

METODA BUDOWY MODELU OCENY JAKOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Maciej Woropay, Łukasz Muślewski, Piotr Kolber

Katedra Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny
Akademia Techniczno-Rolnicza
al. Prof. S.Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Zagadnienia rozpatrywane w niniejszym opracowaniu dotyczą oceny jakości działania systemów transportowych. W pracy zdefiniowano podstawowe pojęcia, przedstawiono metodę budowy modelu oraz zbudowano ogólny model oceny jakości działania systemów transportowych.

Słowa kluczowe: jakość systemu, system transportowy, metoda oceny, model oceny, proces losowy

1. WPROWADZENIE

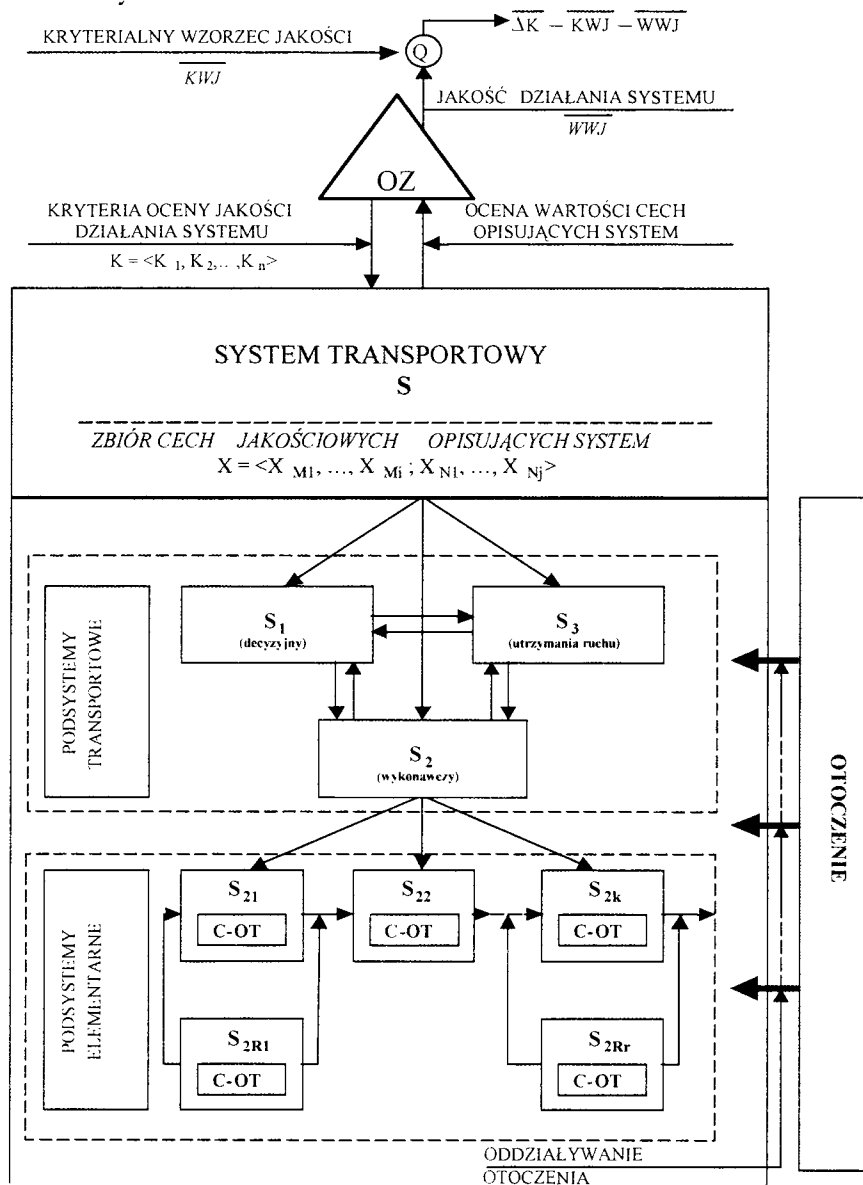
Podstawowym celem działania systemów transportowych jest realizacja przewozów pasażerskich na określonym terytorium, w określonej ilości i określonym czasie. Ocena i zapewnienie wymaganej jakości działania tych systemów zarówno pod względem efektywności, niezawodności, bezpieczeństwa, jak i ekonomicznym stanowi podstawowy czynnik w procesie ich eksploatacji.

Z analizy literatury przedmiotowej wynika, że problematyka jakości działania systemów socjotechnicznych typu $\langle C - M - O \rangle$, a wśród nich omawianych systemów transportowych jest niedostatecznie opracowana. W związku z tym, na podstawie wyników własnych badań eksploatacyjnych [8] oraz identyfikacji procesów realizowanych w obiekcie badań [9], w niniejszym opracowaniu przedstawiono *metodę budowy modelu oceny jakości działania systemów transportowych*. Zastosowanie tej metody umożliwia ocenę, kształtowanie oraz porównywanie jakości działania różnych systemów transportowych tego samego typu. Stanowi to podstawowy czynnik racjonalnego sterowania procesami realizowanymi w omawianych systemach, w zależności od zmian wartości zmiennych opisujących działanie operatorów, sterowanych przez nich obiektów technicznych oraz wpływu otoczenia..

Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto, że: „**jakość działania systemu to zbiór cech systemu wyrażonych za pomocą ich wartości liczbowych, wyznaczających stopień spełnienia stawianych wymagań**” [7].

2. KONCEPCJA BUDOWY MODELU OGÓLNEGO OCENY JAKOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Niniejszy rozdział zawiera opis zasad, na podstawie których sformułowano metodę oceny jakości działania systemów transportowych. Ogólny schemat tej metody przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Ogólny schemat metody oceny jakości działania systemów transportowych

Fig. 1. The overall evaluation method of operating system quality for transport systems

Na przedstawionym rysunku przyjęto następujące oznaczenia:

- OZ – obserwator zewnętrzny,
- S – system transportowy,
- $S_1, S_2, \dots, S_n$ – podsystemy transportowe,
- $S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2k}$ – podsystemy elementarne – podstawowe,
- $S_{2R1}, \dots, S_{2Rr}$ – podsystemy elementarne – rezerwowe;
- C – człowiek (operator),
- OT – obiekt techniczny,
- $\underline{AK}$ – wektor stopnia jakości działania systemu,
- $\underline{WWJ}$ – wielowymiarowy wektor jakości działania systemu w chwili t,
- $\underline{KWJ}$ – kryterialny wzorzec jakości Q.

Jak widać na rysunku 1, obserwator zewnętrzny - OZ, na podstawie ustalonych kryteriów jakości K dokonuje identyfikacji zbioru cech - X, opisujących system transportowy, uwzględniając jakość jego działania. Należy mieć na uwadze, że zbiór cech przyjętych do opisu jakości badanego systemu składa się z dwóch podzbiorów: cech mierzalnych i cech niemierzalnych. Cechy niemierzalne to te, które są „poza zasięgiem” możliwości ich pomiaru na skutek trudności natury technicznej lub na skutek niewiedzy badacza. Dla każdej cechy mierzalnej opisującej badany system X_{Mi} ($i = 1, 2, \dots, n$) należy podać dopuszczalne granice ich zmienności $X_{M,i}^{\min}, X_{M,i}^{\max}$, odpowiadające kryteriom poprawnej jakości działania systemu. Podobnie dla każdej cechy umownie niemierzalnej, X_{Nj} ($j=1,2,\dots,m$) należy ustalić kryteria w taki sposób, aby było możliwe jednoznaczne stwierdzenie czy dana cecha je spełnia. W tym celu cechom niemierzalnym przyporządkowuje się różne wartości od 0 do m. Wówczas warunek poprawnej jakości działania systemu w danej chwili t, $t \in [t_0, t_k]$ przedstawia poniższy zapis:

$$J_S = \begin{cases} X_{M,1}^{\min} < X_{M,1,t} < X_{M,1}^{\max} \dots X_{M,n}^{\min} < X_{M,n,t} < X_{M,n}^{\max} \\ X_{N,1}^{\min} < X_{N,1,t} < X_{N,1}^{\max} \dots X_{N,m}^{\min} < X_{N,m,t} < X_{N,m}^{\max} \end{cases} \quad (1)$$

Zapis ten oznacza, że w danej chwili t, system spełnia warunki poprawnej jakości działania tylko wówczas, gdy wartości jego cech mierzalnych zawierają się w ustalonych granicach oraz cechy niemierzalne spełniają ustalone kryteria jakości.

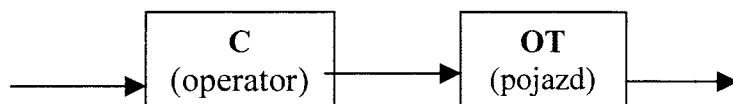
Bezpośredni wpływ na poziom jakości działania systemu transportowego mają jego podsystemy oraz oddziaływanie otoczenia na każdy z tych podsystemów. W procesie dekompozycji, przedstawionym na rysunku 1, na pierwszym poziomie wyróżniono główne podsystemy systemu transportowego:

- wykonawczy,
- zapewnienia zdatności,
- decyzyjny.

Analizując problematykę złożonych systemów eksploatacji, a w szczególności systemów transportowych [1-6] przyjmuje się, że podsystemy te wyznacza się na podstawie identyfikacji badanego systemu a ich liczba uzależniona jest od jego złożoności, rodzaju i przeznaczenia.

Na drugim poziomie dekompozycji, mając na uwadze przejrzystość odwzorowania, przedstawiono tylko podsystemy systemu procesowego. Są to podstawowe i rezerwowe

podsystemy elementarne typu (C – OT), w których człowiek „sprzężony” jest z obiektem technicznym strukturą szeregową, co przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura podsystemu elementarnego systemu wykonawczego

Fig. 2. Subsystem structure of elementary executive system

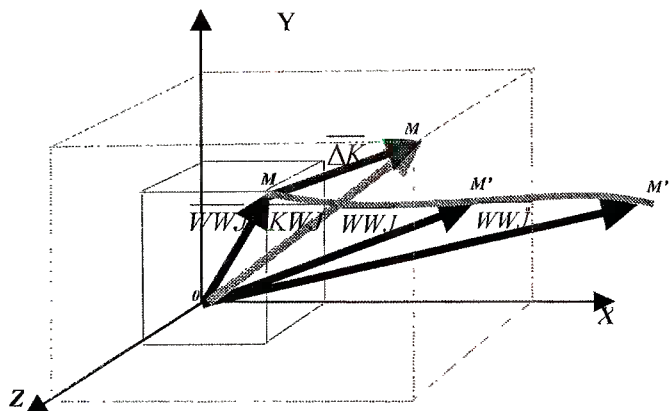
Realizują one zadania wynikające z konieczności zaspokojenia potrzeb ich użytkowników, którzy traktowani są w opisie modelu jako obserwatorzy zewnętrzni. Jest oczywiste, że na jakość działania systemu transportowego mają wpływ również inne jego podsystemy, które sprzężone są ze sobą strukturą funkcjonalną. Należy jednak mieć na uwadze, że *oceniającym jakość działania systemu transportowego jest tzw. obserwator zewnętrzny – użytkownik systemu transportowego* w zasięgu obserwacji którego, w głównej mierze, znajduje się podsystem procesowy. Z tego powodu obserwator zewnętrzny dokonując oceny jakości działania systemu transportowego czyni to, przede wszystkim, na przykładzie tego podsystemu. Przyznane oceny dotyczą cech występujących w jawnym opisie matematycznym jego modelu jakości działania, w którym, na podstawie ustalonych wcześniej kryteriów oceny jakości, przypisuje się wartości, w zależności od ich stanu, w chwili podejmowania ocen.

Wyznaczoną w chwili t , $t \in \langle t_0, t_k \rangle$ jakość działania systemu transportowego, opisuje się za pomocą tzw. *Wielowymiarowego Wektora Jakości*. Zbiór cech przyjętych do opisu jakości działania systemu $(X_1, X_2, \dots, X_p)$ wyznacza p – wymiarową przestrzeń oceny jakości. Na poszczególnych ośiach współrzędnych odwzorowuje się wartości badanych cech w danej chwili t . Wartości te umożliwiają wyznaczenie punktu M' , o współrzędnych $[k_{x_1(t)}, k_{x_2(t)}, \dots, k_{x_p(t)}]$. W przestrzeni wielowymiarowej punkt ten stanowi koniec wektora, którego początkiem jest początek układu współrzędnych. Wektor ten opisuje jakość działania systemu w chwili t , i oznaczono go symbolem $\overline{WWJ}$. Następnie w rozpatrywanej przestrzeni na każdej z przyjętych osi współrzędnych odwzorowuje się wzorcowe (pożądane) wartości cech, na podstawie których wyznacza się punkt M . Punkt M o współrzędnych $[k_{x_1}, k_{x_2}, \dots, k_{x_p}]$, jest końcem wektora wzorcowego stanu systemu, który nazwano *kryterialnym wzorcem jakości* i oznaczono go symbolem $\overline{KWJ}$. Odległość między końcami wektorów $\overline{KWJ}$ a $\overline{WWJ}$ w przyjętej przestrzeni p – wymiarowej, wyznacza stopień jakości działania systemu $\overline{\Delta K}$. Można to zapisać w następujący sposób:

$$\overline{\Delta K} = \overline{KWJ} - \overline{WWJ} \quad (2)$$

Przy czym punkt M' , będący końcem wektora $\overline{WWJ}$, w przedziale czasu o długości Δt kreśli trajektorię odwzorowującą zmiany poszczególnych wartości cech badanego systemu w rozpatrywanej przestrzeni p – wymiarowej. *Oznacza to, że jakość działania systemu jest zmienna w czasie*, ponieważ na każdej osi w rozpatrywanej p – wymiarowej przestrzeni w czasie $(t + \Delta t)$ zmieniają się wartości składowe wektora.

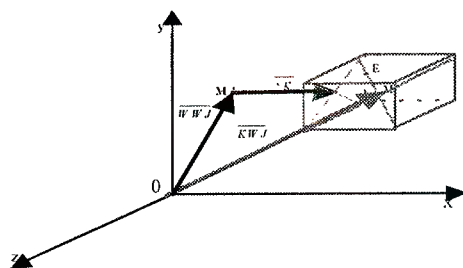
Uproszczoną geometryczną interpretację wektora $\overline{\Delta K}$, wyznaczającego stopień jakości działania systemu w przestrzeni R^3 przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Geometryczną interpretację wektora $\overline{\Delta K}$, wyznaczającego stopień jakości działania systemu w przestrzeni R^3

Fig. 3. Simplified geometric interpretation of vector $\overline{\Delta K}$ indicating the level of operating system quality within space R^3

Jeżeli dla każdej z cech, wyznaczających punkt M – będący końcem wektora $\overline{KWJ}$, wydzielimy obszary tolerancji (wartości graniczne dla poszczególnych cech), to otrzymamy w przestrzeni p – wymiarowej, tzw. bryłę p – wymiarową, w której usytuowany będzie koniec wektora $\overline{KWJ}$ [6]. Utworzona w ten sposób bryła wyznacza p – wymiarową *wzorcową przestrzeń jakości działania systemu*, którą oznaczono symbolem E . Wówczas stopień jakości działania systemu wyznacza odległość położenia końca wektora $\overline{WWJ}$ (punktu M') od wzorcowej przestrzeni jakości E . Geometryczną interpretację powyższych rozważań w przestrzeni R^3 przedstawiono na rysunku 4.

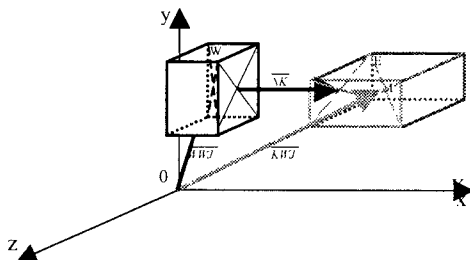


Rys. 4. Geometryczna interpretacja wektora oceny jakości działania systemu $\overline{\Delta K}$ w przestrzeni R^3

Fig. 4. Geometric interpretation of $\overline{\Delta K}$ vector indicating evaluation of operating system quality in space R^3

W pracy rozważa się również przypadek, w którym dla każdej wartości cech, wyznaczających punkt M' – będący końcem wektora $\overline{WWJ}$ można wydzielić obszar tolerancji. Wówczas w przestrzeni p – wymiarowej otrzymamy, tzw. bryłę p – wymiarową,

w której usytuowany będzie koniec wektora $\overline{WWJ}$. Utworzona w ten sposób bryła wyznacza p – wymiarową przestrzeń jakości działania systemu w chwili t . Nazwaną **rzeczywistą przestrzenią jakości działania systemu** w chwili t i oznaczono symbolem $\mathbf{W}$. Wówczas ocenę jakości działania systemu $\overline{\Delta K}$ wyznacza odległość rzeczywistej od wzorcowej przestrzeni jakości. Geometryczną interpretację powyższych rozważań w przestrzeni trójwymiarowej przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Geometryczna interpretacja wektora $\overline{\Delta K}$ stanowiącego ocenę jakości działania systemu w przestrzeni R^3

Fig. 5. Geometric interpretation of $\overline{\Delta K}$ vector representing evaluation of operating system quality in space R^3

3. OGÓLNY MODEL OCENY JAKOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Niech $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, p$ oznacza cechę, będącą zmienną losową zależną od czasu, której realizacja w danej chwili t opisuje jakość działania systemu. W pracy rozważa się wektor cech jakości postaci:

$$X(t) = \langle X_1(t), X_2(t), \dots, X_p(t) \rangle \quad (3)$$

Składowa $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, p$, wektora $X(t)$ jest jednowymiarowym procesem losowym w przestrzeni R , opisującym i - tą cechę jakości działania systemu. Natomiast **wektor $X(t)$ jest p – wymiarowym procesem losowym opisującym całościowo jakość działania systemu w przestrzeni R^p , w danej chwili t** . Wówczas zapis:

$$X : T \times \Omega \rightarrow R^p \quad (4)$$

oznacza, że dla każdej pary (t, ω) , gdzie $t \in T$, $\omega \in \Omega$, $X(t, \omega)$ jest p – wymiarowym wektorem o składowych będących liczbami rzeczywistymi wyrażającymi wartości cech jakości badanego systemu w danej chwili t .

gdzie:

- $X - p$ – wymiarowy proces losowy (w interpretacji geometrycznej odzwierciedlający wektor $\overline{WWJ}$),
- $T - \langle 0, +\infty \rangle$ – jest zbiorem chwil czasowych,

- Ω – oznacza zbiór zdarzeń elementarnych,
 ω – zdarzenie elementarne,
 R^p – oznacza p-wymiarową przestrzeń złożoną z wektorów postaci: $(x_1, x_2, \dots, x_p)$.

gdzie:

- x_i – stanowią p-elementowe ciągi liczb
 $x_i \in R, i = 1, 2, \dots, p$.

Do oceny jakości działania systemów transportowych wyznacza się zbiór cech jakości Z , który dzieli się na n – rozłącznych podzbiorów $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ takich, że

$$Z_i \cap Z_j = \emptyset \text{ dla } i \neq j;$$

$$Z = Z_1 \cup Z_2 \cup \dots \cup Z_n = \{X_1(t), X_2(t), \dots, X_p(t)\} = X(t) \quad (5)$$

Każdy z Z - tych podzbiorów stanowi zbiór cech opisujących jakość działania poszczególnych elementów systemu. Liczebność elementów oraz cech wyznaczana jest na podstawie identyfikacji badanego systemu i uzależniona jest od jego złożoności i charakterystyki. Ocenę jakości działania systemu dokonuje się na podstawie wyróżnionych – uwzględniając cel realizacji badań – istotnych z punktu widzenia celu realizacji badań, cech jakościowych $X_i(t) \ i=1,2,\dots,p$. Wartości tych cech wyznaczają składowe „Wielowymiarowego Wektora Jakości” (WWJ). Wektor ten jest odzwierciedleniem stopnia jakości działania systemu w chwili t . Powyższe rozważania można zapisać w postaci:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \{X_1(t), \dots, X_{Z_1}(t)\}, \\
 Z_2 &= \{X_{Z_1+1}(t), \dots, X_{Z_2}(t)\}, \\
 Z_3 &= \{X_{Z_2+1}(t), \dots, X_{Z_3}(t)\}, \\
 &\dots \\
 Z_n &= \{X_{Z_{n-1}+1}(t), \dots, X_{Z_n}(t)\}.
 \end{aligned} \quad (6)$$

gdzie:

$$Z_n = p.$$

W niniejszej pracy przyjęto, że jakość działania systemów transportowych jest odwzorowaniem postaci:

$$Y: T \times \Omega \rightarrow R \quad (7)$$

co oznacza, że $Y(t, \omega) \ t \in T, \omega \in \Omega$, jest *miarą jakości działania systemu w chwili t , zależną od zdarzenia elementarnego ω ,*

gdzie:

- Y – miara oceny jakości działania systemu, będąca funkcją wektora zmiennej losowej $X(t)$, (odzwierciedlająca długość wektora ΔK),
 T – $<0, +\infty$) - jest zbiorem chwil czasowych,
 Ω – oznacza zbiór zdarzeń elementarnych,
 R – zbiór liczb rzeczywistych,
 ω – zdarzenie elementarne.

PODSUMOWANIE

Zaprezentowana w niniejszym opracowaniu metoda zastosowana została do oceny oraz porównania jakości działania różnych systemów transportowych tego samego typu. Dotyczy to zarówno oceny jakości działania tego samego systemu w różnych chwilach czasowych, jak i dwóch różnych systemów w tej samej chwili czasu oraz różnych systemów w różnych chwilach czasowych. Przy czym, należy mieć na uwadze, że zaprezentowana w pracy metoda, ze względu na stopień ogólności, może być zastosowana do oceny jakości działania, różnego typu systemów eksploatacji.

LITERATURA

- [1] Downarowicz O., 1997. System eksploatacji. ITE, Radom 1997.
- [2] Dwiliński L., 1991. Wstęp do teorii eksploatacji obiektu technicznego. Politechnika Warszawska.
- [3] Girtler J., 1997. Diagnostyka jako warunek sterowania eksploatacją okrętowych silników spalinowych. Wyższa Szkoła Morska, Szczecin.
- [4] Lewitowicz J., 2001. Podstawy eksploatacji statków powietrznych. Tom 1. ITWL Warszawa.
- [5] Praca zbiorowa pod redakcją M. Woropay'a, 1996. Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn. ITE Bydgoszcz – Radom.
- [6] Smalko Z., 1972. Podstawy projektowania niezawodnych maszyn i urządzeń mechanicznych. PWN Warszawa.
- [7] Woropay M, Muślewski Ł., 2000. Budowa kryterialnego modelu oceny jakości złożonego systemu eksploatacji. Zeszyty Naukowe 229, Mechanika 48. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz.
- [8] Woropay M, Muślewski Ł., 2002. Model oceny jakości działania systemu transportowego. Problemy eksploatacji. ITE 1/2002, Radom.
- [9] Woropay M., Knopik L., Landowski B., 2001. Modelowanie procesów eksploatacji w systemie transportowym. ITE Bydgoszcz – Radom.

A METHOD OF THE EVALUATION OF THE QUALITY TRANSPORT SYSTEM OPERATION

Summary

The paper contains problems connected with the evaluation of the quality transport system operation. The paper defines the system quality and provides a newly-developed general model of evaluation of the quality transport system operation.

Keywords: quality of operation system, transport system operation, model of the evaluation, random process