

DIAGNOZOWANIE Z DWUPOZIOMĄ KOMPARACJĄ NIEPEWNYCH SYMPTOMÓW I SYNDROMU STANU OBIEKTU

Lesław BĘDKOWSKI

Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa,
fax (22) 6839125, e-mail: lbedkowski@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

W artykule rozważa się zagadnienie wiarygodności diagnoz formułowanych w oparciu o niepewne (np. z powodu zakłóceń procesu diagnozowania) symptomy i syndromy stanu obiektu. Proponuje się metodę diagnozowania umożliwiającą otrzymywanie dostatecznie wiarygodnych diagnoz poprzez powtarzanie testowania oraz komparację uzyskanych symptomów i syndromów. Opisano 6 reguł wyboru diagnozy oraz omówiono ograniczenia ich zastosowań i wskaźniki ocenowe.

Słowa kluczowe: diagnozowanie, wiarygodność diagnozy, niepewność symptomu i syndromu.

DIAGNOSING WITH DOUBLE-LEVEL COMPARISON OF UNCERTAIN SYMPTOMS AND SYNDROME OF AN OBJECT STATE

Summary

A question of authenticity of diagnosis formulated on the basis of uncertain symptoms and syndromes of an object state is discussed. A diagnosing method that allows receiving the sufficiently authentic diagnoses through repetition of testing and comparison of obtained symptoms and syndromes is proposed. The 6 rules of diagnostic inference are described. Additionally application limits and assessment indicators are discussed.

Key words: diagnosing, authenticity of diagnosis, uncertainty of symptom and syndrome.

1. WPROWADZENIE

W [1] opisano przypadek diagnozowania z jednopoziomą, dwustopniową komparacją syndromową. Komparacja ta składa się:

– z **komparacji segregującej** otrzymane syndromy na podzbiory o jednakowej postaci z jednoczesnym określeniem ich liczności;

– z **komparacji wartościującej** polegającej na wyznaczeniu wartości syndromu¹ i wyborze syndromu o największej wartości.

Metoda taka jest przydatna przede wszystkim wtedy, gdy (z różnych powodów) wskazane jest wnioskowanie diagnostyczne na poziomie **kompletnych** syndromów.

W niniejszym artykule przedstawiona jest jedna z najprostszych metod diagnozowania z komparacją dwupoziomą – to jest na poziomie komparacji symptomów i syndromów. Metoda taka jest wskazana wtedy, gdy liczba możliwych stanów obiektu jest duża i gdy występują trudności ze ścisłym zdefiniowaniem a priori wszystkich

możliwych stanów obiektu. Diagnozowanie dwupoziomowe nie wymaga takiego definiowania. Ponadto metodę tę można stosować wtedy, gdy występują zróżnicowane wymagania dotyczące granicznych wartości symptomów².

Algorytm diagnozowania stanu obiektu technicznego w oparciu o komparację dwupoziomą (w przypadku niepewnych symptomów) przedstawia rys.1.

2. KOMPARACJA NA POZIOMIE SYMPTOMU

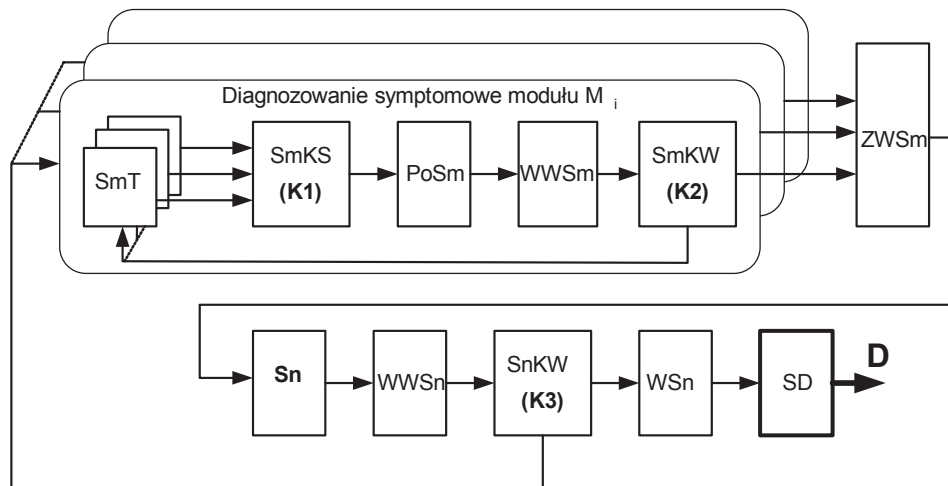
Planowanie procedury diagnozowania należy rozpocząć od syntezy struktury diagnostycznej obiektu³.

Rozpatrzmy najprostszy przypadek, dla którego przyjęto:

¹ Wartością syndromu nazywamy wartość prawdopodobieństwa prawdziwości syndromu.

² Wartością symptomu nazywamy wartość prawdopodobieństwa prawdziwości symptomu.

³ Strukturę diagnostyczną interpretuje się tu jako zbiór modułów diagnostycznych; modulem diagnostycznym nazywany jest fragment obiektu, o definiowanym stanie.



Rys. 1. Algorytm komparacyjnej procedury diagnostycznej

Oznaczenia: SmT – symptomowe testowanie modułu; SmKS – symptomowa komparacja segregująca; PoSm – podzbiory symptomów; WWSm – wyznaczanie wartości symptomów; SmKW – symptomowa komparacja wartościująca; ZWSm – zbiór wybranych symptomów; Sn – syndrom stanu; WWSn – wyznaczanie wartości syndromu; SnKW – syndromowa komparacja wartościująca; WSn – wybrany syndrom; SD – synteza diagnozy; D – diagnoza

– wszystkie moduły diagnostyczne są rozłączne (nie mają wspólnych elementów), a zarazem stanowią tory symptomów⁴; na rys. 2 pokazano przykładową strukturę diagnostyczną o modułach rozłącznych;

– każdy moduł jest podobiekiem jednosymptomowym tzn., że jeden symptom wystarcza do zdefiniowania stanu modułu;

– każdy symptom jest jednowymiarowy; tzn., że tworzony jest na podstawie wyniku jednego pomiaru (lub innej pojedynczej informacji diagnostycznej);

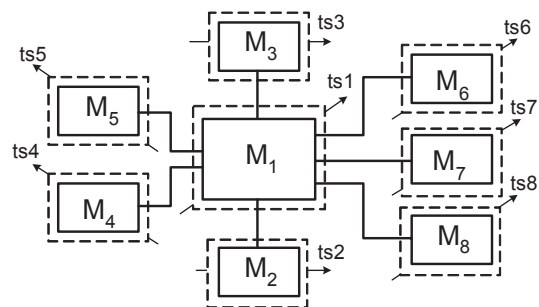
– każdemu symptomowi przyporządkowuje się symboliczną wartość logicznego zera (wynik negatywny), oznaczającego niezdatność modułu lub symboliczną wartość logicznej jedynki (wynik pozytywny), oznaczającej zdatność modułu; zatem wynikiem każdej realizacji testu jest liczba „0” lub „1”.

– **symptomowa komparacja segregująca (SmKS)** polega na komparacji i segregacji symptomów otrzymanych w wyniku testowania modułu na podzbiory symptomów pozytywnych i negatywnych oraz na określeniu liczności tych podzbiorów; operację taką przeprowadza się dla każdego modułu diagnostycznego;

– **symptomowa komparacja wartościująca (SmKW)** polega na określaniu wartości symptomów negatywnych i pozytywnych oraz na porównywaniu otrzymanych wartości z indywidualnymi wymaganiami (sformułowanymi wcześniej);

– jeżeli wartości wszystkich symptomów spełniają indywidualne wymagania, należy

utworzyć syndrom, wyznaczyć jego wartość i przeprowadzić **syndromową komparację wartościującą (SnKW)** ze względu na spełnienie wymagań syndromowych.



Rys. 2. Przykład obiektu o rozłącznych modułach diagnostycznych

Oznaczenia: M₁, ..., M₈ – moduły diagnostyczne; ts₁, ..., ts₈ – tory symptomów

3. MODEL WYZNACZANIA WARTOŚCI SYMPTOMU

Prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na L_i^0 -krotnym wystąpieniu **prawdziwego** symptomu negatywnego s_i^0 pod warunkiem występowania (w czasie diagnostowania) stanu niezdatności \mathcal{E}_i^0 modułu M_i – wyznacza wyrażenie:

$$p_i(0|0) = [P(s_i^0 | \mathcal{E}_i^0)]^{L_i^0} = [R_{zi}(0|0)]^{L_i^0} \quad (1)$$

gdzie: – i – numer modułu diagnostycznego;

⁴ *Torem symptomu nazywamy taki podzbiór modułów obiektu, od których stanu zależy postać symptomu.*

– L_i^0 – liczność podzbioru symptomów negatywnych;
 – $R_{zi}(0|0)$ – prawdopodobieństwo jednokrotnego wystąpienia prawdziwego symptomu negatywnego.

Prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na L_i^0 -krotnym wystąpieniu **falszywego** symptomu negatywnego \bar{S}_i^0 pod warunkiem występowania stanu zdadności \mathcal{E}_i^1 modułu M_i – wyznacza wyrażenie:

$$p_i(0|1) = \left[P(\bar{S}_i^0 | \mathcal{E}_i^1) \right]^{L_i^0} = [R_{zi}(0|1)]^{L_i^0} \quad (2)$$

gdzie: – $R_{zi}(0|1)$ – prawdopodobieństwo jednokrotnego wystąpienia falszywego symptomu negatywnego.

Prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na L_i^1 -krotnym wystąpieniu **prawdziwego** symptomu pozytywnego S_i^1 pod warunkiem występowania stanu zdadności \mathcal{E}_i^1 modułu M_i – wyznacza wyrażenie:

$$p_i(1|1) = \left[P(S_i^1 | \mathcal{E}_i^1) \right]^{L_i^1} = [R_{zi}(1|1)]^{L_i^1} \quad (3)$$

gdzie: – $R_{zi}(1|1)$ – prawdopodobieństwo jednokrotnego wystąpienia prawdziwego symptomu pozytywnego.

Prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na L_i^1 -krotnym wystąpieniu **falszywego** symptomu pozytywnego \bar{S}_i^1 pod warunkiem występowania stanu niezdatności \mathcal{E}_i^0 modułu M_i – wyznacza wyrażenie:

$$p_i(1|0) = \left[P(\bar{S}_i^1 | \mathcal{E}_i^0) \right]^{L_i^1} = [R_{zi}(1|0)]^{L_i^1} \quad (4)$$

gdzie: – $R_{zi}(1|0)$ – prawdopodobieństwo jednokrotnego wystąpienia falszywego symptomu pozytywnego.

Liczba testowań L_{Ti} modułu M_i jest równa sumie liczności podzbioru symptomów negatywnych $L_i(S_i^0)$ i liczności podzbioru symptomów pozytywnych $L_i(S_i^1)$:

$$L_{Ti} = L_i(S_i^0) + L_i(S_i^1) \quad (5)$$

W czasie wykonywania sesji testowej modułu, znajduje się on (dla przyjętych założeń) w jednym z dwu stanów: w stanie niezdatności albo w stanie zdadności. Ponadto przyjęto tu, że **stan modułu nie zmienia się w czasie trwania sesji**.

Zatem może zachodzić jedno z dwu zdarzeń:

Zdarzenie Z_i^0 . W czasie sesji testowej modułu M_i jest w stanie **niezdatności** \mathcal{E}_i^0 oraz wystąpił L_i^0 -krotnie prawdziwy symptom negatywny \bar{S}_i^0 i wystąpił L_i^1 -krotnie falszywy symptom pozytywny \bar{S}_i^1 stanowi to iloczyn trzech zdarzeń.

Zatem prawdopodobieństwo zdarzenia Z_i^0 czyli prawdopodobieństwo a' posteriori niezdatności modułu M_i jest iloczynem trzech prawdopodobieństw:

$$P(Z_i^0) \equiv P(\mathcal{E}_i^0) = (1 - R_{ei}) p_i(0|0) p_i(1|0) \quad (6)$$

gdzie: – R_{ei} – prawdopodobieństwo a' priori stanu zdadności modułu M_i .

Zdarzenie Z_i^1 . W czasie sesji testowej modułu M_i jest w stanie **zdatności** \mathcal{E}_i^1 oraz wystąpił L_i^0 -krotnie falszywy symptom negatywny \bar{S}_i^0 i wystąpił L_i^1 -krotnie prawdziwy symptom pozytywny S_i^1 ; stanowi to iloczyn trzech zdarzeń.

Zatem prawdopodobieństwo zdarzenia Z_i^1 czyli prawdopodobieństwo a' posteriori zdadności modułu M_i jest iloczynem trzech prawdopodobieństw:

$$P(Z_i^1) \equiv P(\mathcal{E}_i^1) = R_{ei} p_i(0|1) p_i(1|1) \quad (7)$$

Stan zdadności i stan niezdatności stanowią zupełną sumę zdarzeń. Zatem:

– **warunkowe** prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że moduł M_i jest w stanie niezdatności przedstawia wyrażenie:

$$P_{wi}(\mathcal{E}_i^0) = \frac{P(\mathcal{E}_i^0)}{P_i(\mathcal{E}_i^0) + P_i(\mathcal{E}_i^1)} \quad (8)$$

Wyrażenie (8) stanowi warunkową **wartość symptomu negatywnego** S_i^0 , wynikającą z testowania symptomowego modułu M_i ;

– analogicznie, **warunkowe** prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że moduł M_i jest w stanie zdadności przedstawia wyrażenie:

$$P_{wi}(\mathcal{E}_i^1) = \frac{P(\mathcal{E}_i^1)}{P_i(\mathcal{E}_i^0) + P_i(\mathcal{E}_i^1)} \quad (9)$$

Wyrażenie (9) stanowi warunkową **wartość symptomu pozytywnego** S_i^1 , wynikającą z testowania symptomowego modułu M_i .

Wartości symptomów (8) i (9) stanowią podstawę diagnoz symptomowych – a w konsekwencji także diagnozy syndromowej.

4. WYBÓR SYNDROMU

W niektórych przypadkach wystarczające są diagnozy symptomowe dla **wybranych** modułów diagnostycznych. Najczęściej wymagane są diagnozy symptomowe dla **wszystkich** modułów oraz diagnoza syndromowa.

Syndromem stanu obiektu jest zbiór wybranych w postępowaniu komparacyjnym symptomów:

$$S = [s_1, s_2, \dots, s_N] \quad (10)$$

Wartość syndromu jest iloczynem wartości symptomów:

$$P_S = \prod_{i=1}^N P_{wi}^* \quad (11)$$

gdzie: P_{wi}^* – **warunkowa** wartość **wybranego** symptomu.

Syndromowa komparacja wartościująca polega na zbadaniu czy otrzymany syndrom spełnia wymagania, tzn. na przykład czy wartość syndromu jest niemniejsza od wartości wymaganej (jeśli takie wymaganie istnieje).

Do sformułowania ostatecznej diagnozy można zastosować jedną z reguł wyboru diagnozy.

5. REGUŁY WYBORU DIAGNOZY

5.1. SYMPTOMOWA REGUŁA WIĘKSZOŚCIOWA (SmW)

Reguła ta polega na realizowaniu testów symptomowych każdego modułu. W tym przypadku należy przyjąć pewną minimalną, nieparzystą liczbę testów np. $L_{i \min} = 3$. Po zrealizowaniu tej liczby testów wyznacza się wartości symptomów negatywnych i pozytywnych oraz sprawdza się spełnienie warunku (12):

$$L_{i \min} : P_{wi}(\mathcal{E}_i^0) \neq P_{wi}(\mathcal{E}_i^1); \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

Jeśli warunek (12) nie jest spełniony to realizuje się kolejny test, aż do uzyskania takiej liczby testów L_{Ti}^* , dla której warunek ten jest spełniony.

Dla tej liczby testów i dla każdego modułu znajduje się większą wartość symptomu:

$$P_{wi}^* = \max[P_{wi}(\mathcal{E}_i^0), P_{wi}(\mathcal{E}_i^1)]; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (13)$$

Na tej podstawie można wskazać domniemane stany modułów zgodnie z relacjami (14).

$$\left. \begin{aligned} [P_{wi}^* = P_{wi}(\mathcal{E}_i^0)] &\Rightarrow s_i^{0*} \Rightarrow \mathcal{E}_i^0 \\ [P_{wi}^* = P_{wi}(\mathcal{E}_i^1)] &\Rightarrow s_i^{1*} \Rightarrow \mathcal{E}_i^1 \end{aligned} \right\}; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (14)$$

Z wyznaczonych w ten sposób symptomów i ich wartości oraz domniemanych stanów modułów można utworzyć zapis tabelaryczny (tab.1).

Tabela 1

Tabelaryczny zapis symptomów i ich wartości oraz domniemanych stanów

Moduł o numerze „i”	M_1	M_2	...	M_N
Wartość wybranego symptomu	P_{w1}^*	P_{w2}^*	...	P_{wN}^*
Wybrany symptom	s_1	s_2	...	s_N
Stan modułu	\mathcal{E}_1	\mathcal{E}_2	...	\mathcal{E}_N

5.2. SYMPTOMOWA REGUŁA PROGOWA (SmP)

Reguła ta polega na realizowaniu testów symptomowych każdego modułu. Po zrealizowaniu kolejnego testu oblicza się wartości symptomów negatywnych i pozytywnych oraz sprawdza się spełnienie pierwszego warunku (12) (jak w regule SmW) i wyznacza wartość większą:

$$P_{wi}^* = \max[P_{wi}(\mathcal{E}_i^0), P_{wi}(\mathcal{E}_i^1)]; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (15)$$

Następnie sprawdza się drugi warunek:

$$P_{wi}^* \geq P_{i \text{ gr}}; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (16)$$

gdzie: $P_{i \text{ gr}}$ – graniczna wartość symptomu dla i-tego modułu.

Jeśli warunek (16) jest spełniony to testowanie modułu można uznać za zakończone i zarejestrować liczbę wykonanych testów.

Dalsze postępowanie jest analogicznie jak dla reguły SmW.

Reguła SmP wymaga zazwyczaj większej długości sesji lecz wartości diagnoz są znacznie wyższe (liczba błędnych diagnoz jest mniejsza).

5.3. SYMPTOMOWA REGUŁA WIĘKSZOŚCIOWO-PROGOWA (SmWP)

Jest to reguła mieszana.

Praktyka eksploatacyjna wskazuje na to, że w niektórych przypadkach należy różnicować wymagania dotyczące wartości symptomów. Można zatem podzielić zbiór modułów obiektu na podzbiory modułów o różnych wymaganiach. Np. jeden podzbiór może zawierać moduły o szczególnym znaczeniu ze względów ekonomicznych, bezpieczeństwa itp. Do diagnozowania modułów tego podzbioru należy stosować regułę SmP. Do drugiego podzbioru wystarczy zastosować regułę SmW. Otrzymuje się w ten sposób regułę o pośrednich właściwościach.

5.4. SYMPTOMOWA REGUŁA WIELOPROGOWA (SmWiP)

W praktyce eksploatacyjnej występują sytuacje, w których konieczne jest różnicowanie progów symptomowych dla różnych modułów

i różnych symptomów (w znaczeniu: negatywnych i pozytywnych) w zależności od skutków otrzymanywanych na tej podstawie diagnoz (wyższe wartości progów dla ważnych modułów i stanów). Sprzyja to zmniejszaniu liczby błędów szczególnie ważnych diagnoz, przy równoczesnym skracaniu długości sesji diagnostycznych.

5.5. SYNDROMOWA REGUŁA PROGOWA (SnP)

W wielu przypadkach w procesach eksploatacyjnych ważną jest wartość syndromu stanu obiektu bez szczegółowej analizy wartości symptomów. W takich przypadkach przyjmuje się taką samą liczbę testów dla wszystkich modułów. Po zrealizowaniu kolejnych testów wyznacza się wartość syndromu. Następnie sprawdza się spełnienie syndromowego warunku progowego:

$$P_S(L) \geq P_{S_{gr}} \quad (17)$$

gdzie: $P_S(L)$ – wartość syndromu dla zbioru testów o liczności L ;

$P_{S_{gr}}$ – graniczna wartość syndromu.

Jeśli warunek (17) jest spełniony, to sesję diagnostyczną można zakończyć. Na podstawie zbioru wartości symptomów tworzy się diagnozę zupełną, zapisując ją w postaci tabeli analogicznej jak tab.1. Zauważmy, że zgodnie ze wzorem (11) wartość żadnego symptomu nie może być mniejsza od wartości syndromu. Natomiast wartości symptomów mogą być znacznie zróżnicowane w przedziale:

$$P_{S_{gr}} \geq P_{wi}^* \geq 1 \quad (18)$$

5.6. SYMPTOMOWO-SYNDROMOWA REGUŁA WIELOPROGOWA (S_mWiP)

Zastosowanie reguły SnP może w niektórych przypadkach prowadzić do błędnych diagnoz symptomowych, co może być istotne, szczególnie w odniesieniu do ważnych modułów. W takich przypadkach można wprowadzić zbiór progów symptomowych i wymagać spełnienia nie tylko syndromowego warunku progowego lecz również spełnienia symptomowych warunków progowych (19):

$$\left. \begin{array}{l} P_S(L) \geq P_{S_{gr}} \\ \bigwedge_{i=1,2,\dots,N} (P_{wi}^* \geq P_{igr}) \end{array} \right\} \quad (19)$$

6. WSKAŹNIKI PORÓWNAWCZE REGUŁ WYBORU DIAGNOZ

Porównanie reguł można przeprowadzać w oparciu o następujące wskaźniki:

1) suma liczb niezbędnych testów symptomowych w jednej sesji diagnostycznej:

$$L_{TS}^* = \sum_{i=1}^N L_{Ti}^* \quad (20)$$

gdzie: L_{Ti}^* – liczba niezbędnych testów symptomowych dla i -tego modułu; długość sesji symptomowej, charakteryzuje niezbędną długość jednej sesji syndromowej;

2) w przypadku zmiennej liczby testów (ustalanej w każdej sesji w zależności od spełnienia wymagań symptomowych i syndromowych) statystycznym wskaźnikiem charakteryzującym regułę wyboru może być wartość oczekiwana długości sesji $E[L_T^*]$;

3) w przypadku stałej liczby testów w każdej sesji – statystycznym wskaźnikiem charakteryzującym regułę wyboru może być wartość oczekiwana względnej liczby diagnoz spełniających wymagania symptomowe i syndromowe (czyli diagnoz przyjmowanych przez diagnostę) $E[\eta_D]$; estymatorem tego wskaźnika może być stosunek liczby diagnoz przyjętych L_{DP} do liczby zrealizowanych sesji diagnostycznych L_{SD} ; stosunek tych liczb charakteryzuje również **sprawność diagnozowania**:

$$\eta_D = \frac{L_{DP}}{L_{SD}} \quad (21)$$

4) istotnym wskaźnikiem charakteryzującym regułę wyboru diagnoz ze względu na **niezawodność przyjętych diagnoz** może być – wyznaczony na podstawie wielu sesji diagnostycznych – stosunek liczby diagnoz bezbłędnych L_{DC} (tzn. rzeczywiście prawdziwych) do liczby diagnoz przyjętych:

$$R_D = \frac{L_{DC}}{L_{DP}} \quad (22)$$

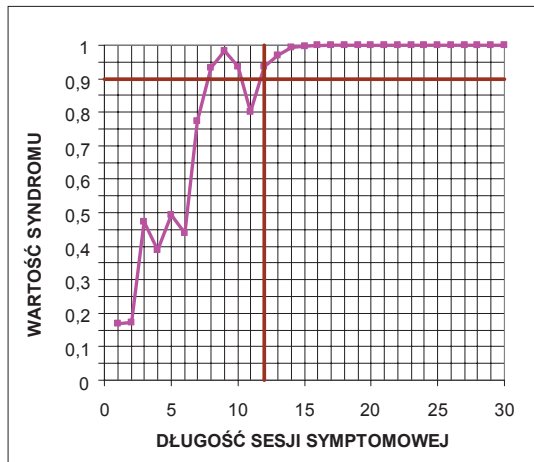
7. PRZYKŁADY ILUSTRACYJNE

1) Na rys.3 – dla reguły SmP – pokazano przykład przebiegu wartości syndromu w zależności od liczby zrealizowanych testów w jednej sesji diagnostycznej.

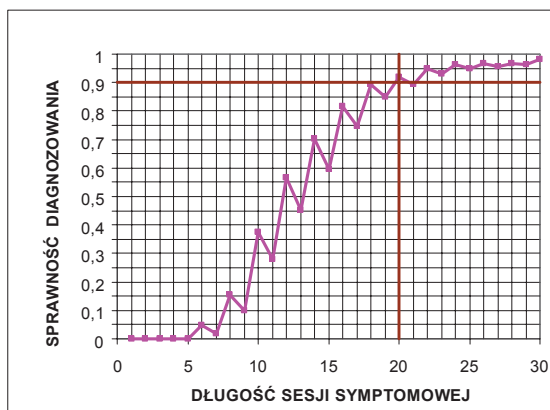
Jak wynika z wykresu – w rozpatrywanej sesji (dla wartości progowej syndromu wynoszącej 0,9) diagnosta przyjmie diagnozę po zrealizowaniu 12 testów.

2) Na rys.4 – dla reguły SmP – pokazano przykład przebiegu sprawności diagnozowania jako funkcji liczby zrealizowanych testów dla każdego modułu na podstawie obserwacji 200 symulacyjnych sesji syndromowych.

Jak wynika z wykresu – przy wartości progowej syndromu równej 0,9 – względną liczbę przyjętych diagnoz na poziomie ok. 0,9 uzyskuje się dla liczby 20 testów.



Rys. 3. Przykładowy przebieg wartości syndromu jako funkcja długości sesji symptomowych (dla jednej sesji syndromowej) przy zastosowaniu symptomowej reguły progowej (SmP)



Rys. 4. Przykładowy przebieg sprawności diagnostowania jako funkcja długości sesji symptomowych przy zastosowaniu symptomowej reguły progowej (SmP)

8. WNIOSKI

Opisaną metodę „diagnostowania z komparacją dwupoziomą” poddano sprawdzeniu w oparciu o modele symulacyjne [2].

Wynika z tego, że:

- metoda z odpowiednio dobraną regułą nadaje się do diagnostowania obiektów podlegających silnym zakłóceniom i przy wykorzystaniu układów diagnozujących też podlegających zakłóceniom – pod warunkiem spełnienia następujących nierówności:

$$\left. \begin{array}{l} R_{zi}(1|1) > R_{zi}(0|1) \\ R_{zi}(0|0) > R_{zi}(1|0) \end{array} \right\}; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (23)$$

przy tym **nie jest konieczna** dokładna znajomość wartości tych prawdopodobieństw;

- metoda może być stosowana nawet jeśli nie są znane prawdopodobieństwa a priori stanów modułów;
- ze względu na konieczność wykonywania w trakcie diagnozowania znacznej liczby obliczeń niezbędne jest wykorzystanie odpowiednich programów komputerowych;
- możliwe jest wykorzystanie komputera stanowiącego jeden z modułów obiektu lub komputera stanowiącego część układu diagnozującego.

LITERATURA

- [1] Będkowski L., Dąbrowski T.: *Diagnostowanie na podstawie niepewnych syndromów stanu obiektu*. Diagnostyka, PTDT, Vol. 37, 2006, ss. 6.
- [2] Dąbrowski T.: *Badanie symulacyjne skuteczności diagnostowania komparacyjnego na przykładzie systemu alarmowego*. Materiały Konferencji DIAG'2006, ss. 6.
- [3] Grabski F., Jaźwiński J.: *Metody bayesowskie w niezawodności i diagnostyce*. WKiŁ, Warszawa 2001, ss. 320.



Prof. dr hab. inż. **Lesław BĘDKOWSKI** jest nauczycielem akademickim w Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Zainteresowania naukowe Profesora skupiają się głównie wokół następujących problemów: teoria diagnostyki technicznej, optymalizacja procedur diagnostycznych, diagnostyka systemów antropotechnicznych, diagnostyka w ujęciu potencjałowo-efektywnym, teoria użytkowania w ujęciu wieloprotocowym, wielopoziomowe systemy dozoru i terapeutyczne, diagnostyka bezpieczeństwa.