

Henryk TYLICKI¹

BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMU KIEROWCA – POJAZD SAMOCHODOWY - DROGA

W opracowaniu przedstawiono problematykę optymalizacji systemu Kierowca – Pojazd Samochodowy – Droga, będących podstawą do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

THE SAFETY OF SYSTEM DRIVER – THE CAR VEHICLE - ROAD

The problems of the optimization of the system was introduced in the study the Driver - the Car Vehicle - Road, being the basis to enlargement of the road movement safety.

1. WPROWADZENIE

Racjonalne eksploatawanie systemu antropotechnicznego jest możliwe pod warunkiem, że znane są odpowiednie procedury zapewniające bezpieczeństwo jego eksploatacji. Jednym z ważniejszych problemów, który pojawia się w tym obszarze są próby opracowania efektywnych procedur optymalizacji, których umożliwiłyby określenie elementów systemu antropotechnicznego wpływających na bezpieczeństwo eksploatacji. Sposoby ich wyznaczania za pomocą metod optymalizacji wielokryterialnej na przykładzie eksploatacji pojazdów mechanicznych, problemy z tym związane oraz propozycje ich rozwiązania przedstawia się w niniejszym opracowaniu.

2. CHARAKTRYSTYKA ZAGADNIENIA

Formułując zadanie optymalizacyjne, mające na celu wyznaczenie elementów systemu antropotechniczne wykazujących się największym bezpieczeństwem, trudno jest określić jedną skalarną funkcję kryterialną F , bowiem rozwiązania dopuszczalne X mogą mieć wiele różnych właściwości, których wartości świadczą o jakości rozwiązania. Stąd też zachodzi konieczność sformułowania w tym przypadku zadania optymalizacyjnego z wieloma (np. N) wskaźnikami jakości w postaci funkcji kryterium F [3]:

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

$$F : X \rightarrow R^N \quad (1)$$

W przypadku optymalizacji wielokryterialnej elementów systemu antropotechnicznego zbiór rozwiązań dopuszczalnych X stanowią:

$$X = \{ X_i \} \quad (2)$$

gdzie: $X_i = \{ x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,n} \}$ – zbiór elementów systemu antropotechnicznego.

W przypadku dysponowania zbiorem F_2 , można określić wektorowy wskaźnik jakości rozwiązania prognozy F jako:

$$F = (F_i) \quad (3)$$

i wyznaczyć funkcje kryterialne F_i , np. dla optymalizacji zbiorów elementów i -tego podsystemu antropotechnicznego, jako zbiór n -elementowy:

$$F_i = \{ f_{i,1}, f_{i,2}, \dots, f_{i,n} \} \quad (4)$$

gdzie: $f_{i,1}$ – pierwsze kryterium wyznaczenia elementów i -tego podsystemu systemu antropotechnicznego,

$f_{i,2}$ – drugie kryterium wyznaczenia elementów i -tego podsystemu systemu antropotechnicznego,

$f_{i,n}$ – n -te kryterium wyznaczenia elementów i -tego podsystemu systemu antropotechnicznego,

oraz:

Φ_i – relacja dominowania zadania optymalizacyjnego określenia i -tego podsystemu systemu antropotechnicznego.

Rozwiązanie zadania polioptymalizacji proponuje się rozwiązać według następującego algorytmu [3,5]:

1. Normalizacja przestrzeni kryterialnej - przestrzeń D^*

Zbiór wyników unormowanych D^* :

$$D^* = \{ d^{*i} \}, \quad i = 1, \dots, n; \quad d^{*i} = (d_1^{*i}, d_2^{*i}) \quad (5)$$

2. Określenie współrzędnych punktu idealnego - d^{**} :

$$d^{**} = (d_1^{**}, d_2^{**}) \quad (6)$$

3. Obliczenie wartości normy $|\bullet|_z$ z parametrem $p=2$ - $r_i(D^*)$

Norma $|\bullet|_z$ jest miarą odległości wyników $d^* \in D^*$ od punktu idealnego d^{**} :

$$r_i(D^*) = |d^{**} - d^{*i}| = \sqrt{(d_1^{**} - d_1^{*i})^2 + (d_2^{**} - d_2^{*i})^2} \quad (8)$$

4. Określenie wyniku optymalnego x_2^0 w zadaniu optymalizacyjnym - $x_2^0 = x_{2,2}$:

$$x_2^0 = d^0 = \min r_i \quad (7)$$

3. OPTIMALIZACJA SYSTEMU KIEROWCA – POJAZD SAMOCHODOWY – DROGA (KPD)

Procedury uzyskiwania optymalnego, ze względu na bezpieczeństwo systemu KPD, rozwiązania ze względu na konieczność wspomaganie komputerowego tego procesu, należy poddać algorytmizacji. W tym celu przedstawia się ogólny schemat algorytmizacji procedur wyznaczania KPD^o (optymalny system antropotechniczny KPD) i charakteryzuje się poszczególne jego etapy.

Podczas wyznaczania KPD^o występują pewne czynności w odpowiedniej kolejności. Są to [1,3]:

- a) wyznaczenie optymalnego kierowcy;
- b) wyznaczenie optymalnego pojazdu samochodowego;
- c) wyznaczenie optymalnej drogi po której porusza się pojazd samochodowy.

Z tego względu algorytmizacja wyznaczania KPD^o zawiera następujące etapy:

1. Wyznaczenie zbioru rozwiązań dopuszczalnych $x \in X$.
2. Określenie funkcji kryterialnej dla każdego obszaru działania F .
3. Wyznaczenie rozwiązań kompromisowych lokalnych zadań optymalizacji według metody „punktu idealnego” dla każdego obszaru działania .
4. Wyznaczenie rozwiązania kompromisowego globalnego elementów systemu antropotechnicznego KPD^o.

W etapie pierwszym algorytm jest związany z określeniem rozwiązań dopuszczalnych dla:

- a) kierowców pojazdu X_1 ;
- b) pojazdów X_2 ;
- c) dróg po której porusza się pojazd X_3 ;

Elementy powyższych zbiorów określone są one odpowiednimi cechami i ograniczone odpowiednimi ograniczeniami związanymi z rzeczywistością eksploatacyjną ruchu drogowego, np. dla drogi należy uwzględnić następujące czynniki (4):

- a) czynniki atmosferyczne (opady, oślepiające słońce, niska temperatura, zbyt wysoka temperatura, dobre warunki atmosferyczne);
- b) stan nawierzchni jezdni (nawierzchnia mokra, nawierzchnia oblodzona, nawierzchnia sucha, ubytki w jezdni, koleiny);
- c) nieprawidłowo zaprojektowana infrastruktura drogi (niewłaściwie usytuowane przejścia dla pieszych, niewłaściwie usytuowane przystanki komunikacji miejskiej, niewłaściwie zaprojektowane skrzyżowania, nieprawidłowo działająca sygnalizacja świetlna, brak zatoczek);
- d) rodzaj drogi (droga lokalna, droga wojewódzka, droga krajowa, droga międzynarodowa, droga ekspresowa, autostrada).

W etapie drugim algorytm jest związany z określeniem elementów funkcji kryterialnej określających bezpieczeństwo dla:

- a) dróg po której porusza się pojazd F_1 ;
- b) pojazdów F_2 ;
- c) kierowców pojazdu F_3 .

Elementy funkcji kryterialnej mogą mieć charakter zarówno jakościowy jak i ilościowy. Powinny jednak posiadać określoną relację dominowania ($\Phi = \max$ lub \min) dla odpowiednich elementów funkcji kryterialnej.

W etapie trzecim algorytm jest związany z sformułowaniem i rozwiązaniem zadań optymalizacyjnych dla:

- a) dróg po której porusza się pojazd: $\langle X_1, F_1, \Phi_1 \rangle$;
- b) pojazdów: $\langle X_2, F_2, \Phi_2 \rangle$;
- c) kierowców pojazdu: $\langle X_3, F_3, \Phi_3 \rangle$;

Rozwiązanie zadań optymalizacyjnych proponuje się, zgodnie z przedstawioną powyżej procedurą, realizować według algorytmu:

- a) normalizacja przestrzeni kryterialnej - przestrzeń D^* .
- b) określenie współrzędnych punktu idealnego - d^{**} .
- c) obliczenie wartości normy $|\bullet|$ z parametrem $p = 2$, $r_1(D^*)$.
- d) określenie wyniku optymalnego x^o w zadaniu optymalizacji, np. wyboru optymalnego kierowcy - x_3^o .

W wyniku realizacji powyższego algorytmu otrzymuje się rozwiązania optymalne z określonymi odpowiednio wartościami wag w_j zależnymi od odległości $r_1(D^*)$. Wówczas optymalne rozwiązania dla poszczególnych podsystemów systemu antropotechnicznego przyjmują postać rozwiązań optymalnych z odpowiednio przypisanymi funkcjami wagi X_w :

- a) optymalni kierowcy $\{w_1x_{3,1}^o, w_2x_{3,2}^o, \dots, w_mx_{3,m}^o\}$;
- b) optymalne pojazdy samochodowe $\{w_1x_{2,1}^o, w_2x_{2,2}^o, \dots, w_nx_{1,n}^o\}$;
- c) optymalne drogi $\{w_1x_{1,1}^o, w_2x_{1,2}^o, \dots, w_kx_{1,k}^o\}$.

W etapie czwartym algorytm jest związany z sformułowaniem i rozwiązaniem globalnego zadania optymalizacyjnego dla:

- a) kierowców pojazdu;
- b) pojazdów;
- c) drogi po której porusza się pojazd.

Zadanie optymalizacyjne formułuje się wówczas dla rozwiązań optymalnych ważonych $\langle X_w, F, \Phi \rangle$, zaś rozwiązanie zadania optymalizacyjnego realizuje się według algorytmu przedstawionego w etapie trzecim, gdzie jako elementy globalnej funkcji kryterialnej można przyjąć następujące kryteria bezpiecznego systemu antropotechnicznego KPD, np.[2,3]:

- a) f_1 – bezpieczeństwo działania systemu antropotechnicznego KPD;
- b) f_2 – efektywność ekonomiczna systemu antropotechnicznego (koszty czasu podróżowania, koszty eksploatacji samochodu, koszty wypadków).

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 [3,4,7]:

- 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_j :

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

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

- b) jako kryterium wyboru parametru diagnostycznego (parametrów diagnostycznych)

przyjęto maksymalizację wartości wag w_j i wybranie parametrów diagnostycznych według powyższego kryterium.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiona powyżej metodyka wykorzystania procedur optymalizacji wielokryterialnej w optymalizacji bezpieczeństwa systemów antropotechnicznych przedstawia sposób doboru, na przykładzie systemu Kierowca – Pojazd Samochodowy – Droga, najlepszych (według odpowiednich kryteriów) jego elementów. Stwarza także pewne możliwości zastosowania procedur metodyki w sytuacji, gdy elementy funkcji kryterialnej mają charakter ilościowy jak i jakościowy (w tym przypadku można wykorzystać rachunek zbiorów rozmytych) z określoną jednak jednoznacznie relacją dominowania ($\Phi = \max$ lub \min) dla odpowiednich elementów funkcji kryterialnej.

W przypadku poszukiwania optimum globalnego alternatywnym rozwiązaniem do przedstawionego w opracowaniu wydają się być procedury algorytmów genetycznych, co jest przedmiotem dalszych prac autora.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jaźwiński J., Ważyńska- Fiok K.: Bezpieczeństwo systemów. PWN, Warszawa 1993.
- [2] Szopa T.: Wybrane problemy nauki o bezpieczeństwie. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn. Zeszyt 1(129) 2002.
- [3] Tylicki H.: Problemy rozpoznawania stanu maszyn, 3rd International Congress of Technical Diagnostics, Diagnostics ' 2004, Poznań 2004.
- [4] Tylicki H.: Monitorowanie stanu środków transportowych. TRANSCOMP 2009 – International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport. Zakopane 2009.
- [5] 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.
- [6] Woropay M., Bojar P.: Analiza przyczyn powstawania zagrożeń w systemach transportu drogowego. Zeszyty naukowe problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2008.
- [7] Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwa Uczelniane ATR. Bydgoszcz 1996.

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.