

Henryk TYLICKI¹
Tadeusz ŻUREK¹

PROGNOZOWANIE STANU ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

W opracowaniu przedstawiono problematykę wyznaczania algorytmów prognozowania stanu technicznego środków transportowych, będących podstawą do opracowania reguł wnioskowania diagnostycznego.

THE PROGNOSIS OF THE CONDITION VEHICLES FORWARDING

The problems of marking the of prognosis of the technical condition of the vehicles forwarding algorithms was introduced in the study, being the basis to the of the rule of inference of diagnostic study.

1. CHARAKTRYSTYKA ZAGADNIENIA

Zastosowanie w procesie eksploatacji metod monitorowania stanu środków transportowych wymaga optymalizacji: zbioru parametrów diagnostycznych, testów i programów diagnostycznych, metod generezowania i metod prognozowania. Rozwiązanie tych zadań zależy od wielu czynników związanych z wykorzystaniem obserwacji wielosymptomowych, jakości procesu eksploatacji oraz procesu zużycia środków transportowych. Prognozowanie stanu technicznego środków transportowych jest to proces, który powinien umożliwić [2,4,6] przewidywanie stanu w czasie przyszłym na podstawie niepełnej historii wyników badań diagnostycznych. Umożliwia to oszacowanie czasu niezawodnego użytkowania środka transportowego. W procesie prognozowania stanu szczególnie wydaje się być ważna problematyka wyboru:

- a) zbioru parametrów diagnostycznych w zależności od czasu pracy, wartości kroku czasowego i liczebności optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych;
- b) metody prognozowania w zależności od horyzontu prognozy, minimalnej liczby elementów szeregu czasowego niezbędnej do uruchomienia predykcji oraz czasu pracy środka transportowego;

Problematyka badania powyższych problemów w procesie prognozowania stanu technicznego środków transportowych, wysokie wymagania stawiane przez użytkowników, a także obowiązujące przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa użytkowników oraz

¹ Uniwersytet Technologiczno – Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu, Zakład Transportu i Eksploatacji, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-763 Bydgoszcz, +48 52 340-82-08, e-mail: tylicki@utp.edu.pl

ochrony środowiska stanowią impuls do poszukiwania nowych metod prognozowania oraz wyznaczania nowych miar i narzędzi opisujących ich przyszłe stany diagnostyczne w procesie eksploatacji, które poniżej zostały przedstawione jako odpowiednie procedury i algorytmy.

2. PROCEDURA OPTIMALIZACJI ZBIORU PARAMETRÓW DIAGNOSTYCZNYCH

Zbiór parametrów diagnostycznych wyróżnia się ze zbioru parametrów wyjściowych. Na podstawie przeprowadzonych badań, mających na celu potwierdzenie niektórych propozycji zawartych w pracach dotyczących redukcji informacji diagnostycznej w procesie monitorowania stanu, uważa się że wyznaczanie zbioru parametrów diagnostycznych w procesie oceny stanu, prognozowania i genezowania stanu maszyn powinno uwzględniać [1,5,6]:

- a) zdolność odwzorowania zmian stanu środka transportowego w czasie eksploatacji;
- b) ilość informacji o stanie środka transportowego;
- c) odpowiednią zmienność wartości parametrów diagnostycznych w czasie eksploatacji środka transportowego.

Dlatego odpowiednie algorytmy uwzględniające te postulaty zostały przedstawione poniżej jako metody. Są to:

- a) metoda korelacji wartości parametrów diagnostycznych ze stanem;
- b) metoda maksymalnej pojemności informacyjnej parametru diagnostycznego.

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 środek transportowy jest zdekomponowany na układy i zespoły oraz 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 wyjściowych, 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 środka transportowego $\{y_j(\Theta_k)\}$, uzyskanych w czasie realizacji eksperymentu bierno – czynnego, gdzie $\Theta_k \in (\Theta_1, \Theta_b)$;
- b) zbiór wartości parametrów diagnostycznych: $\{y_j(\Theta_1)\}$ – 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 $\Theta_k \in (\Theta_1, \Theta_b)$;
- 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:

- a) metody korelacji wartości parametrów diagnostycznych ze stanem środka transportowego (z czasem eksploatacji, $r_j = r(W, y_j)$, ($r_j = r((\Theta, y_j)$);
- b) metody ilości informacji parametrów diagnostycznych o stanie środka transportowego h_j ;

W celu wyboru zbioru parametrów diagnostycznych wykorzystuje się wartości wag:

- a) wagi obliczeniowe w_{ij} :

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

$$r_j^* = \frac{r_j}{\max r_j}, \quad h_j^* = \frac{h_j}{\max h_j} \quad (2)$$

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

3. PROCEDURA PROGNOZOWANIA STANU ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

Algorytm prognozowania stanu środków transportowych zawiera następujące etapy [1,6,7,8]:

- 1. Prognozowanie wartości parametru diagnostycznego y_j^* :

- a) za pomocą metody adaptacyjnej Browna – Mayera rzędu 1 (B-M1) z współczynnikiem $\alpha = (0,5 - 0,8)$ i dla horyzontu prognozy $\tau = (1 - 3)\Delta\Theta$ wyznaczonej dla przedziału czasu (Θ_1, Θ_b) ,
- b) za pomocą metody adaptacyjnej Holta z 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) za pomocą metod analitycznych (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 obsługiwanego środka transportowego 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:

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) > y_{jg} : \quad \Theta_{jd1} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_j(\Theta_b) - y_{jg} - r_\sigma]}{y_j(\Theta_b) - y_{j,p}(\Theta_b + \tau)} \quad (3)$$

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) < y_{jg} : \quad \Theta_{jd1} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_{jg} - y_j(\Theta_b) - r_\sigma]}{y_{j,p}(\Theta_b + \tau) - y_j(\Theta_b)} \quad (4)$$

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 $\gamma = 0,1$:

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) > y_{jg} : \quad \Theta_{jd2} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_j(\Theta_b) - y_{jg1}]}{y_j(\Theta_b) - y_{j,p}(\Theta_b + \tau)} \quad (5)$$

$$\text{dla } y_j(\Theta_b) < y_{jg} : \quad \Theta_{jd2} = \Theta_{jb} + \frac{\tau[y_{jg1} - y_j(\Theta_b)]}{y_{j,p}(\Theta_b + \tau) - y_j(\Theta_b)} \quad (6)$$

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

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona prezentacja różnych procedur i algorytmów prognozowania stanu środków transportowych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wszystkie prezentowane procedury i algorytmy pozwalają wyznaczyć optymalne, ze względu na przyjmowane kryterium:

- a) zbiór parametrów diagnostycznych;
- b) prognozę wartości parametrów diagnostycznych i oszacowanie terminu obsługiwanego.

2. Ze względu na powyższe w celu wyznaczenia zbioru parametrów diagnostycznych i prognozy przedstawione powyżej procedury i algorytmy mogą stanowić podstawę do wyznaczania reguł wnioskowania w zakresie:

- a) wyznaczenia optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych;
- b) szacowanie wartości parametrów diagnostycznych w przyszłości i oszacowanie terminu następnego obsługiwanego obiektu.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Batko W.: Metody syntezy diagnoz predykcyjnych w diagnostyce technicznej. Mechanika, z. 4. Zeszyty Naukowe AGH, Kraków 1984.
- [2] Cholewa W., Kaźmierczak J.: Data processing and reasoning in technical diagnostics. WNT, Warszawa 1995.
- [3] Niziński S.: Pokładowy i stacjonarny system rozpoznawania stanu maszyn. Opracowanie niepublikowane, UWM Olsztyn 2006, s.17-24.
- [4] Tylicki H.: Optymalizacja procesu prognozowania stanu technicznego pojazdów mechanicznych. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1998.
- [5] Tylicki H.: Problemy rozpoznawania stanu maszyn, 3rd International Congress of Technical Diagnostics, Diagnostics ' 2004, Poznań 2004.
- [6] Tylicki H.: Monitorowanie stanu środków transportowych. TRANSCOMP 2009 – International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport. Zakopane 2009.
- [7] Williams E.J., Messina A.: Applications of the Multiple Damage Location Assurance Criterion, Proceedings of the International Conference on Damage Assessment of Structures (DAMAS 99), Dublin, Ireland, 1999 pp.256-264.
- [8] Żóltowski B.: Podstawy diagnostyki technicznej. Wydawnictwa uczelniane ATR, Bydgoszcz 1997.

Wydawnictwo finansowane z środków projektu nr WND-POIG.01.03.01-00-212/09 „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.