
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

MODELOWANIE I OPTYMALIZACJA PROCEDUR DETEKCJI ZAGROŻEŃ EPIDEMIOLOGICZNYCH

Andrzej AMELJAŃCZYK
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

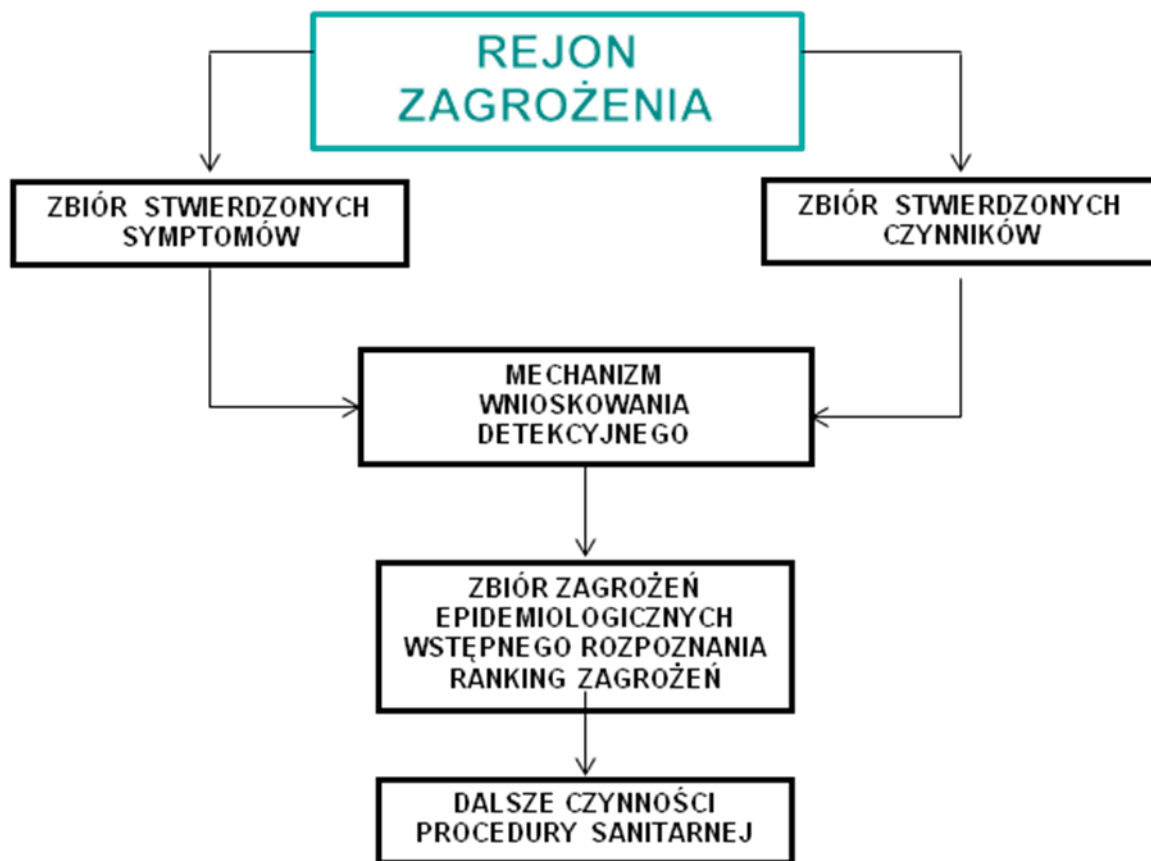
Streszczenie

W pracy przedstawiono ogólny model procedury rozpoznawania zagrożeń epidemiologicznych oparty na wielokryterialnej ocenie podobieństwa zagrożeń do wzorców zawartych w repozytorium. Zdefiniowano ogólną przestrzeń detekcji podobieństwa, w której sformułowano zadanie optymalizacji rozpoznawania wzorców. Przedstawiono przykład algorytmu wspomagania procesu wyznaczania wstępnego rozpoznania oparty na stwierdzonych objawach zagrożenia i występujących czynnikach ryzyka. Przedstawiony algorytm pozwala wyznaczać zbiór zagrożeń od których nie ma bardziej prawdopodobnych oraz jego ranking.

Słowa kluczowe: podobieństwo, wskaźniki i relacje podobieństwa, patogeny, modele zagrożeń epidemiologicznych, wzorzec zagrożenia epidemiologicznego, algorytmy detekcji zagrożeń

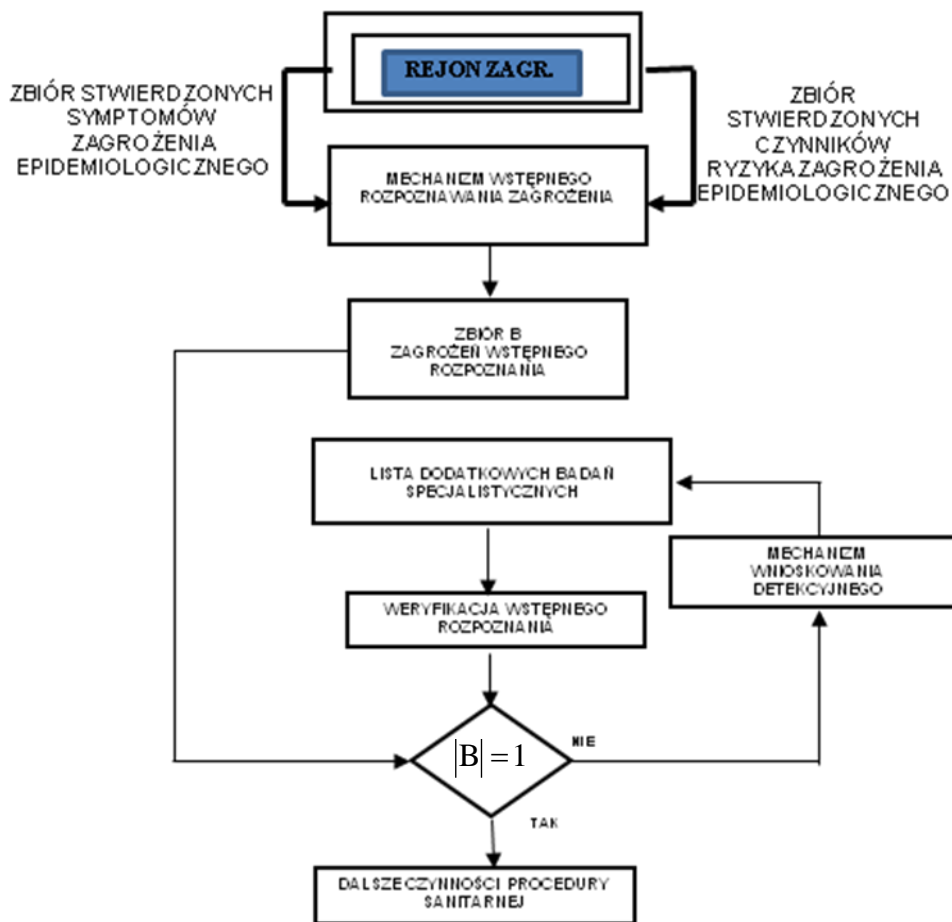
1. WPROWADZENIE

Proces detekcji zagrożeń epidemiologicznych jest niezwykle złożonym przedsięwzięciem od którego zależy czas i ostateczna skala przebiegu epidemii. Generalnie jest to zadanie z obszaru rozpoznawania wzorców. Zadanie takie polega na wyznaczeniu ze zbioru wzorców zagrożeń epidemiologicznych, zagrożenia najbardziej podobnego do zidentyfikowanego stanu epidemiologicznego w badanym rejonie. Typowy proces detekcyjny jest często wieloetapowym procesem sekwencyjnym, którego początkiem jest raport (meldunek) lub w dalszej kolejności wywiad lekarski pracownika służb sanitarno-epidemiologicznych. Wstępne rozpoznanie epidemiologiczne jest na ogół podstawą dalszych etapów detekcyjnych polegających na wykonywaniu dodatkowych badań specjalistycznych. Sekwencja tych badań ich liczba i zakres są niezwykle trudne do prawidłowego określenia. Jest to niewątpliwie bardzo odpowiedzialne, złożone i trudne zadanie optymalizacji które musi realizować inspektor sanitarny (lekarz epidemiolog). Rzutuje ono na skuteczność procedury jej czas i koszt. Ogólny schemat procesu detekcyjnego można przedstawić następująco:



Rys. 1. Schemat procesu detekcji zagrożeń epidemiologicznych w rejonie

W praktyce procedura pełnego rozpoznania zagrożenia jest na ogół bardziej skomplikowana. Wynika to z faktu, że stwierdzone symptomy i czynniki ryzyka mogą wskazywać (dawać ten sam obraz podobieństwa) do wielu różnych zagrożeń epidemiologicznych. Niezbędne są zatem dodatkowe specjalistyczne badania laboratoryjne na przykład badanie próbek żywności, wody, powietrza, badania laboratoryjne osób które zachorowały. Jest to najczęściej proces iteracyjny, którego skuteczność, czas trwania i koszty zależą od ustaleń wstępnego rozpoznania. Kryterium stopu (KS) takiej procedury iteracyjnej jest na ogół sytuacja gdy podzbiór możliwych (potencjalnych) zagrożeń epidemiologicznych staje się jednoelementowy. Takie KS wyklucza jednak sytuację gdy w rejonie zagrożenia epidemiologicznego występują dwa lub więcej typy zagrożeń (zagrożenia współistniejące). Stąd też za kryterium stopu w procedurze detekcji powinno się uwzględniać stopień wiarygodności realizowanej procedury detekcyjnej. Na rysunku poniżej przedstawiony został schemat pełnej procedury detekcyjnej.



Rys.2 Schemat pełnej procedury detekcyjnej

Zbiór B zagrożeń wstępnego rozpoznania jest podstawą dalszych czynności detekcyjnych. Jego zawartość decyduje o trafności, czasie i koszcie całego procesu detekcyjnego. Powyższy schemat jest oczywiście też pewnym uproszczeniem gdyż nie obejmuje sytuacji szczególnych jak np. przypadku zagrożeń współistniejących oraz przypadku gdy w zbiorze B zagrożeń wstępnego rozpoznania nie znajdzie się zagrożenie które powinno być wykryte. Całość procedury detekcyjnej można zatem podzielić na dwa etapy: etap określania rozpoznania wstępnego oraz etap badań specjalistycznych (laboratoryjnych). Realizacja obu etapów jest oparta na tej samej idei. Jest nią procedura rozpoznawania wzorców, realizowana na podstawie wykrycia (ustalenia) podobieństwa stanu sanitarnego w rejonie, opisanego zestawem odpowiednich parametrów (wyników wywiadów itp.) do wcześniej zdefiniowanych wzorców zagrożeń epidemiologicznych. Różnica procedur wynika głównie ze stosowanych technologii. Kluczowym modulem wszystkich algorytmów wspomagania procesów detekcyjnych jest zatem module określania podobieństwa. W procedurze naturalnej (heurystycznej) detekcji „stopień podobieństwa” jest określany przez inspektora sanitarnego głównie intuicyjnie na podstawie analizy stwierdzonych symptomów i czynników ryzyka, wyników specjalistycznych badań oraz znanych wzorców (opisów) zagrożeń epidemiologicznych. Zatem intuicyjne podobieństwo jest rozumiane wieloaspektowo z uwzględnieniem subiektywnych wag i priorytetów detekcyjnych. Celem niniejszej pracy jest próba zdefiniowania matematycznego modelu podobieństwa wieloaspektowego (wielokryterialnego) pozwalającego zbudować adekwatny i wiarygodny module określania

podobieństwa w komputerowych algorytmach wspomaganie procesu detekcji oraz opracowanie metody wyznaczania charakterystyk jakościowych (w tym wiarygodności) procesu wspomaganie procedury detekcyjnej. Efektem zastosowania tego podejścia będzie algorytm detekcyjny pozwalający wyznaczyć propozycję wstępnego rozpoznania zagrożenia epidemiologicznego w oparciu stwierdzone symptomy i czynniki ryzyka zagrożenia sanitarnego.

2. MODELOWANIE WZORCÓW ZAGROŻEŃ EPIDEMIOLOGICZNYCH

Typowy model (wzorzec) zagrożenia epidemiologicznego powinien zatem zawierać trzy segmenty:

- opis symptomów (objawów) typowych dla danego zagrożenia [2, 10, 16],
- opis czynników ryzyka związanych z zagrożeniem [2, 9],
- opis „referencyjnych zakresów” wartości parametrów epidemiologicznych związanych z danym zagrożeniem [9,10,11].

Formalnie, matematyczny model $\mathcal{M}(m)$ zagrożenia $m \in M = \{1, \dots, M\}$ możemy przedstawić następująco [5]:

$$M(m) = (S^m, R^m, P^m) \quad (1)$$

gdzie:

S^m – zbiór numerów symptomów (objawów) zagrożenia $m \in M$

$$S^m = \{s_1^m, \dots, s_k^m, \dots, s_{K(m)}^m\} \subset S, m \in M \quad (2)$$

Zbiór S to zbiór numerów wszystkich symptomów zagrożenia ujętych w repozytorium (oczywiście $S \subset \mathcal{N}$).

$K(m)$ – liczba symptomów zagrożenia $m \in M$.

R^m – zbiór numerów czynników ryzyka wystąpienia zagrożenia $m \in M$.

$$R^m = \{r_1^m, \dots, r_l^m, \dots, r_{L(m)}^m\} \subset R, m \in M \quad (3)$$

Zbiór R to zbiór numerów wszystkich czynników ryzyka zagrożeń ujętych w repozytorium ($R \subset \mathcal{N}$).

$L(m)$ – liczba czynników ryzyka zagrożenia typu $m \in M$.

P^m – zbiór numerów typów laboratoryjnych badań sanitarnych $m \in M$.

$$P^m = \{p_1^m, \dots, p_n^m, \dots, p_{N(m)}^m\} \subset P, m \in M \quad (4)$$

Zbiór P to zbiór numerów wszystkich typów badan laboratoryjnych (których wartości mogą być określane w trakcie specjalistycznych badań) ujętych w repozytorium wzorców zagrożeń epidemiologicznych ($P \subset \mathcal{N}$).

$N(m)$ – liczba typów laboratoryjnych badań dotyczących zagrożenia $m \in M$.

W rozpoznaniu każdego zagrożenia epidemiologicznego poszczególne symptomy, czynniki ryzyka i wartości odpowiednich badań laboratoryjnych mają różne znaczenie (mają różny „ciężar gatunkowy”) [2,7,9,10,16,18].

Niech zatem liczby (określane przez ekspertów):

$$\begin{aligned} \alpha(s_k^m) &\in [0,1], \quad s_k^m \in S^m \\ \beta(r_l^m) &\in [0,1], \quad r_l^m \in R^m \end{aligned} \quad (5)$$

$$\gamma(p_n^m) \in [0,1], \quad p_n^m \in P^m$$

oznaczają „stopień ważności” poszczególnych parametrów z obszaru symptomów, czynników ryzyka i badań dodatkowych w detekcji zagrożenia epidemiologicznego nr $m \in M$. Zazwyczaj w wyniku meldunku lekarza epidemiologa (wywiadów przeprowadzonych przez inspektorów sanitarnych) zostają ustalone symptomy (objawy) zagrożenia, jak też występowanie możliwych czynników ryzyka zagrożenia epidemiologicznego [2].

Przykładami symptomów zagrożenia mogą być np.: gorączka, powiększenie węzłów chłonnych, zmiany skórne, utrata apetytu, biegunka, wymioty, bóle brzucha, bóle głowy, zaburzenia widzenia, mdłości, itp.

Czynniki ryzyka to przykładowo: położenie geograficzne rejonu, pora roku, awarie ujęć wody, powódzie, ekstremalne upały, ogniska nielegalnego handlu żywnością, duże skupiska ludzi, zbiorowe punkty żywienia itp.

Założmy, że w wyniku wstępnego etapu rozpoznano w rejonie x występowanie zbioru $S_o(x) \subset S$ symptomów zagrożenia epidemiologicznego oraz zbiór czynników ryzyka $R_o(x) \subset R$

$$\begin{aligned} S_o(x) &= \{s \in S \mid w(x,s) > 0\} \\ R_o(x) &= \{r \in R \mid w(x,r) > 0\} \end{aligned} \quad (6)$$

przy czym $w(x,s)$ – stopień „nasilenia się występowania” symptomu $s \in S$ (ustalony przez inspektora w skali $[0,1]$, z ustaleń wywiadów i meldunków),

oraz podobnie $w(x,r)$ – stopień nasilenia się występowania czynnika ryzyka nr r w badanym rejonie (również w skali $[0,1]$).

Zbiór $\mathcal{M}_o(S)$ zagrożeń epidemiologicznych sugerowanych zestawem występujących symptomów określimy następująco:

$$\mathcal{M}_o(S) = \{m \in M \mid S_o(x) \cap S^m \neq \emptyset\} \quad (7)$$

Podobnie zbiór $\mathcal{M}_o(R)$ zagrożeń związanych z występującymi czynnikami ryzyka określimy następująco:

$$\mathcal{M}_o(R) = \{m \in M \mid R_o(x) \cap R^m \neq \emptyset\}$$

Kolejnym krokiem będzie ustalenie łącznego zbioru możliwych zagrożeń wstępnego rozpoznania. Wstępnym oszacowaniem może być zbiór

$$\mathcal{M}_o = \mathcal{M}_o(S) \cup \mathcal{M}_o(R) \quad (8)$$

lub bardziej radykalnie:

$$\mathcal{M}_o = \mathcal{M}_o(S) \cap \mathcal{M}_o(R) \quad (9)$$

Takie podejście w ustalaniu wstępnego rozpoznania jest jednak ryzykowne ze względu na możliwość występowania czynników ryzyka lub symptomów jednocześnie kilku typów zagrożeń oraz trudność precyzyjnego ich określenia. Dysponując danymi sanitarnymi rejonu $x \in X$ odnośnie występowania symptomów zagrożenia epidemiologicznego oraz czynników ryzyka w postaci liczb $w(x,s)$, $s \in S_o(x)$ oraz $w(x,r)$, $r \in R_o(x)$ możemy określić „odległość stanu sanitarnego rejonu x ” od wzorców potencjalnych zagrożeń zawartych w zbiorach $\mathcal{M}_o(S)$ i $\mathcal{M}_o(R)$. Możemy tego dokonać w następujący sposób.

Model aktualnego stanu sanitarnego w rejonie $x \in X$, zdefiniowany na podstawie występujących symptomów zagrożenia i czynników ryzyka przyjmie postać pary:

$$f(x) = (f_s(x), f_r(x)), \quad x \in X \quad (10)$$

gdzie:

$$f_s(x) = (w(x, s); s \in S_o(x)),$$

$$f_r(x) = (w(x, r); r \in R_o(x))$$

symbolami $s^*(m)$ i $r^*(m)$ oznaczmy wzorce zagrożenia epidemiologicznego nr m odpowiednio w aspekcie symptomów i czynników ryzyka [5, 6].

Symbolem $d_1(f_s(x), s^*(m)), m \in M$ oznaczmy odległość (podobieństwo) stanu zagrożenia w rejonie x (wynikającego z występujących symptomów) od wzorca zagrożenia $m \in M$, zdefiniowanego na podstawie symptomów i analogicznie oznaczmy symbolem $d_2(f_r(x), r^*(m)), m \in M$ odległość stanu zagrożenia rejonu x , (wynikającego z występujących czynników ryzyka) od wzorca zagrożenia $m \in M$, zdefiniowanego na podstawie czynników ryzyka.

Zbiór $\mathcal{M}(S_o(x))$, „najbardziej prawdopodobnych” zagrożeń ze względu na symptomy wyznaczmy następująco:

$$\mathcal{M}(S_o(x)) = \left\{ m^* \in \mathcal{M}_o \mid d_1(f_s(x), s^*(m^*)) = \min_{m \in \mathcal{M}_o} d_1(f_s(x), s^*(m)) \right\}$$

Z kolei zbiór $\mathcal{M}(R_o(x))$, „najbardziej prawdopodobnych” zagrożeń ze względu na występujące czynniki ryzyka wyznaczmy następująco:

$$\mathcal{M}(R_o(x)) = \left\{ m^* \in \mathcal{M}_o \mid d_2(f_r(x), r^*(m^*)) = \min_{m \in \mathcal{M}_o} d_2(f_r(x), r^*(m)) \right\}$$

Część wspólna tych zbiorów $\mathcal{M}^* = \mathcal{M}(S_o(x)) \cap \mathcal{M}(R_o(x))$ najczęściej jest jednak zbiorem pustym [3].

3. ALGORYTM WYZNACZANIA WSTĘPNEGO ROZPOZNANIA ZAGROŻENIA EPIDEMIOLOGICZNEGO

Poniżej zostanie przedstawiony algorytm wyznaczania wstępnego zagrożenia epidemiologicznego oparty na idei wieloaspektowego podobieństwa opisanego w poprzednim punkcie pracy. Wskaźniki podobieństwa zostaną zdefiniowane jako odpowiednio rozumiane odległości „stanu sanitarnego rejonu” od wzorców potencjalnych zagrożeń epidemiologicznych. Są one pewną modyfikacją odległości (podobieństwa) Jaccarda. Proces komputerowego wspomaganie rozpoznania zagrożenia odbywa się w oparciu o oprogramowane algorytmy wnioskowania diagnostycznego. Bazą konstrukcji takich algorytmów są modele stanu sanitarnego rejonu oraz modele (wzorce) potencjalnych zagrożeń epidemiologicznych. Wynikiem realizacji algorytmu jest sugestia (propozycja) kolejnych działań detekcyjnych (jeśli zachodzi taka potrzeba) w ramach realizowanej procedury sanitarnej. Ogólna idea mechanizmu wspomaganie, w zależności od przyjętej koncepcji modelowania (np. sieci bayesowskie [8,13], zbiory rozmyte [1,5,17], zbiory przybliżone [4], modele pajęczynowe, czy też koncepcje wzorców [4]), polega na wyłonieniu listy najbardziej prawdopodobnych rozpoznań, a następnie wybraniu optymalnego zestawu dodatkowych laboratoryjnych badań specjalistycznych. Z każdym zagrożeniem wiąże się zespół symptomów, zbiór czynników ryzyka oraz zbiór „referencyjnych” wartości parametrów medycznych możliwych do uzyskania w wyniku badań specjalistycznych.

Interesującą propozycję w zakresie wyznaczenia zbioru zagrożeń epidemiologicznych, najbardziej prawdopodobnych jednocześnie z punktu widzenia zbioru występujących symptomów oraz czynników ryzyka oferuje teoria optymalizacji wielokryterialnej i przestrzenie relacyjne [3,20]. Ustalając odpowiedni model „preferencji detekcyjnych” \bar{R} możemy zadanie takie zdefiniować w postaci

$$(\mathcal{M}_o, d(m), \bar{R}) \quad (11)$$

Gdzie funkcja $d(m)$ jest wektorową funkcją odległości (podobieństwa) stanu sanitarnego rejonu do wzorca zagrożenia epidemiologicznego nr m

$$d(m) = (d_1(m), d_2(m)), m \in \mathcal{M} \quad (12)$$

Odległości te dla rejonu x zostały zdefiniowane następująco [5] :

$$\begin{aligned} d_1(x, m) &= 1 - \sum_{s_k^m \in \mathcal{S}_o^m(x)} w(x, s_k^m) \alpha(s_k^m), m \in M \\ d_2(x, m) &= 1 - \sum_{r_l^m \in \mathcal{R}_o^m(x)} w(x, r_l^m) \beta(r_l^m), m \in M \end{aligned} \quad (13)$$

\bar{R} – model preferencji detekcyjnych (relacja podobieństwa np. Pareto [3]).

W praktyce najczęściej brane są pod uwagę trzy następujące warianty preferencji detekcyjnych:

- 1) symptomy zagrożenia i czynniki ryzyka są tak samo ważne (relacja Pareto)
- 2) ważniejsze są symptomy zagrożenia (relacja hierarchiczna)
- 3) ważniejsze są czynniki ryzyka (relacja hierarchiczna)

W przypadku dwóch kryteriów (13) i stosunkowo „małolicznego” zbioru \mathcal{M}_o zadanie powyższe bardzo łatwo rozwiązać graficznie. Ilustracją takiego przypadku jest rys. 3.

Obrazem zbioru zagrożeń \mathcal{M}_o w kontekście odległości od stanu sanitarnego rejonu jest zbiór Y (rys. 3)

$$Y = d(\mathcal{M}_o) = \{d(m) \in \mathcal{R}^2 | m \in \mathcal{M}_o\} \quad (14)$$

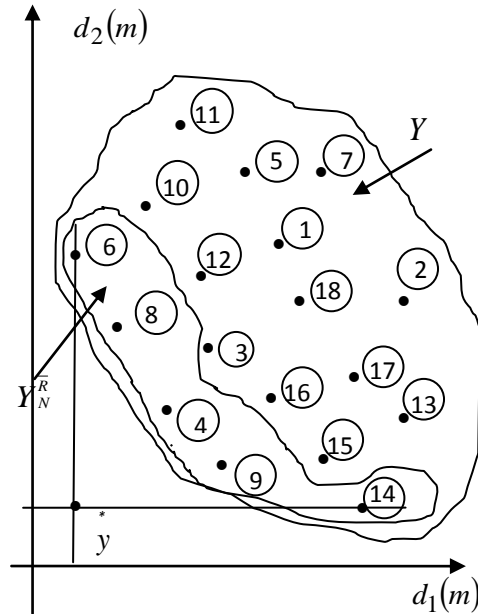
Rozwiązaniem zadania (11) będzie zatem tzw. zbiór Pareto [3, 20], czyli zbiór tych zagrożeń ze zbioru wstępnego oszacowania \mathcal{M}_o , od których nie ma „bardziej prawdopodobnych”. Zbiór ten oznaczymy symbolem:

$$M_N^{\bar{R}} = \left\{ m \in \mathcal{M}_o \mid \text{nie istnieje } m \in \mathcal{M}_o - \{m\}, \text{ że } d(m) \leq d \begin{pmatrix} o \\ m \end{pmatrix} \right\} \quad (15)$$

Zbiór $M_N^{\bar{R}}$ jest przeciwobrazem [4] zbioru Pareto $Y_N^{\bar{R}}$.

$$M_N^{\bar{R}} = d^{-1}(Y_N^{\bar{R}}) = \left\{ m \in \mathcal{M}_o \mid d \begin{pmatrix} o \\ m \end{pmatrix} \in Y_N^{\bar{R}} \right\} \quad (16)$$

Ostatecznym czynnikiem rozstrzygającym może być w tej sytuacji tzw. „rozwiązanie kompromisowe” [20], które prowadzi najczęściej do rozwiązania jednoznacznego. Na rysunku poniżej przedstawiona została przestrzeń detekcyjna oraz sposób wyznaczania zbioru zagrożeń od których nie ma bardziej prawdopodobnych. Zbiór Y jest zbiorem obrazów podobieństwa poszczególnych (potencjalnych) zagrożeń do sanitarnego stanu rejonu x . Na osiach poziomej i pionowej odpowiednio są zaznaczone „odległości” (13) stanu sanitarnego rejonu od poszczególnych typów zagrożeń odpowiednio w sensie występowania symptomów lub czynników ryzyka.



Rys. 3. Wyznaczanie zbioru M_N^R zagrożeń epidemiologicznych od których nie ma bardziej prawdopodobnych

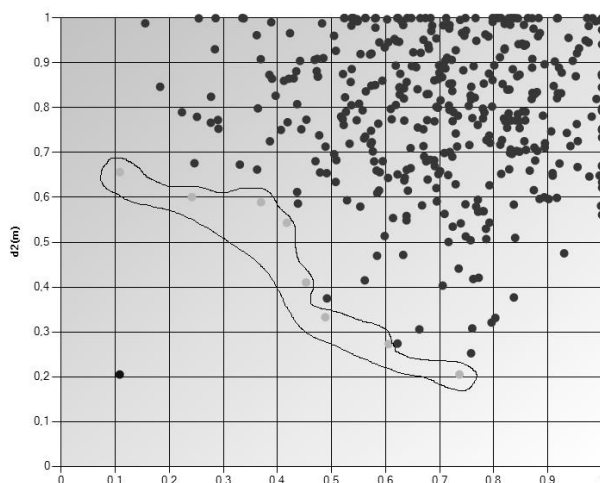
W powyższym przykładzie wstępnym oszacowaniem zbioru możliwych zagrożeń jest zbiór $\mathcal{M}_o = \{1, \dots, 18\}$. Zbiór M_N^R stanowią zagrożenia epidemiologiczne o numerach $\{4, 6, 8, 9, 14\}$ (przeciwobraz zbioru Y_N^R). W rejonie x mamy zatem „podejrzanie wystąpienia” zagrożeń epidemiologicznych o numerach $m \in M_N^R$. Obliczając odległość obrazów tych zagrożeń od obrazu y^* „utopijnego” (wirtualnego), „najbardziej prawdopodobnego” (ze względu na stwierdzone symptomy i czynniki ryzyka) zagrożenia, możemy utworzyć ranking potencjalnych zagrożeń do dalszych działań detekcyjnych.

Współrzędne zagrożenia utopijnego $y^* = (y_1^*, y_2^*)$ wyznaczmy następująco:

$$y_1^* = \min_{m \in \mathcal{M}_o} d_1(m), \quad y_2^* = \min_{m \in \mathcal{M}_o} d_2(m) \quad (17)$$

Najbliższym „najbardziej prawdopodobnemu zagrożeniu”, wynikającym ze stwierdzonych symptomów i czynników ryzyka jest zagrożenie epidemiologiczne nr 4. Praktycznie jednak do ostatecznej decyzji inspektora sanitarnego powinien być przedstawiony „cały zbiór” Pareto oraz ranking jego elementów.

Na rysunku 4 pokazana została przykładowa realizacja komputerowego wsparcia procedury detekcyjnej zagrożeń epidemiologicznych dla wybranego zestawu stwierdzonych symptomów zagrożenia epidemiologicznego i czynników ryzyka w badanym rejonie. Repozytorium wzorców zagrożeń zawierało 100 symulacyjnie wygenerowanych wzorców [7].



Rys. 4. Typowy obraz komputerowy przestrzeni detekcyjnej oraz zbioru zagrożeń epidemiologicznych, od których nie ma „bardziej prawdopodobnych”

4. WNIOSKI

Bardzo ważnym problemem procesu modelowania jest wybór postaci funkcji podobieństwa (odległości d_1 i d_2) oraz decyzja w zakresie przyjęcia odpowiedniego modelu preferencji \bar{R} . Konkretnie formuły matematyczne określające tzw. „funkcje odległości” wynikają z przyjętych koncepcji modelowania [4,5,13]. Przykładowo, w modelach bazujących na teorii sieci bayesowskich są to odpowiednie rozkłady prawdopodobieństw warunkowych. W modelach bazujących na teorii zbiorów rozmytych [15,17] są to funkcje przynależności do zbioru diagnoz wstępnych, a w modelach opartych na wzorcach, odpowiednio zdefiniowane metryki [4,5]. Modele preferencji diagnostycznych w szczególnych sytuacjach nie muszą bazować na relacjach typu Pareto czy też „leksykografia”. Mogą to być relacje typu model pesymisty (optymisty) lub też tzw. „relacje preferencji kolektywnych” w przypadku diagnozowania w formule „konsylium ekspertów” [4,5]. Praca niniejsza miała na celu przedstawienie modelu wstępnej detekcji w taki sposób, aby możliwe było wykorzystanie w dalszych pracach bardzo bogatego i skutecznego zestawu możliwości, jakie oferuje teoria optymalizacji wielokryterialnej. Przedstawioną w pracy procedurę postępowania można traktować jako wstępny proces detekcyjny rozpoczynający każdą procedurę rozpoznania zagrożenia epidemiologicznego. Prowadzi on do wygenerowania zbioru (stosunkowo mało licznego) tzw. zagrożeń, od których nie ma bardziej prawdopodobnych. Kolejny etap procesu detekcyjnego to wybór „optymalnego zestawu” dodatkowych badań laboratoryjnych pozwalający ostatecznie podjąć decyzję w zakresie rozpoznania zagrożenia, następnie wybrać optymalną strategię dalszych działań sanitarnych.

Możliwość wizualizacji uzyskiwanych wyników może mieć duże znaczenie praktyczne jako dodatkowe narzędzie detekcyjne dla inspektora sanitarnego. Graficzne przedstawienie na ekranie komputera zbioru potencjalnych zagrożeń (w tym zbioru zagrożeń od których nie ma bardziej prawdopodobnych) oraz wartości wskaźników jakościowych pozwalają lekarzowi w łatwy sposób ocenić przydatność (wiarygodność) uzyskanego rozpoznania w dalszej procedurze detekcyjnej. Algorytm umożliwia też tworzenie rankingu rozpoznań (tworzenie listy rozpoznań od najbardziej prawdopodobnego do najmniej prawdopodobnego). Z pozycją rozpoznania konkretnego zagrożenia na liście związana jest też liczba określająca jego odległość od modelu stanu zagrożenia sanitarnego rejonu.

Podatność symulacyjna jest bardzo ważną własnością algorytmu gdyż ułatwia prowadzenie badań jakości procesu detekcyjnego. Daje też możliwość szkolenia bądź też testowania umiejętności detekcyjnych inspektorów sanitarnych.

Odpowiednie zaprojektowanie danych testowych umożliwi szybkie badanie wrażliwości algorytmu na błędy inspektora w trakcie ustalania symptomów i czynników ryzyka a głównie stopnia ich nasilenia.

Literatura

- 1) M. Allan, Crash Course – wywiad i badania przedmiotowe, Elsevier Urban&Partner, Wrocław, 2005.
- 2) R.M. Anderson and R.M. May. – “Directly transmitted infectious diseases: control by vaccination”. Science, 215:1053-1060, 1982.
- 3) R.M. Anderson and R.M. May editors. – ”Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control”, Oxford University Press, Oxford, 1991
- 4) A. Ameljańczyk – „Optymalizacja wielokryterialna w problemach sterowania i zarządzania”, Ossolineum, 1984.
- 5) A. Ameljańczyk – „Matematyczny model przestrzeni życia w komputerowym systemie wspomaganie decyzji medycznych”, I Krajowa Konferencja „Systemy Komputerowe i Teleinformatyczne w Służbie Zdrowia”, Warszawa 2009.
- 6) A. Ameljańczyk – „Matematyczny model wspomaganie diagnozowania medycznego na podstawie symptomów chorobowych i czynników ryzyka”, VII Konferencja Naukowa Modelowanie Cybernetyczne Systemów Biologicznych, MCSB2010, Kraków, 2010.
- 7) A. Ameljańczyk, P. Długosz, M. Strawa, – „Komputerowa implementacja algorytmu wyznaczania wstępnej diagnozy medycznej”, VII Konferencja Naukowa Modelowanie Cybernetyczne Systemów Biologicznych, MCSB2010, Kraków, 2010.
- 8) H.L.C. Beynon i inni, – „Interpretacja danych klinicznych w pytaniach i opisach przypadków”, Elsevier Urban&Partner, Wrocław, 2007.
- 9) R. Douglas Collins, – „Algorytmy interpretacji objawów klinicznych”, Medipage, Warszawa, 2010.
- 10) W.O. Kermack and A.G. McKendrick. Contributions to the mathematical theory of epidemics, Proc. R. Soc. Lond. A, 115:700{721, 1927.
- 11) F. Kokot – „Diagnostyka różnicowa objawów chorobowych”, WLPZWL, Warszawa, 2007.
- 12) F. Kokot, S. Kokot – „Badania laboratoryjne – zakres norm i interpretacja”, WL PZWL, Warszawa, 2002.
- 13) J.D. Murray – Mathematical biology. II. Spatial models, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2001.
- 14) Z. Pawlak, Rough Sets, International Journal of Computer and Information Sciences, vol. 11, 341-356 (1965).
- 15) E. Sanchez, „Medical diagnosis and composite fuzzy relations”, Advances in fuzzy sets theory and applications, North--Holland, 1979.
- 16) W. Siegenthaler, Rozpoznanie różnicowe w medycynie wewnętrznej, Tom 1-2, Medipage, Warszawa, 2009.
- 17) P. Smets, „Medical diagnosis fuzzy sets and degrees of belief”, Fuzzy sets and Systems, vol. 5, 1981.
- 18) The Merck Manual, Objawy kliniczne, Elsevier Urban&Partner, Wrocław, 2010.

- 19) H. Wechsler, „Applications of fuzzy logic to medical diagnosis”, Proc. Symp. on Multiple – Valued Logic, Logan 1975.
- 20) P.L. Yu, G. Leitmann, Compromise solutions, domination structures and Salukwadze’s solution, JOTA, vol.13, 1974.