy hormonów (T3, T4, FT3, FT4, TSH) w surowicy krwi wraz z normami, poziom cholesterolu) w surowicy krwi, grupa krwi
5	Badane nowe objawy	Czas odruchu ze ścięgna Achillesa, bezsenność, dławienie w gardle, biegunka, zaparcia, stany lękowe i/lub depresyjne, osłabienie siły mięśniowej, zwiększone pragnienie, ciśnienie tętnicze krwi
6	Objawy do indeksu Crooksa i indeks Crooksa jako suma (odpowiednio: indeks Murraya)	Objawy indeksu Crooksa: zadyszka wysiłkowa występująca od niedawna lub ostatnio wyraźnie nasiloną, kołatanie serca, osłabienie, lepsza tolerancja gorąca, lepsza tolerancja chłodu, nieodczuwanie wpływu temperatury, wzmożona potliwość, wzmożone łaknienie, zmniejszone łaknienie, przybytek wagi, spadek wagi, pobudliwość nerwowa, wyczuwalna tarczyca, szmery nad tarczycą, wytrzeszcz, zwiększone rozwarście szpary powiekowej, opóźnienie ruchu górnej powieki (objaw Graefego), zwiększona ruchliwość, drżenie palców, ręce gorące, ręce wilgotne, migotanie przedsionków, częstość akcji serca
7	Rozpoznanie	Diagnoza

badan laboratoryjnych. Jeżeli związek z chorobą zostanie potwierdzony, badane objawy będą cenną pomocą dla lekarza pierwszego kontaktu przy wstępnym rozpoznaniu i podejmowaniu decyzji o dalszym leczeniu. Karty ankiet wypełniane dla kolejnych pacjentów są wprowadzane do bazy danych. Pasek nawigacyjny towarzyszący każdej otwieranej bazie danych zawiera klawisze funkcyjne umożliwiające utworzenie nowego, edycję lub skasowanie rekordu, przesuwanie się w bazie o jedną pozycję w przód lub wstecz oraz na początek lub koniec bazy.

#### 4.4. Edytor reguł

Edytor reguł (rys.6) stanowi moduł pozwalający na zarządzanie aktualnie otwartą bazą reguł. Zbiór reguł zapisany jest fizycznie w formacie bazy Paradox, podobnie jak dane pacjenta. Menu okna edytora reguł umożliwia utworzenie nowej bazy, otwarcie istniejącej oraz zapisanie aktualnego stanu bazy. Edycji zbioru reguł dokonuje się za pomocą klawiszy funkcyjnych paska nawigacyjnego omówionego powyżej. Reguły wprowadzane do bazy





Rys.6. Widok okna modułu edytora reguł  
Fig.6. A screen of a rule editor module

iloczyn) dwóch symptomów lub kilka składników połączonych operatorami logicznymi OR oraz AND.

Zasady dotyczące formy reguły są następujące:

- każda przesłanka reguły musi być zamknięta w nawiasach,
- wybrane symptomy powinny być wprowadzane do tekstu przesłanki reguły w postaci symbolu S+ nr symptomu w liście
- pole wniosku reguły powinno zawierać symbol H + nr diagnozy (1, 2, 3 odpowiednio dla nadczynności, niedoczynności tarczycy i eutyreozy).

Poniżej przedstawiono przykłady tekstu reguły prostej i złożonej:

*IF (S27<NORMA) THEN H1*

*IF (S3=T) AND (S44<10) AND (S14=NORMA) THEN H2*

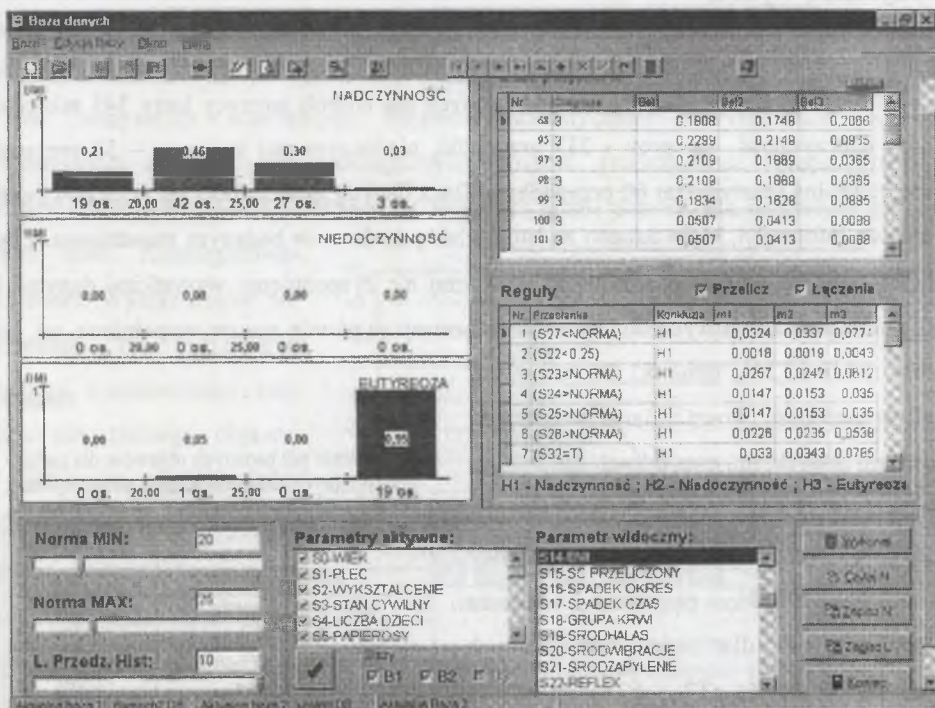
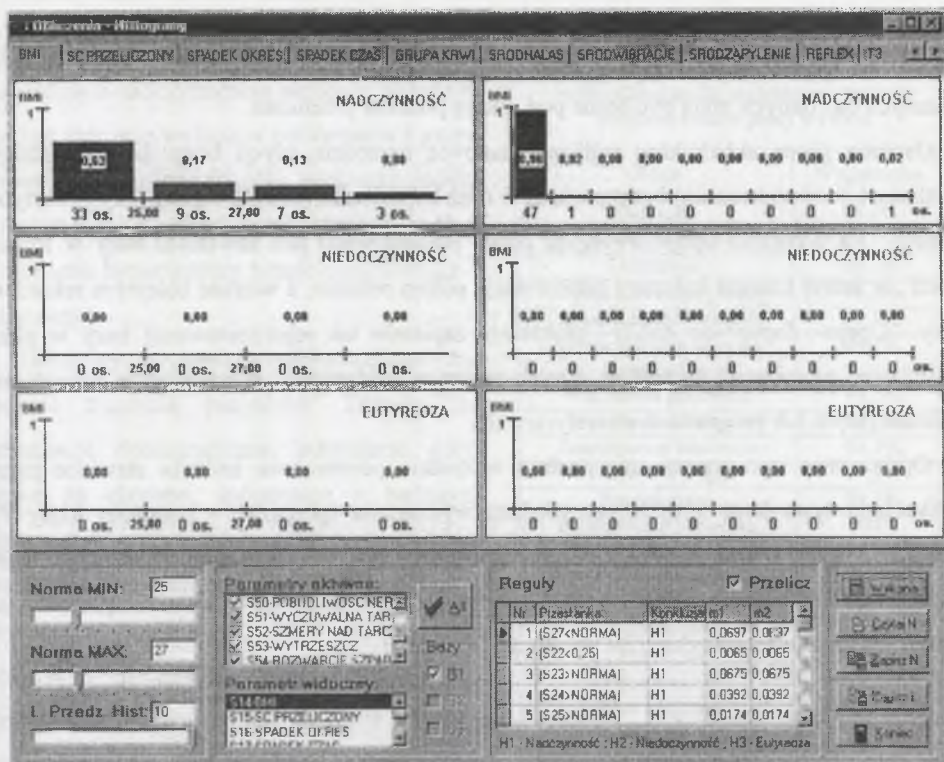
Okno edytora reguł zawiera obiekty mające na celu usprawnienie wpisywania tekstu nowej reguły do bazy oraz zapewnienie zachowania poprawności jej składni. Dzięki wprowadzeniu przycisków zawierających symbole „słownika” tworzenia reguły (+, -, \*, <, >, =, NORM) praktycznie cały jej tekst można wpisać posługując się wyłącznie myszką, bez udziału klawiatury. Wszystkie dostępne symptomy otwartej bazy danych pacjentów są wyświetlane w postaci listy wyboru, a wprowadzenie symbolu wybranego symptomu do tekstu reguły następuje automatycznie po dwukrotnym wskazaniu symptomu z listy. Analogicznie wprowadzane są symbole diagnozy. Jeśli w wyniku operacji relacji pomiędzy składnikami reguły pojawi się symbol NORMA, aktywne stają się pola umożliwiające wpisanie wartości minimalnej i maksymalnej normy dla danego parametru. Nie jest to jednak konieczne, gdyż wartości norm dla poszczególnych symptomów można ustalać również w module prezentacji wyników. Każda reguła ma unikatowy numer, który stanowi

muszą mieć określoną składnię, dzięki czemu możliwa jest automatyczna analiza reguły w procesie wyznaczania wartości miary bazowego rozkładu prawdopodobieństwa. System umożliwia tworzenie reguł prostych (jednoskładnikowych) oraz złożonych, których przesłankę stanowi wynik działania arytmetycznego (suma, różnica,

jednocześnie wartość pola indeksującego bazy reguł. Po wpisaniu tekstu reguły oraz wybraniu polecenia *ZAPISZ* dokonywane jest automatyczne sprawdzenie poprawności wypełnienia pól reguły oraz jej składni. W przypadku pojawienia się błędu odpowiedni komunikat informuje użytkownika o jego możliwej przyczynie.

#### 4.5. Moduł wnioskowania i prezentacji wyników

Najbardziej rozbudowaną część oprogramowania stanowi moduł prezentacji histogramów rozkładu wartości wybranych parametrów bazy danych pacjentów oraz wyników obliczeń implementujących teorię Dempstera-Shafera. Okno tego modułu (rys.7) podzielone jest na dwie części. Pierwsza przedstawia w postaci wykresów słupkowych licznosci grup wartości prezentowanego symptomu w relacji do ustalonej wartości normy tego parametru (poniżej normy, w normie, powyżej normy) oraz histogram rozkładu wartości wybranego symptomu. Wykresy te podzielone są na trzy grupy względem postawionej diagnozy (nadczynność, niedoczynność tarczycy, eutyreoza). Ta część okna aplikacji ma formę nakładających się na siebie stronic, odpowiadających wszystkim wybranym symptomom. Zmiany prezentowanego parametru dokonuje się wskazując myszką odpowiednią zakładkę lub wybierając z listy „*parametry widoczny*” odpowiednie pole. Druga część okna modułu zawiera obiekty sterujące oraz listę reguł sprzężoną z bazą reguł utworzonych w edytorze reguł. Zmiany dokonywane w module edytora reguł są automatycznie wprowadzane do tabeli, co zapewnia dokonywanie obliczeń na uaktualnionej zawartości bazy. Klawisze funkcyjne umożliwiają wczytanie oraz zapisanie pliku norm dla danej bazy. Baza może posiadać własny, domyślny plik norm nazwany: „*Nazwa\_bazy.NRM*”, który jeśli jest obecny na dysku, zostaje automatycznie wczytany podczas otwarcia okna modułu aplikacji a wartości norm zapisane w pliku są przypisywane odpowiednim symptomom. Używając klawiszy funkcyjnych „*Czytaj N*” oraz „*Zapisz N*” można wczytać lub zapisać na dysk dowolny plik zawierający wartości norm. Moduł obliczeniowy umożliwia zmianę wartości norm aktywnego parametru poprzez wpisanie nowej wartości do pola edycyjnego lub zmianę położenia odpowiedniego suwaka interfejsu użytkownika. Możliwość zmiany wartości norm, co powoduje zmianę licznosci grup przypadków spełniających daną regułę wpisana do bazy, stanowi istotną zaletę aplikacji ze względu na niejednolite wartości norm stosowane dla tych samych parametrów w różnych ośrodkach oraz możliwość badania wpływu wartości normy na wartości bazowego rozkładu prawdopodobieństwa, wyznaczanego dla poszczególnych



rys.7. Widok okien modułu obliczeń i prezentacji wyników  
Fig.7. A screen of calculations and results presentation modules

symptomów. Zaznaczając odpowiednie pola wyboru można zdecydować, które spośród otwartych baz danych mają być brane pod uwagę podczas przeliczeń.

Ostatnią grupę składników aplikacji stanowią narzędzia edycji bazy danych. Istnieje możliwość tworzenia nowej bazy pacjentów oraz kopiowania rekordów pomiędzy otwartymi bazami. Po wybraniu opcji „Przegląd bazy” prezentowana jest zawartość bazy w formie tabeli, w której kolejne kolumny odpowiadają polom rekordu, a wiersze kolejnym rekordom bazy. Opcja „Export do ASCII” umożliwia zapisanie tak reprezentowanej bazy w pliku tekstowym, co pozwala na analizę danych w innym środowisku programowym, np. arkuszu kalkulacyjnym lub programach statystycznych.

Opracowane oprogramowanie spełnia wszystkie podstawowe zadania stawiane przed aplikacjami typu baza danych, ma nieduże wymagania sprzętowe - komputer klasy PC Pentium, system Windows 9x. Wykorzystując zalety środowiska programistycznego Delphi 4.0 uzyskano dużą elastyczność podczas projektowania zarówno karty wywiadu pacjenta, jak i modułów przetwarzania danych i prezentacji wyników.

## 5. Uzyskane wyniki

Opracowana w ramach projektu baza danych dla chorób tarczycy liczy 345 rekordów, w tym: nadczynność tarczycy - 233 przypadki, niedoczynności tarczycy - 52 przypadki, grupa kontrolna (eurytyreozą) 60 przypadków. Baza danych zawiera pola do przechowywania wszelkich informacji, które uznano za istotne lub przydatne w badanym zagadnieniu. Część pól pozostaje nie wypełniona, bowiem zazwyczaj nie dysponujemy wszystkimi danymi. Na ogół pola dotyczące łatwych do uzyskania informacji są prawie zawsze wypełnione, np. wiek 93,6%, BMI 93,3%, tętno 82,9%, natomiast większa złożoność i koszt badania związane są z brakami danych, np. czas odruchu ze ścięgna Achillesa (w skrócie „refleks”) znany jest dla 43,8%, a poziom cholesterolu w surowicy krwi dla 42,6% pacjentów. Procent wypełnienia pól dla badań hormonalnych waha się od 80,6% (T3 i FT4) do 40,0% (TSH). Indeks Crooksa znany jest dla 73,3%

Tabela 3

Wypełnienie pól badanych objawów dla pacjentów, u których przeprowadzono pełny wywiad

Objaw	Wypełnienie
Bezsennaść	100%
Dławienie w gardle	100%
Zaparcia	98,9%
Biegunka	100%
Stany lękowe	100%
Oslabienie	100%

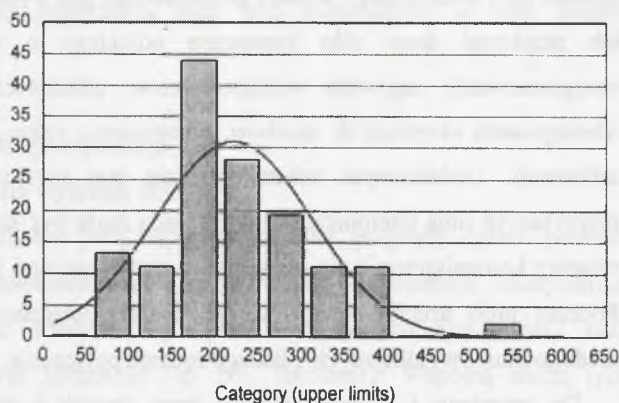
wszystkich przypadków, przy czym dla pacjentów z nadczynnością tarczycy wypełnienie jest znacznie wyższe w porównaniu z grupą kontrolną i wynosi 99,6%, ponieważ indeks Crooksa jest wykorzystywany głównie w diagnozowaniu hipertyreozы (częściowo również – eutyreozы).

Dokładny wywiad przeprowadzany był jedynie z częścią pacjentów. Dlatego też informacje demograficzne, informacje dotyczące tła choroby, informacje o badanych objawach i szczegółowe informacje o objawach składających się na indeks Crooksa dostępne są dla 48% pacjentów. Jednakże w tej podgrupie pacjentów pola stwierdzanych symptomów i objawów dla indeksu Crooksa, wymagające odpowiedzi “tak” / “nie” / “nie wiem”, cechują się szczególnie dobrym wypełnieniem. Szczegółowe dane dla badanych objawów zawiera tab.3, a dla indeksu Crooksa tab.4.

Dla wszystkich mierzalnych objawów statystycznie zweryfikowano założenie o normalności rozkładu w poszczególnych grupach (nadczynność, grupa kontrolna, niedoczynność tarczycy). Ze względu na niewielką liczbę danych, dla niektórych objawów użyto testu Kołmogorowa-Smirnowa. Wyniki testów nie pozwalają na odrzucenie hipotezy o normalności rozkładu dla żadnego objawu. W większości przypadków poziom istotności  $p$  odpowiadający wyliczonej wartości testu jest pomijalnie mały, jedynie w trzech przypadkach otrzymano wyższe wartości:

Tabela 4  
Wypełnienie pól objawów składających się na indeks Crooksa dla pacjentów, u których przeprowadzано pełny wywiad

Objaw	Wypełnienie
Zadyszka	98,2%
Kołatanie serca	99,1%
Oslabienie	99,1%
Lepsza tolerancja gorąca	95,5%
Lepsza tolerancja chłodu	99,1%
Nieodczuwanie wpływu temperatury	99,1%
Wzmozona potliwosc	99,1%
Wzmozone łaknienie	99,1%
Zmniejszone łaknienie	90,2%
Przybytek wagi	97,3%
Spadek wagi	99,1%
Pobudliwosc nerwowa	100%
Wyczuwalna tarczycza	97,3%
Szmery nad tarczyczą	93,7%
Wytrzeszcz	96,4%
Ruchliwosc	98,2%
Drzenie rąk	96,4%
Ręce gorące	97,3%
Ręce wilgotne	95,5%
Migotanie przedsionków	54,9%
Tętno	96,4%



Rys. 8. Histogram hormonu T4 w grupie nadczynność tarczycy z nałożoną krzywą rozkładu normalnego  
Fig. 8. A histogram of T4 hormone in hyperthyroidism together with the normal distribution function

w grupie nadczynności dla FT4  $p < 0.05$ , w grupie niedoczynności dla FT3  $p < 0.01$  i dla FT4  $p < 0.05$ . Rys.8 przedstawia przykładowy histogram parametru T4 z nałożoną krzywą rozkładu normalnego.

Wyniki obliczeń wartości funkcji *Bel* dla pacjentów z baz danych dotyczących nadczynności tarczycy, eutyreozy i niedoczynności tarczycy, którzy charakteryzowali się podobnym stopniem niekompletności danych dla trzech rozpatrywanych diagnoz, wskazały kwalifikację pacjentów podaną w tab.5. Diagnoza była wskazywana na podstawie największej dla danego pacjenta wartości funkcji *Bel* obliczonej dla wspomnianych trzech hipotez.

Tabela 5

Wyniki obliczeń dla zebranej bazy danych i opracowanej metody wspomagania decyzji medycznej (kwalifikacja systemu/liczność grupy)

	Nadczynność tarczycy	Eutyreoza	Niedoczynność tarczycy
Nadczynność tarczycy	140/142 = 98,6%	1/40 = 2,5%	0/51 = 0%
Eutyreoza	2/142 = 1,4%	39/40 = 97,5%	3/51 = 5,9%
Niedoczynność tarczycy	0/142 = 0%	0/40 = 0%	48/51 = 94,1%

Można wnioskować, że osiągnięto dostatecznie dużą zbieżność diagnoz lekarzy podpowiedziami systemu, aby ocenić metodę i narzędzie jako efektywne.

Codzienna współpraca pomiędzy ośrodkiem medycznym i technicznym wymaga częstego, czasami kilkakrotnego w ciągu dnia, transferu danych i oprogramowania. Było to możliwe poprzez ustanowienie połączenia modemowego pomiędzy ośrodkami. Połączenie to jest bardziej bezpieczne niż Internet, jeżeli chodzi o niepowołany i niekontrolowany dostęp. Nie wymaga dużego nakładu inwestycyjnego (położenie kabla sieciowego, uruchomienie serwera itp.) oraz obsługi. Krótkie przeszkolenie jest wystarczające, aby każdy mógł pobrać lub przekazać dane z/do komputera odległego o wiele kilometrów. Dedykowane oprogramowanie zapewnia wielopoziomowe zabezpieczenie polegające na logowaniu, udostępnianiu określonych zasobów, ograniczaniu czasu trwania pobierania lub wysyłania informacji. Dodatkowym zabezpieczeniem jest szyfrowanie i kompresowanie danych przesyłanych linią telefoniczną. Jediną wadą może być szybkość przesyłania informacji, jak również komunikowania się ograniczona możliwościami linii telefonicznej oraz modemów. Podczas prób uruchomionego w ten sposób połączenia nie stwierdzono szczególnych niedogodności wynikających z takiego rodzaju połączenia.

Do wymiany i przechowywania bazy danych i oprogramowania oraz komunikacji pomiędzy placówkami naukowymi realizującymi projekt (z siedzibą w Gliwicach

i w Tychach) wykorzystano trzy stanowiska komputerowe, z których dwa wyposażone były w modemy. Posłużono się również ogólnodostępnym oprogramowaniem Carbon Copy.

Doświadczenia zebrane podczas prac badawczych, implementacji i pierwszych prób użytkowania opracowanego systemu wspomagania decyzji w diagnostyce chorób tarczycy można streścić w następujących punktach:

1. Wspomaganie diagnozy nie zastąpi pracy specjalistów. Implementacja teorii Dempstera-Shafera ma na celu ułatwienie i uporządkowanie wnioskowania diagnostycznego lekarzom nie będącym specjalistami w danej dziedzinie i wskazanie, na ile niepewna jest ich diagnoza. Umożliwi to skierowanie pacjenta do właściwego ośrodka. Nie zawsze jest zasadne tworzenie systemu określającego poszczególne, specyficzne jednostki chorobowe. Przeciwnie, mniejsze i działające w sposób bardziej ogólny systemy, swoiste „kalkulatory informacji”, mogą upowszechnić ideę wspomagania decyzji wśród lekarzy.
2. Metoda wnioskowania zastosowana do wspomagania decyzji musi być zrozumiała dla lekarzy. W przeciwnym przypadku nie budzi ona zaufania nie tylko przyszłych użytkowników, ale nie jest nawet akceptowana podczas badań. Wyklucza to zastosowanie metod wymagających dużego zaangażowania merytorycznego w zgłębienie ich zasad.
3. Metoda musi obejmować zastosowanie miar pewności i/lub precyzyjności.
4. Wartości miar niepewności i/lub nieprecyzyjności w odniesieniu do symptomów i reguł bazy wiedzy muszą być obliczane stosownie do populacji, dla której system ma działać. Dlatego algorytm ich obliczania nie może być skomplikowany pod względem numerycznym. Wyklucza to zastosowanie prawdopodobieństwa warunkowego oraz metod, które bezpośrednio go wykorzystują (np. sieci Pearla).
5. System wspomagania decyzji medycznej musi być wyposażony w bazę wiedzy zbudowaną na podstawie:
  - a) opinii ekspertów,
  - b) schematów postępowania diagnostycznego,
  - c) bazy danych opracowanej dla wybranej populacji.

Jedną z podstawowych trudności, jaką napotyka inżynier pragnący opisać problem medyczny, jest konieczność równoczesnego rozpatrywania parametrów medycznych o różnym charakterze: pojęć ścisłych (np. płeć), mierzalnych (np. wiek) oraz niemierzalnych, lecz o zmiennym natężeniu (np. ból, łaknienie). Wspólną cechą tych parametrów jest, że symptomy choroby formułuje się na ich podstawie poprzez porównanie do normy, tj. odpowiednich wielkości występujących u osób zdrowych. Dlatego proponuje się, aby podobieństwo przesłanek było określane przez zbiory rozmyte lub wybraną skalę,

natomiast powiązanie przesłanek z konkluzją (diagnozą) miało postać bazowego rozkładu prawdopodobieństwa. Może to stanowić przedmiot przyszłych badań.

Kontynuacja badań byłaby również pożądana w celu stwierdzenia znaczenia migracji ludności dla ryzyka chorób tarczycy, co można by sprawdzić po zebraniu kilku dodatkowych baz danych o podanej strukturze, jak również możliwości wprowadzenia do wnioskowania bardziej szczegółowych reguł diagnostycznych i terapeutycznych opartych na schematach literaturowych (np. [3]). W dalszej perspektywie można przystosować opracowane oprogramowanie do badawczych prac medycznych.

Wydaje się, że realizacja projektu zaowocowała ciekawymi wnioskami badawczymi i rozwiązaniami praktycznymi, które mogą zostać wykorzystane i rozwinięte w przyszłości.

## Literatura

1. Bartelheimer H., Jones A. (red.): *Kliniczna diagnostyka czynnościowa*. PZWL, Warszawa 1972, ss. 20-21.
2. Bolc L., Borodziejewicz W., Wójcik M.: *Podstawy przetwarzania informacji niepewnej niepełnej*. PWN, Warszawa 1991.
3. DeGroot L. J.: *Decyzyjny schemat postępowania w przypadku najczęstszych schorzeń tarczycy*. *Thyroid International* 3-1995, ss.1-13.
4. Górnicki T.: *Choroby tarczycy*. PZWL, Warszawa 1988, ss. 123-138.
5. Łopatyński J.: *Rola lekarza podstawowej opieki zdrowotnej w zapobieganiu, rozpoznawaniu i leczeniu chorób tarczycy w Polsce*. *Endokrynologia Polska*, t. 48, z. 3, ss. 197-200, 1997.
6. Neuman J.: *List od Redaktora Naczelnego*. *Endokrynologia Polska*, t. 48, z. 3, 1997.



**Abstract**

The report aims at summarising theoretical basics, implementation experiences and calculation results of a project for an application of Dempster-Shafer theory of evidence in medical diagnosis support. A medical application that is studied in the project is thyroid gland diseases. The diseases are frequently observed in Polish society and their occurrence depends on a population examined. The Dempster-Shafer theory makes it possible to neglect some important limits formulated for probability definition and therefore is a convenient tool for an estimation of symptoms weights in a diagnosis. Additionally, it is easy to combine expert's knowledge and statistical data in the framework of the theory. A system described in the project makes it possible to create a database and a knowledge base for thyroid gland diseases, calculate weights of symptoms and to determine belief of a diagnosis. Results of calculations show that diagnostic hints of the system are consistent with physicians' opinions. Further investigations are also briefly mentioned.