

ALGORYTMY ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Henryk Tylicki

Katedra Maszyn Roboczych i Pojazdów,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono problematykę wyznaczania algorytmów rozpoznawania stanu, będących podstawą do opracowania reguł wnioskowania.

Słowa kluczowe: rozpoznawanie stanu maszyn, optymalizacja procedur, reguły wnioskowania

WSTĘP

Zastosowanie w procesie eksploatacji metod rozpoznawania stanu pojazdów i maszyn roboczych wymaga optymalizacji: zbioru parametrów diagnostycznych, testów i programów diagnostycznych, metod genezowania i metod prognozowania. Rozwiązanie tych zadań zależy od wielu czynników związanych ze stopniem złożoności maszyn, wykorzystaniem obserwacji wielosymptomowych, jakości procesu eksploatacji oraz procesu zużycia. Rozpoznawanie stanu pojazdów i maszyn roboczych to proces, który ułatwia określenie technicznego stanu maszyny w czasie bieżącym na podstawie wyników badań diagnostycznych. Umożliwia to kontrolę stanu i lokalizację uszkodzeń w przypadku stanu niezdatności maszyny, ułatwia także przewidywanie stanu maszyny w czasie przyszłym i przeszłym na podstawie niepełnej historii wyników badań diagnostycznych. Umożliwia to oszacowanie czasu niezawodnego użytkowania maszyny lub wartości wykonanej przez nią w przyszłości i przeszłości pracy.

W procesie rozpoznawania stanu szczególnie wydaje się być ważna problematyka wyboru:

- a) zbioru parametrów diagnostycznych w zależności od czasu pracy maszyny, wartości kroku czasowego i liczebności optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych;
- b) metody wyznaczania testów i programów diagnostycznych w zależności od wiarygodności diagnozy, ilości informacji, prawdopodobieństwa uszkodzenia zespołów maszyny i kosztu testu lub programu diagnostycznego;
- c) metody prognozowania w zależności od horyzontu prognozy, minimalnej liczby elementów szeregu czasowego niezbędnej do uruchomienia predykcji oraz czasu pracy maszyny;

d) metody genezowania w zależności od horyzontu genezy, minimalnej liczby elementów szeregu czasowego niezbędnej do uruchomienia genezy oraz czasu pracy maszyny;

Proces rozpoznawania stanu pojazdów i maszyn roboczych, badanie dynamiki ich konstrukcji, wysokie wymagania stawiane przez użytkowników, a także obowiązujące przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa użytkowników oraz ochrony środowiska stanowią impuls do poszukiwania nowych metod diagnozowania oraz wyznaczania nowych miar i narzędzi opisujących ich aktualne stany diagnostyczne w procesie eksploatacji. Zostały one przedstawione jako odpowiednie procedury i algorytmy.

PROCEDURA OPTYMALIZACJI ZBIORU PARAMETRÓW DIAGNOSTYCZNYCH

Zbiór parametrów diagnostycznych wyróżnia się ze zbioru parametrów wyjściowych. Z przeprowadzonych badań, mających na celu potwierdzenie niektórych propozycji zawartych w pracach dotyczących redukcji informacji diagnostycznej w procesie prognozowania wynika, że wyznaczanie zbioru parametrów powinno uwzględniać: zdolność odwzorowania zmian stanu maszyny w czasie eksploatacji; ilość informacji o stanie maszyny; odpowiednią zmienność wartości parametrów diagnostycznych w czasie eksploatacji maszyny. Dlatego odpowiednie algorytmy uwzględniające te postulaty zostały przedstawione poniżej jako metody:

1. Metoda korelacji wartości parametrów diagnostycznych ze stanem maszyny

Polega na badaniu korelacji wartości parametrów diagnostycznych ze stanem maszyny $r_j = r(W, y_j)$, ewentualnie z czasem eksploatacji ($r_j = r(\Theta, y_j)$). W przypadku braku danych ze zbioru W zastępuje się je czasem, przy założeniu, że wyznaczenie procedur rozpoznawania stanu maszyny jest realizowane czasem eksploatacji maszyny w przedziale zużycia normalnego. Wówczas $r_j = r(\Theta, y_j)$; $j = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, K$ (r_j – współczynnik korelacji między zmiennymi $\Theta_k \in (\Theta_1, \Theta_b)$ (Θ_k – czas eksploatacji maszyny) i y_j).

2. Metoda maksymalnej pojemności informacyjnej parametru diagnostycznego

Istota metody polega na wyborze parametru dostarczającego największą ilość informacji o stanie maszyny. Parametr diagnostyczny ma tym większe znaczenie w określeniu zmiany stanu, im silniej jest z nim skorelowany i im słabiej jest skorelowany z innymi parametrami diagnostycznymi. Zależność tę przedstawia się w postaci wskaźnika pojemności parametru diagnostycznego h_j , który jest modyfikacją wskaźnika odnoszącego się do zbioru zmiennych objaśniających model ekonometryczny.

Zaletą przedstawionych metod jest to, że pozwalają wybrać ze zbioru parametrów wyjściowych jednoelementowe, jak i wieloelementowe zbiory parametrów diagnostycznych. Zbiór jednoelementowy odnosi się do przypadku, gdy maszyna jest zdekomponowana na zespoły i konieczny jest wybór jednego parametru diagnostycznego. Zbiór wieloelementowy otrzymuje się, gdy w przedstawionych procedurach stosuje się mniej ostre ograniczenie, polegające na zakwalifikowaniu do zbioru parametrów diagnostycznych tych parametrów, których wartości wskaźników są większe (mniejsze) od przyjętych odpowiednio dla metody małych (dużych) liczb dodatnich.

Algorytm metodyki wyznaczania optymalnego zbioru wartości parametrów diagnostycznych zawiera następujące etapy:

1. Akwizycja danych:

a) zbiór wartości parametrów diagnostycznych w funkcji czasu eksploatacji maszyny $\{y_j(\Theta_k)\}$, uzyskanych w czasie realizacji eksperymentu bierno-czynnego, gdzie $\Theta_k \in (\Theta_l, \Theta_b)$;

b) zbiór wartości parametrów diagnostycznych: $\{y_j(\Theta_l)\}$ – wartości nominalne, $\{y_{jg}\}$ – wartości graniczne, $j = 1, \dots, m$;

c) zbiór stanów maszyny $\{\Theta_k: \{s_i\}, k = 1, \dots, K; i = 1, \dots, I\}$ uzyskanych w czasie realizacji eksperymentu bierno-czynnego, gdzie $\Theta_k \in (\Theta_l, \Theta_b)$;

d) koszt parametrów diagnostycznych $c(y_j) = \text{const}$.

2. Optymalizacja zbioru wartości parametrów diagnostycznych (tylko w przypadku dużej liczebności zbioru Y , np. $m > 10$). Zbiór parametrów diagnostycznych wyznacza się za pomocą:

– metody korelacji wartości parametrów diagnostycznych ze stanem maszyny (z czasem eksploatacji, $r_j = r(W, y_j)$, $(r_j = r(\Theta, y_j))$:

$$r_j = \frac{\sum_{k=1}^K (\Theta_k - \bar{\Theta})(y_{j,k} - \bar{y}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Theta_k - \bar{\Theta})^2 \sum_{k=1}^K (y_{j,k} - \bar{y}_j)^2}} \quad (1)$$

$$\bar{\Theta} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Theta_k, \quad \bar{y}_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{j,k} \quad (2)$$

– metody ilości informacji parametrów diagnostycznych o stanie maszyny h_j :

$$h_j = \frac{r_j^2}{1 + \sum_{j=1, j \neq n}^m |r_{j,n}|} \quad (3)$$

$$r_{j,n} = \frac{\sum_{k=1}^K (y_{j,k} - \bar{y}_j)(y_{n,k} - \bar{y}_n)}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (y_{j,k} - \bar{y}_j)^2 \sum_{k=1}^K (y_{n,k} - \bar{y}_n)^2}} \quad (4)$$

$$\bar{y}_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{j,k}; \quad \bar{y}_n = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{n,k} \quad (5)$$

gdzie:

$r_j = r(W, y_j); j=1, \dots,$

m – współczynnik korelacji między zmiennymi W (stan maszyny) i y_j ,

$r_{jn} = r(y_j, y_n); j, n = 1, \dots, m; j \neq n$ – współczynnik korelacji między zmiennymi y_j i y_n .

W przypadku braku danych ze zbioru W , zastępuje się je czasem eksploatacji maszyny, przy założeniu, że wyznaczenie procedur rozpoznawania stanu maszyny jest

realizowane w przedziale zużycia normalnego. Wówczas $r_j = r(\Theta, y_j)$; $j = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, K$ (r_j – współczynnik korelacji między zmiennymi $\Theta_k \in (\Theta_l, \Theta_h)$ (Θ_k – czas eksploatacji maszyny) i y_j).

W celu wyboru zbioru parametrów diagnostycznych wykorzystuje się wartości wag:

a) wagi obliczeniowe w_{ij} :

$$w_{ij} = \frac{1}{d_j}, \quad d_j = \sqrt{(1-r_j^*)^2 + (1-h_j^*)^2} \quad (6)$$

$$r_j^* = \frac{r_j}{\max r_j}, \quad h_j^* = \frac{h_j}{\max h_j} \quad (7)$$

b) jako kryterium wyboru parametru diagnostycznego (parametrów diagnostycznych) przyjęto maksymalizację wartości wag w_{ij} i wybranie parametrów diagnostycznych według tego kryterium;

c) w celu uwzględnienia preferencji użytkownika możliwe jest wprowadzenie przez niego wag w_2 (wartości standaryzowane) z przedziału (0,1) i wybranie parametrów diagnostycznych według tego kryterium.

PROCEDURA OCENY STANU

Wyznaczanie oceny stanu maszyn wiąże się z badaniem relacji parametr diagnostyczny – stan maszyny. Na podstawie wyników badań mających na celu potwierdzenie niektórych propozycji zawartych w pracach dotyczących wyznaczania testów diagnostycznych, uważa się, że wykorzystanie odpowiednich procedur powinno uwzględniać:

a) potrzebę uzyskania informacji diagnostycznej na odpowiednim poziomie dekompozycji maszyny;

b) potrzebę uzyskania informacji diagnostycznej w odpowiednim zakresie oceny stanu maszyny (kontrola stanu, lokalizacja uszkodzenia, kontrola stanu i lokalizacja uszkodzenia maszyny);

c) ilość informacji o relacji: parametr diagnostyczny – stan maszyny, parametr diagnostyczny – czas eksploatacji maszyny;

d) odpowiednią zmienność wartości parametrów diagnostycznych w czasie eksploatacji maszyny.

Badania w tym zakresie obejmują określenie optymalnej metody wyznaczania:

a) testu kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń w funkcji wiarygodności diagnozy;

b) testu kontroli stanu maszyny;

c) testu lokalizacji uszkodzeń maszyny,

d) testu kontroli stanu maszyny i lokalizacji uszkodzeń maszyny.

Algorytm metodyki wyznaczania testu diagnostycznego maszyny zawiera następujące etapy:

1. Akwizycja danych.

2. Optymalizacja zbioru parametrów diagnostycznych.

3. Porządkowanie zbioru danych poprzez określenie zbioru $\{s_i(\Theta_k), i = 1, \dots, 1; k = 1, \dots, K\}$.
4. Badanie istotności zmian wartości parametrów diagnostycznych $\{y_j(\Theta_k)\}$ w zależności od stanu $\{s_i = f(\Theta_k); \Theta_k \in (\Theta_l, \Theta_b)\}$, tzn. który z parametrów diagnostycznych „najlepiej” opisuje stan s_i :
 - a) metodą badania odległości pomiędzy przedziałami ufności średnich wartości parametrów diagnostycznych w przypadku badania grupy maszyn (liczba obiektów większa od 10); odpowiednio przyjmuje się wartości: 1 – gdy test wykaże, że przedziały ufności średnich parametrów $\{\{y_{ji}\}(\Theta_l)\}$ i $\{\{y_{ji}\}(\Theta_k)\}$ nie mają punktów wspólnych oraz 0, gdy test odległości wykaże, że przedziały ufności średnich parametrów $\{\{y_{ji}\}(\Theta_l)\}$ i $\{\{y_{ji}\}(\Theta_k)\}$ mają punkty wspólne;
 - b) za pomocą relacji zmienności wartości parametrów diagnostycznych w przypadku, gdy rozpatruje się pojedynczy obiekt grupy maszyn – zbiór wartości $\{y_j(\Theta_k)\}$; odpowiednio przyjmuje się wartości: 1 oraz 0;
 - c) w przypadku, gdy zbiór $\{s_i = f(\Theta_k)\}$ jest zbiorem wieloelementowym, wyniki badań istotności zmian wartości parametrów diagnostycznych $\{y_j(\Theta_k)\}$ w zależności od stanu $\{s_i = f(\Theta_k); \Theta_k \in (\Theta_l, \Theta_b)\}$ są tożsame dla wszystkich stanów $\{s_i = f(\Theta_k)\}$.
5. Wyznaczenie macierzy boolowskiej:
 - a) 1 – gdy zmiana stanu s_i powoduje istotne zmiany wartości parametru diagnostycznego y_j ;
 - b) 0 – gdy zmiana stanu s_i nie powoduje istotnych zmian wartości parametru diagnostycznego y_j .
6. Wyznaczenie testu kontroli stanu T_{KS} na podstawie macierzy boolowskiej – test T_{KS} jako wektor wartości logicznych (0, 1) parametrów diagnostycznych i tożsamy jemu wektor stanów: $\{(y_1, \dots, y_n, \dots, y_N)\} \Rightarrow S^0 \vee S^1 = \{(s_1, \dots, s_n, \dots, s_N)\}$ dla stanu zdadności S^0 i stanu niezdadności maszyny S^1 .
7. Wyznaczenie testu lokalizacji uszkodzeń T_{LU} na podstawie macierzy boolowskiej – test T_{LU} jako wektor wartości logicznych $\langle 0, 1 \rangle$ parametrów diagnostycznych i tożsamy jemu wektor stanów: $\{(y_1, \dots, y_n, \dots, y_N)\} \Rightarrow S^1 = \{(s_1, \dots, s_n, \dots, s_N)\}$, przy czym:
 - a) jeżeli wartość logiczna wektora sprawdzeń parametru diagnostycznego przyjmuje wartość 1 – wartość parametru jest w przedziale wartości granicznej;
 - b) jeżeli wartość logiczna wektora sprawdzeń parametru diagnostycznego przyjmuje wartość 0 – wartość parametru jest poza przedziałem wartości granicznych.
8. Interpretacja wyników testów:
 - a) $T_{KS} = \{y_1, \dots, y_j, \dots, y_m\}$:
 - $\{0, \dots, 0, \dots, 0\}$ – maszyna zdadna (0 oznacza, że wartość $y_j \neq y_{jg}$),
 - $\{1, \dots, 0, \dots, 0\}$ – maszyna niezdadna (1 oznacza, że wartość $y_1 = y_{1g}$),
 - $\{1, \dots, 1, \dots, 0\}$ – maszyna niezdadna (1 oznacza, że wartość $y = y_{jg}$),
 - $\{1, \dots, 1, \dots, 1\}$ – maszyna niezdadna (1 oznacza, że wartość $y_m = y_{mg}$),
 - b) $T_{LU} = \{y_1, \dots, y_j, \dots, y_m\}$:
 - $\{1, \dots, 0, \dots, 0\}$ – maszyna niezdadna, lokalizacja uszkodzenia – stan s_i (1 oznacza, że wartość $y_1 = y_{1g}$),
 - $\{1, \dots, 1, \dots, 0\}$ – maszyna niezdadna, lokalizacja uszkodzenia – stan s_{i+1} (1 oznacza, że wartość $y_j = y_{jg}$),
 - $\{1, \dots, 1, \dots, 1\}$ – maszyna niezdadna, lokalizacja uszkodzenia – stan s_{i+n} (1 oznacza, że wartość $y_m = y_{mg}$),

Przeprowadzona prezentacja możliwości budowy testów diagnostycznych maszyn pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Ze względu na preferencję przy wyborze parametrów diagnostycznych metody podobieństwa oraz sposobu badania zależności parametr diagnostyczny – stan należy, w celu budowy macierzy diagnostycznej, wybrać dla grupy maszyn ($n \geq 10$) – metodę badania odległości przedziałów ufności wartości średniej parametru diagnostycznego, zaś dla pojedynczego obiektu grupy maszyn – metodę badania zmienności wartości parametru diagnostycznego. W celu budowy testów metodę wektora sprawdzeń.

2. W celu wyznaczenia testu kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń proponuje się, aby przedstawiony algorytm został poddany implementacji.

PROCEDURA GENEZOWANIA STANU MASZYN

Podejmując rozważania na temat genezowania stanu maszyn, podobnie jak przy procedurach prognozowania, nie można wykazać wyższości pewnych metod genezowania nad innymi, bowiem zależy to jaki obiekt jest przedmiotem badań oraz jaki jest cel genezowania stanu maszyny. Należy jednak uwzględnić:

a) postać genezy (wartość genezowana symptomu, szacowany stan maszyny w przeszłości, wartość wykonanej przez nią w przeszłości pracy lub inna postać genezy stanu maszyny);

b) wpływ zmiany warunków eksploatacji maszyn i czynności obsługowych na właściwości eksploatacyjne maszyny;

c) możliwe do wykorzystania metody genezowania (np. metody jakościowe, zmodyfikowane metody ekstrapolacyjne trendu i zmodyfikowane metody adaptacyjne).

Algorytm genezowania stanu maszyny według schematu szacowania wartości parametrów diagnostycznych zawiera następujące elementy:

1. Genezowanie wartości zbioru parametrów diagnostycznych $\{y_j^*\}$:

a) metodą aproksymacji wartości parametru diagnostycznego y_j^* w przedziale czasu (Θ_1, Θ_b) wraz z promieniem błędu aproksymacji „kanału błędowego” r_a metodami (metoda średniokwadratowa, metoda trygonometryczna),

b) za pomocą interpolacji wartości parametru diagnostycznego y_j^* w przedziale czasu (Θ_1, Θ_b) wraz z promieniem błędu interpolacji „kanału błędowego” r_i (metoda funkcji sklepanych 1, 2 i 3 stopnia),

c) wybór metody według minimalnej lub maksymalnej wartości promienia błędu aproksymacji lub interpolacji (błąd dopasowania e_G).

2. Analiza przyczyny wystąpienia stanu $s_i(T_{LU})$:

a) prezentacja zbioru $\{s_i(\Theta_k), i = 1, \dots, 1; k = 1, \dots, K\}$.

b) określenie punktu wspólnego „kanału błędowego” wyznaczonego przez promień błędu $r_j^* = \max(r_{ja}, r_{ji})$ i wartość graniczną parametru diagnostycznego y_j^* w chwili $\Theta_s \in (\Theta_1, \Theta_b)$, co oznacza że przyczyną wystąpienia zlokalizowanego stanu s_i było „chwilowe pojawienie” się tego stanu w czasie (Θ_1, Θ_b) ;

c) określenie większej liczby punktów wspólnych „kanału błędowego” wyznaczonego przez promień błędu $r = \max(r_a, r_i)$ i wartości granicznej parametru diagnostycznego y_j^* w chwilach $\Theta_s \in (\Theta_1, \Theta_b)$ oznacza, że przyczyną wystąpienia zlokalizowanego stanu s_i był „narastający rozwój” stanu s_i w czasie (Θ_1, Θ_b) ;

d) w przypadku braku punktów wspólnych określenie minimalnej odległości „kanału błędowego” od wartości granicznej w chwili $\Theta_s \in (\Theta_1, \Theta_b)$, co oznacza że prawdopodobną przyczyną wystąpienia zlokalizowanego stanu s_i było „chwilowe niepełne pojawienie się” się tego stanu w czasie (Θ_1, Θ_b) ;

e) analiza tożsamości zbioru stanów $\{s_i(\Theta_k), k = 1, \dots, K\}$ i zlokalizowanego przez T_{LU} stanu s_i w celu określenia przyczyny jego wystąpienia w kontekście otrzymanych ewentualnych „punktów wspólnych” lub minimalnej odległości „zblizeń”.

PROCEDURA PROGNOZOWANIA STANU MASZINY

Algorytm prognozowania stanu maszyny zawiera następujące etapy:

1. Prognozowanie wartości parametru diagnostycznego y_j^* :

a) metodą adaptacyjną Browna–Mayera rzędu 1 (B-M1) ze współczynnikiem $\alpha = (0,5-0,8)$ i dla horyzontu prognozy $\tau = (1-3)\Delta\Theta$ wyznaczonej dla przedziału czasu (Θ_1, Θ_b) ,

b) metodą adaptacyjną Holta ze współczynnikiem $\alpha_1 = (0,6-0,8)$ i $\alpha_2 = (0,4-0,8)$ dla horyzontu prognozy $\tau = (1-3)\Delta\Theta$ wyznaczonej dla przedziału czasu (Θ_1, Θ_b) ,

c) metodami analitycznymi (liniowa, wykładnicza, potęgowa pierwszego, drugiego i trzeciego rzędu dla horyzontu prognozy $\tau = (1-3)\Delta\Theta$ wyznaczonej dla przedziału czasu (Θ_1, Θ_b)).

2. Wyznaczenie terminu następnego obsługiwanie i diagnozowania maszyny Θ_d :

a) Θ_{d1} za pomocą metody poziomowania błędu prognozy dla promienia błędu prognozy r_p (dla poziomu istotności $\beta_1 = 0,05$; $\beta_2 = 0,1$) według zależności:

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) > y_{jg} : \quad \Theta_{jd1} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_j(\Theta_b) - y_{jg} - r_\sigma]}{y_j(\Theta_b) - y_{j,p}(\Theta_b + \tau)} \quad (8)$$

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) < y_{jg} : \quad \Theta_{jd1} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_{jg} - y_j(\Theta_b) - r_\sigma]}{y_{j,p}(\Theta_b + \tau) - y_j(\Theta_b)} \quad (9)$$

gdzie: r_σ – promień przedziału błędu prognozy (obliczany a’posteriori odpowiednio dla każdej metody wyznaczania wartości prognozowanej $y_{j,p}(\Theta_b + \tau)$);

b) Θ_{d2} za pomocą metody poziomowania wartości granicznej parametru diagnostycznego ($y_{jg1} = y_{jg}$; $y_{jg1} = y_{jg} + \gamma(y_{jn} - y_{jg})$ dla $y_{jn} > y_{jg}$ oraz $y_{jg1} = y_{jg}$; $y_{jg1} = y_{jg} - \gamma(y_{jg} - y_{jn})$ dla $y_{jg} > y_{jn}$), np. dla $\gamma = 0,1$:

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) > y_{jg} : \quad \Theta_{jd2} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_j(\Theta_b) - y_{jg1}]}{y_j(\Theta_b) - y_{j,p}(\Theta_b + \tau)} \quad (10)$$

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) < y_{jg} : \quad \Theta_{jd2} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_{jg1} - y_j(\Theta_b)]}{y_{j,p}(\Theta_b + \tau) - y_j(\Theta_b)} \quad (11)$$

c) wyznaczenie terminu następnego obsługiwanie i diagnozowania maszyny: $\Theta_d^* = \min(\Theta_{d1}, \Theta_{d2})$.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona prezentacja różnych procedur i algorytmów rozpoznawania stanu pojazdów i maszyn roboczych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wszystkie prezentowane procedury i algorytmy pozwalają wyznaczyć optymalne ze względu na przyjmowane kryterium:
 - a) zbiór parametrów diagnostycznych;
 - b) test kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń maszyny;
 - c) genezę wartości parametrów diagnostycznych i oszacowanie przyczyny stanu maszyny;
 - d) prognozę wartości parametrów diagnostycznych i oszacowanie terminu obsługi maszyny;
2. Z tego względu przedstawione procedury i algorytmy mogą stanowić podstawę do wyznaczania reguł wnioskowania w zakresie:
 - a) wyznaczenia optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych;
 - b) wnioskowania o stanie obiektu i lokalizacji jego uszkodzeń;
 - c) szacowania wartości parametrów diagnostycznych w przeszłości i oszacowanie przyczyny stanu obiektu w chwili badania;
 - d) szacowanie wartości parametrów diagnostycznych w przyszłości i oszacowanie terminu następnego obsługiwanego obiektu.

PIŚMIENNICTWO

- W. Batko 1984: Metody syntezy diagnoz predykcyjnych w diagnostyce technicznej. Mechanika, 4. Zesz. Nauk. AGH, Kraków.
- Gołębiowski A., Tylicki H. 1987: Model procesu rozpoznawania stanu technicznego obiektów. WAT, Warszawa.
- Cholewa W., Kaźmierczak J. 1995: Data processing and reasoning in technical diagnostics. WNT, Warszawa.
- Niziński S. 2006: Pokładowy i stacjonarny system rozpoznawania stanu maszyn. Opracowanie niepublikowane, UWM Olsztyn, ss.17–24.
- Tylicki H. 1998: Optymalizacja procesu prognozowania stanu technicznego pojazdów mechanicznych. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz.
- Tylicki H., Żółtowski B. 1999: Niezawodnościowo-diagnostyczne aspekty wyznaczania terminu kolejnego obsługiwanego. Materiały XXVII Zimowej Szkoły Niezawodności w Szczyrku, t. 2, ss. 155–161.
- Tylicki H. 2004: Problemy rozpoznawania stanu maszyn, 3rd International Congress of Technical Diagnostics, Diagnostics '2004, Poznań.
- Tylicki H., Żółtowski B. 2005: Zmiana stanu maszyny w procesie eksploatacji. Materiały XXXIII Zimowej Szkoły Niezawodności w Szczyrku, ss. 551–562.
- Tylicki H., Surówka L.: Wyznaczanie reguł wnioskowania diagnostycznego w ocenie stanu maszyn. Diagnostyka. (w druku).
- Żółtowski B. 1997: Podstawy diagnostyki technicznej. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz.

THE ALGORITHMS OF RECOGNIZING THE CONDITION OF MACHINES

Summary. The study presented problems of marking algorithms of recognizing the condition being the basis to study of the rule of inference.

Key words: recognizing the condition of machine, algorithmization of procedures, rules of inference