

Analiza wybranych własności modeli pajęczynowych wzorców medycznych w procesie wspomaganie diagnozowania medycznego

P. DŁUGOSZ
pdlugosz@wat.edu.pl

Instytut Systemów Informatycznych
Wydział Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej
ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

W pracy przedstawiono możliwość zastosowania mechanizmów wnioskowania diagnostycznego wykorzystujących modele pajęczynowe zdefiniowane w wielokryterialnej przestrzeni danych medycznych pacjenta. Istotą rozpatrywanego problemu jest wyznaczenie wstępnej diagnozy medycznej w oparciu o stwierdzone symptomy chorobowe, czynniki ryzyka bądź otrzymane w wyniku dodatkowych badań parametry medyczne.

Słowa kluczowe: matematyczny model obiektu, modelowanie pajęczynowe, optymalizacja wielokryterialna, wzorzec medyczny, model pajęczynowy stanu zdrowia pacjenta, dokładność modelu, diagnoza medyczna.

1. Wprowadzenie

Mechanizm ustalania diagnozy medycznej może być realizowany bezpośrednio przez personel medyczny bądź z uwzględnieniem wspomaganie komputerowego. Gwałtowny rozwój technologii informatycznych sprawił, że systemy informatyczne zaczęły pełnić istotną rolę również w medycznych procesach decyzyjnych. MYCIN, HELP, DXplain, MET, ACORN to tylko niektóre z typowych systemów diagnostycznych ułatwiających na co dzień pracę lekarzom. Istnieje wiele możliwych do przyjęcia koncepcji modelowania:

- sieci bayesowskie
- zbiory rozmyte
- zbiory przybliżone
- koncepcje wzorców
- modele wielokryterialne [1, 2].

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania koncepcji modelowania pajęczynowego w diagnozowaniu medycznym [4]. Diagnoza medyczna jest ustalana na podstawie porównań graficznych obrazów reprezentujących stan zdrowia pacjenta z obrazami wzorców chorobowych. W tym procesie można wyróżnić dwa główne etapy:

- 1) etap wstępnego kwalifikowania medycznego opierający się o stwierdzone symptomy chorobowe oraz czynniki ryzyka;
- 2) etap „rozszerzonej” kwalifikacji medycznej uwzględniający parametry wykonanych przez pacjenta badań medycznych.

2. Rozszerzony model opisowy jednostki chorobowej

Formalnie matematyczny model jednostki chorobowej można zdefiniować następująco:

$$M(m) = (S^m, R^m, P^m), \quad (2.1)$$

gdzie:

$S^m = \{s_1^m, \dots, s_k^m, \dots, s_{K(m)}^m\}$ – zbiór numerów symptomów chorobowych m -tej jednostki chorobowej,

$R^m = \{r_1^m, \dots, r_k^m, \dots, r_{L(m)}^m\}$ – zbiór numerów czynników ryzyka choroby m -tej,

$P^m = \{p_1^m, \dots, p_k^m, \dots, p_{N(m)}^m\}$ – zbiór numerów parametrów medycznych m -tej jednostki chorobowej,

$K(m)$ – liczba wszystkich rozpoznanych symptomów chorobowych dla m -tej jednostki chorobowej,

$L(m)$ – liczba wszystkich rozpoznanych czynników ryzyka dla m -tej jednostki chorobowej,

$N(m)$ – liczba wszystkich parametrów medycznych rozpoznanych dla m -tej jednostki chorobowej.

Przykładowo model matematyczny stanu zdrowia pacjenta $x \in X$, zdefiniowany na podstawie występujących symptomów chorobowych i czynników ryzyka, przyjmie postać pary [3]:

$$f(x) = (f_S(x), f_R(x), x \in X) \quad (2.2)$$

gdzie:

$$f_S(x) = (w(x, s); s \in S_0(x)),$$

$$f_R(x) = (w(x, r); r \in R_0(x))$$

$S_0(x), R_0(x)$ – stwierdzone u pacjenta symptomy chorobowe i czynniki chorobowe [3]. Kluczowe znaczenie na etapie wstępnego kwalifikowania medycznego ma skuteczność wywiadu lekarskiego z pacjentem. „Produktem” takiej rozmowy są zbiory rozpoznanych symptomów chorobowych oraz czynników ryzyka.

Na tym etapie często ma się do czynienia z „niepełnością” zbiorów, czyli mogą one zawierać mniejszą liczbę przesłanek chorobowych niż wzorzec konkretnej choroby. Można wtedy mówić o stopniu dokładności danego modelu pajęczynowego obiektu (stanu zdrowia pacjenta). Zgodnie z definicją 2.1 w pracy [4] modelem M-dokładnym obiektu x nazywa się model uwzględniający tylko M spośród N najważniejszych cech obiektu $x \in X$. Próba stworzenia modelu opisowego stanu zdrowia pacjenta prowadzi do konstrukcji modelu pajęczynowego odnoszącego się do stwierdzonych symptomów chorobowych oraz modelu pajęczynowego w ujęciu czynników ryzyka. Ponadto wykonanie dodatkowych specjalistycznych badań pozwala na dopełnienie ich trzecim zawierającym wartości poszczególnych parametrów medycznych. Dla każdego modelu z osobna określa się jego dokładność.

W rozpoznaniu choroby ważne jest określenie „istotności” konkretnego symptomu chorobowego, czynnika ryzyka lub parametru medycznego [2]. Owa istotność jest tu rozumiana jako wpływ danego elementu na wystąpienie konkretnej choroby.

$$\alpha(s_k^m) \in [0,10], s_k^m \in S^m \quad (2.3)$$

$$\beta(r_k^m) \in [0,10], r_k^m \in R^m \quad (2.4)$$

$$\gamma(p_k^m) \in [0,10], p_k^m \in P^m \quad (2.5)$$

Przykładowo, „ciężar gatunkowy” dolegliwości „kaszel” w diagnostyce astmy oskrzelowej będzie dużo mniejszy niż ciężar parametrów medycznych otrzymanych w wyniku przeprowadzania badań radiologicznych.

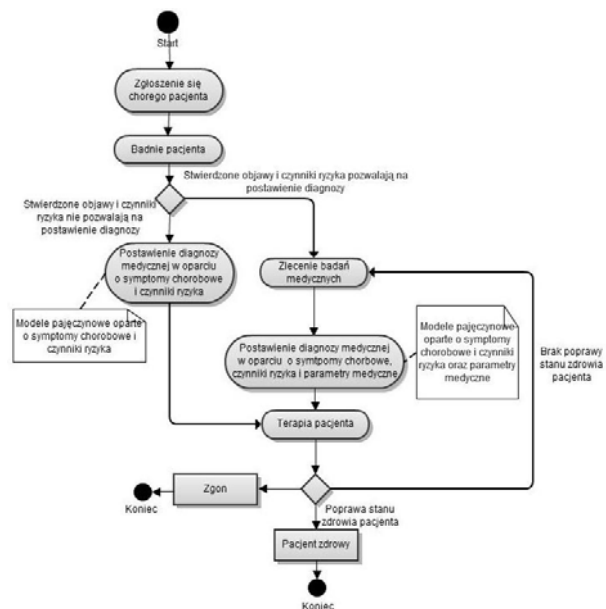
3. Wstępne rozpoznanie choroby

Mechanizm ustalania diagnozy medycznej oparty jest o symptomy chorobowe, czynniki ryzyka oraz parametry medyczne. Przykładowe zbiory dla choroby „skrobiawica” przedstawia poniższa tabela.

Symptomy chorobowe	Czynniki ryzyka	Parametry medyczne
Biegunki lub zaparcia	Wiek > 55 lat	Wyniki badań histologicznych
Ból i obrzęk stawów	Utrzymująca się infekcja bakteryjna	Immunohistochemiczne odczyny
Zespół cieśni nadgarstka	Obecność innych chorób przewlekłych – najczęściej dolegliwości stawowe	Badanie morfologiczne dot. podskórnej tkanki tłuszczowej powłoki brzusznej
Białkomocz		

Parametry medyczne zazwyczaj wyraża się konkretną wartością, przedziałem ich wartości lub procentowo (jako np. odchylenie od założonej normy). W przypadku symptomów chorobowych i czynników mamy niestety do czynienia z subiektywną oceną lekarską. Ponadto trudno za pomocą reprezentacji liczbowej wyrazić kaszel lub ból gardła. Możliwe jest natomiast wyrażenie w sposób liczbowy nasilenia się danego objawu bądź czynnika ryzyka. Często wartości te dobierane są z przedziału $[0;1]$ jako:

- opis intensywności występujących objawów (0 – brak, 1 – bardzo silne)
- opis wpływu czynnika na wystąpienie choroby (0 – nieistotne, 1 – pewne).



Rys. 1. Schemat diagnozowania pacjenta z wykorzystaniem modeli pajęczynowych

Postawienie diagnozy, zarówno w przypadku posiadania podstawowego zbioru symptomów chorobowych i czynników ryzyka, jak i rozszerzonego zbioru uzupełnionego o parametry

badania medycznych, odbywa się metodą porównawczą. Porównuje się modele pajęczynowe opisujące aktualny stan zdrowia pacjenta z modelami pajęczynowymi reprezentującymi wzorce jednostek chorobowych zdefiniowane przez grono specjalistów medycznych. Sam proces porównań może być bardzo złożony, skomplikowany i oparty o różne charakterystyki.

Określenie [3]

Modelem pajęczynowym dowolnego obiektu y nazywa się zbiór

$$S_N(y) = F^P(y) \subset S_r \quad (3.1)$$

gdzie:

$S_N(y)$ – zbiór w postaci wieloboku o wierzchołkach $A_n(y) = (y_n, \beta_n), n \in N$,

F^P – funkcja modelowania pajęczynowego przyporządkowująca każdemu elementowi $y \in Y$ zbiór $S_N(y)$,

S_r – pewien zbiór wyznaczony na płaszczyźnie, np. w układzie współrzędnych biegunowych w następujący sposób:

$$S_r = \{(d, \varphi) | 0 \leq d \leq r, 0 \leq \varphi \leq 2\pi\} \quad (3.2)$$

Liczba $r > 0$ nazywana jest zakresem przestrzeni, natomiast para (d, φ) to współrzędne punktu.

Tworząc graficzną reprezentację modelu stanu zdrowia pacjenta, należy opracować trzy modele:

- 1) model pajęczynowy uwzględniający rozpoznane symptomy chorobowe;
- 2) model pajęczynowy uwzględniający czynniki ryzyka;
- 3) model pajęczynowy uwzględniający parametry medyczne uzyskane w wyniku specjalistycznych badań medycznych.

Wierzchołki każdego z modeli nanoszone są na płaszczyznę z uwzględnieniem wartości poszczególnych cech (wartość y_n) oraz liczby ujętych cech istotnych (co wyznacza kąt obrotu φ między poszczególnymi osiami).

4. Opis przykładowej choroby

Przewlekła białaczka limfocytowa (CLL) jest najczęstszym typem białaczki występującej u osób dorosłych. Stanowi ok. 30–40% wszystkich postaci tej choroby. Choroba dotyka głównie osoby starsze powyżej 55 roku życia, najczęściej jednak mediana wieku zdiagnozowania choroby przypada na okres między 65 a 70 rokiem życia. Zagrożone są szczególnie osoby, które mają styczność

z promieniowaniem jonizującym, są zawodowo narażone na benzen, stosowały chemioterapię w innych chorobach. Ponadto wpływ mają także czynniki obecne w środowisku, takie jak: palenie tytoniu, pestycydy, rozpuszczalniki organiczne, produkty przerobu ropy naftowej, a także choroby genetyczne lub choroby układu krwionośnego. CLL charakteryzuje się nagromadzeniem niedojrzałych czynnościowo krwinek białych (limfocytów) w szpiku, we krwi, w węzłach chłonnych, śledzionie i innych narządach.

Na początku choroba przebiega bezobjawowo, a jej wykrycie jest przypadkowe w trakcie rutynowych badań. Typowymi objawami klinicznymi są:

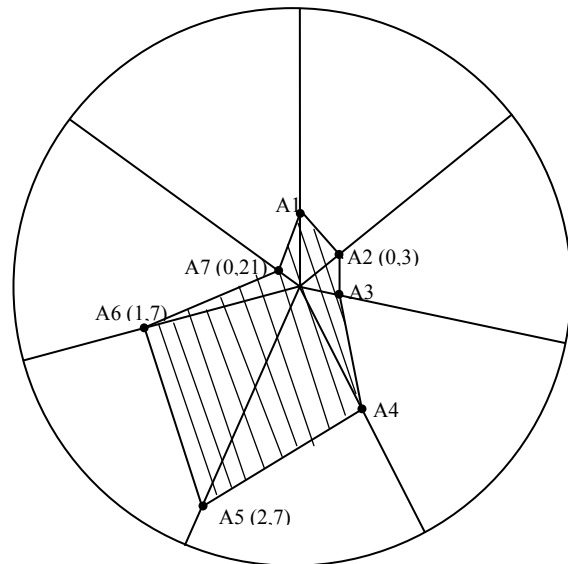
- utrata masy ciała (ponad 10% masy ciała w ciągu 6 miesięcy),
- podwyższenie temperatury ciała bez cech infekcji
- osłabienie
- niebolesne powiększenie węzłów chłonnych
- ogólne uczucie pełności będące konsekwencją powiększenia śledziony i wątroby
- wzmożona potliwość.

Po rozpoznaniu symptomów chorobowych często potwierdza się przypuszczenia dotyczące choroby, zlecając wykonanie specjalistycznych badań medycznych. W przypadku chorób nowotworowych są to np.:

- badania OB
- badania morfologiczne, gdzie szczególnie bierze się pod uwagę ilość leukocytów, limfocytów, monocytów, trombocytów, erytrocytów oraz żelaza
- badania cytologiczne, wykorzystując metodę złuszczenia bądź aspiracyjną
- badania rozmazów krwi (analiza zawartości granulocytów w pobranej próbce krwi).

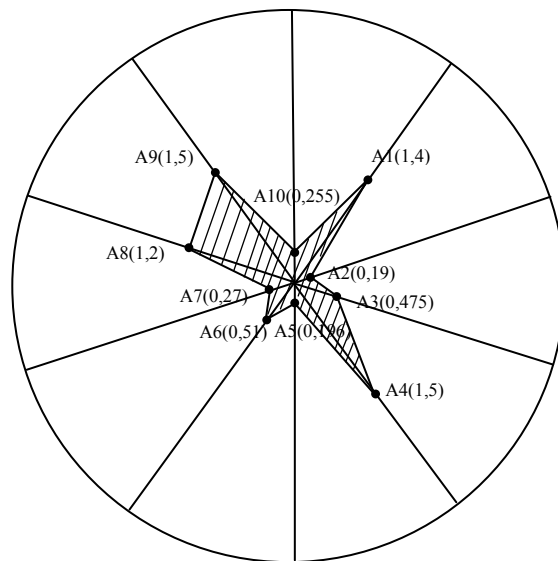
Dla ułatwienia można założyć, że powyżej wskazane symptomy chorobowe, czynniki ryzyka oraz parametry medyczne stanowią zbiory w pełni identyfikujące konkretną jednostkę chorobową. Każda z takich cech opisywana jest wartością „istotności” oraz nasileniem lub procentowym „odchyleniem” od normy. Dla przykładowego wzorca jednostki chorobowej (przewlekłej białaczki limfocytowej) wartości poszczególnych cech zaprezentowano poniżej. Nie są to wartości sprecyzowane przez specjalistów i służą jedynie jako przykład:

SYMPTOMY CHOROBY		
Objaw chorobowy	Istotność/wpływ [0-10]	Intensywność (%)
Utrata masy ciała	2	40
Podwyższenie temperatury ciała bez cech infekcji	0,5	60
Oslabienie	0,4	80
Niebolesne powiększenie węzłów chłonnych	1,5	75
Powiększenie śledziony	3	90
Powiększenie wątroby	2	85
Wzmocniona potliwość	0,6	35



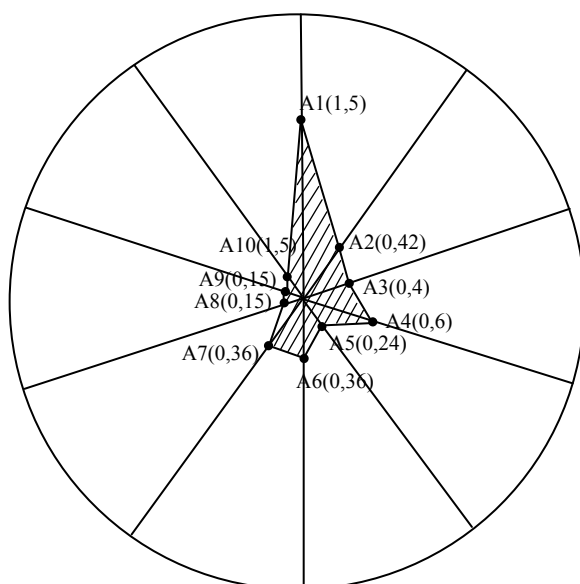
Rys. 2. Model pajęczynowy białaczki utworzony na podstawie symptomów chorobowych

CZYNNIKI RYZYKA		
Czynnik ryzyka	Istotność/wpływ (%)	Intensywność (%)
Wiek > 55 lat	1,4	100
Styczność z promieniowaniem jonizującym	0,2	95
Styczność z benzenem	0,5	95
Stosowanie chemioterapii	2,5	60
Palenie tytoniu	0,2	98
Styczność z pestycydami	0,6	85
Styczność z rozpuszczalnikami organicznymi	0,3	90
Choroby genetyczne	2	60
Przebyte choroby układu krwionośnego	2	75
Styczność z produktami przerobu ropy naftowej	0,3	85



Rys. 3. Model pajęczynowy białaczki utworzony na podstawie czynników ryzyka

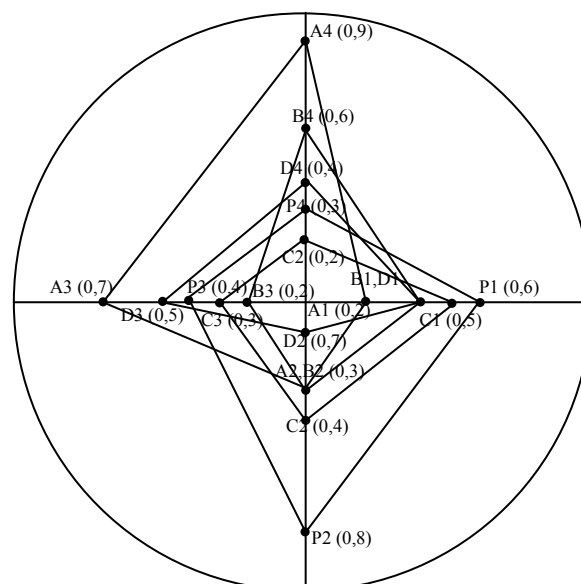
PARAMETRY MEDYCZNE		
Parametr medyczny	Istotność/wpływ [0-10]	Odchylenie od normy (%)
Badanie OB	1,5	100
Liczba leukocytów	1,4	30
Liczba limfocytów	2	20
Liczba monocytów	1,5	40
Liczba trombocytów	0,4	60
Liczba erytrocytów	0,6	60
Ilość żelaza	0,4	90
Badanie cytologiczne	1	15
Badanie rozmazowe – liczba neutrofilii	0,6	25
Badanie rozmazowe – liczba bazofili	0,6	25



Rys. 4. Model pajęczynowy białaczki utworzony na podstawie parametrów medycznych

Powyższe modele stanowią graficzną reprezentację jednostki chorobowej (przewlekła białaczka limfocytowa). Tak określona jednostka chorobowa stanowi podstawę porównań z modelem stanu zdrowia pacjenta. Zakłada się, iż modele pajęczynowe będą stanowiły kluczowy element repozytoriów medycznych wykorzystywany w procesach diagnozowania. Obszar możliwych porównań jest stosunkowo duży. W pracy tej skupiono się na dokonaniu porównań odległościowych pomiędzy punktami leżącymi na tych samych osiach w modelach pajęczynowych stanu zdrowia pacjenta oraz jednostek chorobowych. Poniżej przedstawiona jest tablica zawierająca wartości poszczególnych cech przykładowych czterech jednostek chorobowych oraz modelu stanu zdrowia badanego pacjenta. Poniższe wartości wyznaczają punkty wierzchołkowe modeli pajęczynowych. Przedstawione wartości zostały poddane procesowi normalizacji.

Istotność [0–10]	Wzorzec 1 (A)	Wzorzec 2 (B)	Wzorzec 3 (C)	Wzorzec 4 (D)	Pacjent (P)
3	0,2	0,4	0,5	0,4	0,6
1	0,3	0,3	0,4	0,1	0,8
2	0,7	0,2	0,3	0,5	0,4
4	0,9	0,6	0,2	0,4	0,3



Rys. 5. Model pajęczynowy stanu zdrowia pacjenta i przykładowych czterech jednostek chorobowych

Porównując wartości przypisane pacjentowi i poszczególnym wzorcom, wyznacza się różnice odległości pomiędzy wierzchołkami znajdującymi się na tych samych osiach. Rezultatem jest poniższa macierz.

Istotność [0–10]	Wz1–Pacjent	Wz2–Pacjent	Wz3–Pacjent	Wz4–Pacjent
3	0,4	0,2	0,1	0,2
1	0,5	0,5	0,4	0,7
2	0,3	0,2	0,1	0,1
4	0,6	0,3	0,1	0,1

Powyższa tablica nie uwzględnia jednak ciężaru gatunkowego poszczególnych cech. Uwzględniając ich istotność w procesie diagnozowania, otrzymuje się następujące wartości:

Istotność [0–10]	Wz1–Pacjent	Wz2–Pacjent	Wz3–Pacjent	Wz4–Pacjent
3	1,2	0,6	0,3	0,6
1	0,5	0,5	0,4	0,7
2	0,6	1,0	0,2	0,2
4	2,4	1,2	0,4	0,4
Suma	4,7	2,4	1,3	1,9

Prawdopodobieństwo wystąpienia choroby reprezentowanej przez konkretny wzorzec jest tym większe, im mniejsza jest suma odległości jego wierzchołków od odpowiadających wierzchołków modelu stanu zdrowia pacjenta. Tym samym można mówić o pomiarze odległości pomiędzy poszczególnymi modelami pajęczynowymi. Dla podanego przykładu choroba nr 3 cechuje się największym prawdopodobieństwem wystąpienia. Natomiast wystąpienie choroby nr 1 jest najmniej prawdo-

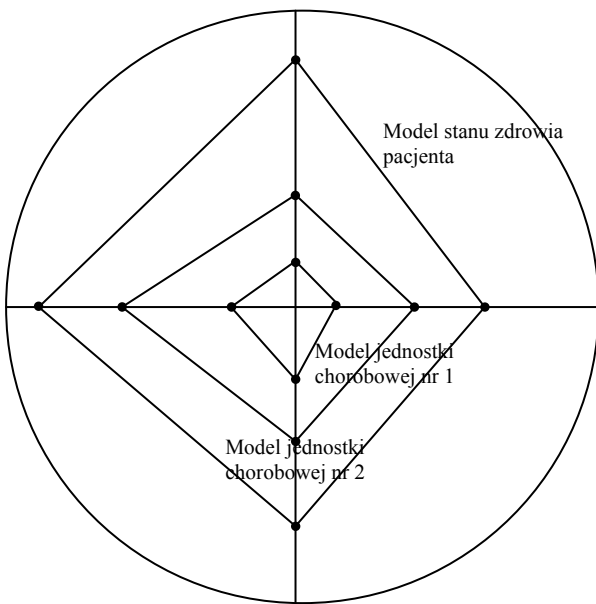
podobne ze względu na fakt, iż odległość w powyższym sensie jej modelu pajęczynowego od modelu pajęczynowego pacjenta jest największa. W ustaleniu odległości pomiędzy odpowiednimi wierzchołkami wzięto pod uwagę znaczenie odpowiednich cech (ich wpływ) na wystąpienie konkretnej choroby.

$$d_m = \sum_{i=1}^n y_i * w_i, \quad (4.1)$$

gdzie:

d_m – suma ważona odległości wierzchołków modelu stanu zdrowia pacjenta od wierzchołków, modelu jednostki chorobowej m ,
 y_i – wartość i -tej cechy,
 w_i – waga i -tej cechy.

Możliwe jest porównywanie ze sobą modeli na podstawie ważonej odległości wierzchołków przyjmując, z dużym uproszczeniem, że jest to odległość pomiędzy obrazami pajęczynowymi poszczególnych modeli. Nie zawsze jednak wyższa wartość pewnej cechy (symptomu chorobowego, czynnika ryzyka lub parametru medycznego) oznacza wyższe prawdopodobieństwo wystąpienia danej choroby. Jeśli wartość przykładowej cechy γ jest dużo większa od wartości tej cechy we wzorcu chorobowym, nie musi to oznaczać większego prawdopodobieństwa wystąpienia danej choroby.



Rys. 6. Przedstawienie problemu zawierania się poszczególnych modeli pajęczynowych

Najbardziej zewnętrzna „pajęczyna” to model wykonany dla zobrazowania stanu zdrowia pacjenta. Odległość tego modelu od modelu jednostki chorobowej nr 2 jest mniejsza niż w przypadku odległości od jednostki chorobowej nr 1. Z punktu widzenia zaproponowanej wcześniej metody odległościowej wystąpienie

u pacjenta choroby nr 2 jest bardziej prawdopodobne niż zachorowania na chorobę nr 1. Warto jednak uwzględnić istotny aspekt nasilenia się konkretnych objawów. Przyjmując, iż powyższy model przedstawia nasilenie się poszczególnych symptomów chorobowych, to racjonalnym podejściem jest założenie, iż to właśnie choroba nr 1 z racji dużo większego nasilenia się objawów jest tą bardziej prawdopodobną. Kompromisem dla obu podejść jest wprowadzenie dodatkowego współczynnika.

Niech:

y_i – wartości i -tej cechy w modelu stanu zdrowia pacjenta,

y_i^m – wartość i -tej cechy w modelu jednostki chorobowej m ,

δ_i – współczynnik kierunku nasilenia się cech chorobowych.

Jeżeli $y_i \geq y_i^m$, to $\delta_i = 1$.

Jeżeli $y_i \leq y_i^m$, to $\delta_i = -1$.

Jak można zauważyć, współczynnik wzrostu wartości cech przyjmuje wartość $\{-1\}$ lub $\{1\}$.

Uwzględniając współczynnik, w powyższym przykładzie otrzymujemy następującą macierz wartości:

Istotność [0–10]	Wz1– Pacjent	Wz2– Pacjent	Wz3– Pacjent	Wz4– Pacjent
3	0,4	0,2	0,1	0,2
1	0,5	0,5	0,4	0,7
2	-0,3	0,2	0,1	-0,1
4	-0,6	-0,3	0,1	-0,1

a po uwzględnieniu istotności poszczególnych cech

Istotność [0–10]	Wz1– Pacjent	Wz2– Pacjent	Wz3– Pacjent	Wz4– Pacjent
3	1,2	0,6	0,3	0,6
1	0,5	0,5	0,4	0,7
2	-0,6	-1,0	0,2	-0,2
4	-2,4	-1,2	0,4	-0,4
Suma:	-1,3	-1,1	1,3	0,7

Całkowita odległość modelu pajęczynowego pacjenta od modeli pajęczynowych jednostek chorobowych pozwala wyznaczyć ranking prawdopodobieństw wystąpienia poszczególnych chorób.

Jednostka chorobowa, dla której obliczona suma odległości jest największa, charakteryzuje się najwyższym prawdopodobieństwem wystąpienia. Analogicznie najmniejsza wartość równoznaczna jest z najniższym prawdopodobieństwem zachorowania na daną chorobę.

Dla powyższego przykładu otrzymano następujący ranking:

- choroba nr 3
- choroba nr 4
- choroba nr 2
- choroba nr 1.

Dla ustalenia poprawnej diagnozy medycznej analiza przeprowadzona w zaprezentowanym przykładzie powinna uwzględniać zarówno stwierdzone symptomy chorobowe, czynniki ryzyka jak i uzyskane parametry badań medycznych. Rezultatem takiej analizy powinno być otrzymanie trzech rankingów:

- ranking możliwych chorób wynikających ze stwierdzonych symptomów chorobowych
- ranking możliwych chorób wynikających ze stwierdzonych czynników ryzyka
- ranking możliwych chorób wynikających z uzyskanych parametrów medycznych.

Subiektywnej ocenie lekarskiej należy oddać to, który z otrzymanych rankingów będzie stanowił najwyższą wartość w procesie diagnozowania medycznego. Z medycznego punktu widzenia ranking powstały w wyniku analizy parametrów medycznych posiada najwyższą wagę w procesie diagnozowania.

5. Podsumowanie

Przedstawione w tym artykule rozważania dotyczą możliwości wykorzystania modeli pąęczynowych w diagnostyce medycznej. Graficzna prezentacja stanu zdrowia pacjenta oraz jednostek chorobowych pozwala na przeprowadzenie analizy jakościowej modelowanych obiektów.

Przedstawione w artykule obiekty opisane zostały zbiorami symptomów chorobowych, czynników ryzyka i parametrów medycznych. Duża liczność powyższych zbiorów nie utrudnia w znaczący sposób interpretacji graficznej, która stanowi podstawę do implementacji systemu wspomagającego pracę personelu medycznego na gruncie diagnostyki medycznej. Niewątpliwie dużą zaletą przestrzeni pąęczynowych jest możliwość stworzenia wielokryterialnego modelu w przestrzeni dwuwymiarowej. Jako typowe narzędzie analityczne pozwala na badanie zależności pomiędzy modelowanymi obiektami z uwzględnieniem różnego rodzaju charakterystyk. Dużą część artykułu poświęcono metodzie analizy wzajemnej odległości modeli pąęczynowych. Jest ona jedną z wielu metod interpretacji zależności pomiędzy tymi graficznymi reprezentacjami obiektów. Pomocna w procesie ustalania diagnozy medycznej może być także analiza charakterystyk powierzch-

niowych (wspólne obszary poszczególnych modeli pąęczynowych).

6. Bibliografia

- [1] A. Ameljańczyk, *Optymalizacja wielokryterialna w problemach sterowania i zarządzania*, Ossolineum, Wrocław, 1984.
- [2] A. Ameljańczyk, *Multiple optimization* (in Polish), WAT, Warszawa 1986.
- [3] A. Ameljańczyk, „Wielokryterialne mechanizmy wspomaganie podejmowania decyzji medycznych w modelu repozytorium w oparciu o wzorce”, *Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych*, Nr 5, str. 1–6 (2010).
- [4] A. Ameljańczyk, „Matematyczne aspekty modelowania pąęczynowego obiektów”, *Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych*, Nr 4, str. 11–18 (2009).
- [5] R.S. Porter, J.L. Kaplan, B.P. Homeier, *The Merc Manual. Objawy kliniczne. Praktyczny przewodnik diagnostyki i terapii*, Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 2010 (wyd. 1 polskie).
- [6] K. Wysocka-Dubielecka, *Kogo dotyka białaczka – grupy ryzyka*, artykuł na portalu abcBiałaczka.pl (24.11.2010)
- [7] Autor nieznany, *Przewlekła białaczka limfocytowa – przebieg, rokowania, terapia*, artykuł z portalu biomedical.pl (16.02.2010).
- [8] J. Gutenbaum, *Modelowanie matematyczne systemów*, PWN, 1986.
- [9] W. Duch, *Rewolucja informatyczna w medycynie*, <http://kpbc.umk.pl/Content/30077/98kardiol.pdf>.
- [10] R. Słowiński, „Metodyka konstrukcji komputerowych systemów wspomaganie decyzji w oparciu o wiedzę odkrytą z danych”, *Przegląd techniczny*, Nr 25 (2005).
- [11] E. Straszecka, *Wspomaganie diagnozy medycznej z zastosowaniem miar pewności i precyzyjności*, praca naukowa dla Ministerstwa Nauki i Informatyzacji w Warszawie.
- [12] J. Makal, „Medical Diagnosis as the result of multiparameter indirect measurement”, IV Międzynarodowa Konferencja dot. Pomiarów, Smolenice Castle, Słowacja, 2007.

The analysis of selected properties of medical patterns cobweb models in the medical diagnosis support process

P. DŁUGOSZ

This article demonstrates opportunities of using so-called cobweb modelling method in the process of early medical diagnosis. The paper shows how to create n-dimension cobweb model of patient health or disease pattern. This model is based on symptoms of disease, risk factors and medical data. The article contains a description of a method to analyze the probability of the occurrence of some diseases. As a result, cobweb modelling can be used for creating a medical decision support system.

Keywords: n-dimensional cobweb model of the patient health or disease pattern, clinical decision support.