

**Andrzej Sowa**

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów

Szynowych, Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

E-mail: andre@mech.pk.edu.pl

## **Efektywność wybranych metod tworzenia testów diagnostycznych**

### **1 Wprowadzenie**

Diagnostyka techniczna to obecnie ważny dział nauki o eksploatacji współczesnych obiektów technicznych. Jej rolą jest wspomaganie procesu podejmowania decyzji nie tylko odnośnie do użytkowania, ale i obsługi tych obiektów. Realizacja tej roli, najlepiej przy wykorzystaniu nowoczesnych, skomputeryzowanych systemów, jest możliwa wtedy, gdy istnieją kryteria umożliwiające ocenę bieżącego stanu technicznego obiektu badanego i jego elementów składowych, a także odpowiednie procedury detekcji i lokalizacji niezdatności w nim występujących. To ostatnie zagadnienie jest szczególnie istotne w przypadku występowania niezdatności w złożonych układach obiektu i wymaga użycia pewnych metod pozwalających na opracowanie skutecznych procedur rozpoznawania opartych na sprawdzeniu wytypowanych cech takiego układu.

Spośród różnych metod tworzenia procedur detekcji i lokalizacji niezdatności do wspomaganego komputerowo użycia można rekomendować metodę macierzową (macierzy Boole'a [2]) i informacyjną [1,2], a także metodę skreśleń [6,7,8]. Efektywność tych metod, rozumiana jako zdolność do utworzenia odpowiednich zbiorów sprawdzeń, w przypadku wielowartościowej oceny stanu technicznego elementów i cech diagnostycznych obiektu jest zróżnicowana. To zagadnienie stanowi przedmiot niniejszego artykułu. Wstępem do tego jest omówienie procesu budowy pewnej klasy modelu abstrakcyjnego obiektu - modelu macierzowego, niezbędnego do wykorzystania w każdej z tych metod.

### **2 Model macierzowy obiektu**

Model macierzowy razem z funkcjonalnym i modelem w postaci układu równań logicznych zaliczyć można do grupy modeli logicznych ujmujących zależności pomiędzy fizycznie istniejącymi elementami obiektu modelowanego za pomocą oceny cech charakteryzujących te elementy (cech diagnostycznych).

Najłatwiej zbudować można model funkcjonalny obiektu badanego. Jest to model typu graficznego, w którym jego elementy, odpowiednio do poziomu dekompozycji, mogą reprezentować pewne układy, zespoły, podzespoły, czy nawet poszczególne elementy obiektu. Elementy tego modelu (bloki funkcjonalne) są przedstawiane w postaci prostokątów z łukami skierowanymi reprezentującymi jego pewne cechy wejściowe i wyjściowe. Przykład takiego modelu funkcjonalnego prostego układu sterowania hamulcem lokomotywy [3, 6] przedstawia rysunek 1.

Model obiektu w postaci układu równań logicznych to zbiór iloczynów logicznych, przypisanych poszczególnym blokom funkcjonalnym, które można zapisać w postaci ogólnej w sposób następujący:

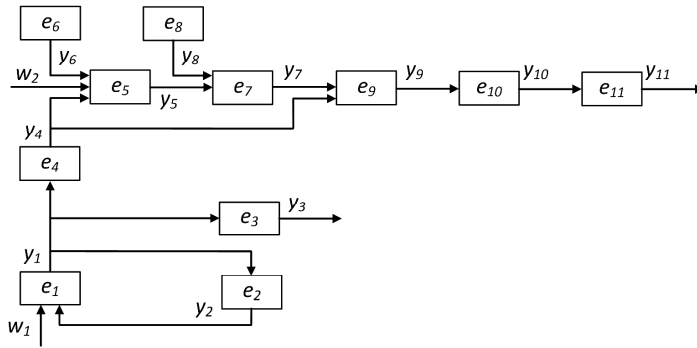
$$z_{j,k} = Q_k \wedge V_k \wedge Z_{k-\varepsilon}, \quad (1)$$

gdzie:  $z_{j,k}$  – zmienna logiczna dla wyjścia  $j$  elementu  $e_k$ ,

$Q_k$  – zmienna logiczna charakteryzująca stan techniczny elementu  $e_k$ ,

$V_k$  – funkcja zdaniowa (iloczyn logiczny) wejść zewnętrznych poprzez element  $e_k$ ,

$Z_{k-\varepsilon}$  – funkcja zdaniowa wyjść z elementów poprzedzających  $e_{k-\varepsilon}$  połączonych z elementem  $e_k$ .



Rys. 1. Model funkcjonalny systemu sterowania hamulcem lokomotywy spalinowej:  
 $e1 \div e11$  – elementy układu;  $w1, w2$  – cechy wejściowe;  $y1 \div y11$  – cechy diagnostyczne

Fig. 1. Functional model of the diesel locomotive brake control system:  
 $e1 \div e11$  – system elements;  $w1, w2$  – input features;  $y1 \div y11$  – diagnostic features

Układ równań logicznych sporządzony w przypadku układu jak na rysunku 1 to:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= Q_1 \wedge v_1 \wedge z_2 \\ z_2 &= Q_2 \wedge z_1 \\ z_3 &= Q_3 \wedge z_1 \\ z_4 &= Q_4 \wedge z_1 \\ z_5 &= Q_5 \wedge v_2 \wedge z_4 \wedge z_6 \\ z_6 &= Q_6 \\ z_7 &= Q_7 \wedge z_5 \wedge z_8 \\ z_8 &= Q_8 \\ z_9 &= Q_9 \wedge z_4 \wedge z_7 \\ z_{10} &= Q_{10} \wedge z_9 \\ z_{11} &= Q_{11} \wedge z_{10} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Model macierzowy obiektu może być sporządzony na podstawie modelu funkcjonalnego lub modelu w postaci układu równań logicznych. Wymaga to przyjęcia pewnego systemu

oceny stanu technicznego elementów obiektu oraz jego cech wejściowych i diagnostycznych. Może to być binarny system oceny, przy użyciu następujących dwuwartościowych funkcji charakterystycznych  $\phi_2(\cdot)$ :

$$Q_k = \phi_2(e_k) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } e_k \Leftrightarrow s_0 \\ 0, & \text{gdy } e_k \Leftrightarrow s_1 \end{cases}, \quad (3)$$

$$v_i = \phi_2(w_i) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } (w_i)_{min} \leq w_i \leq (w_i)_{max} \\ 0, & \text{gdy } w_i < (w_i)_{min} \vee w_i > (w_i)_{max} \end{cases}, \quad (4)$$

$$z_j = \phi_2(y_j) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } (y_j)_{min} \leq y_j \leq (y_j)_{max} \\ 0, & \text{gdy } y_j < (y_j)_{min} \vee y_j > (y_j)_{max} \end{cases}, \quad (5)$$

gdzie:  $s_0, s_1$  – stany techniczne elementu: zdatności i niezdatności,

$w_i$  – cechy wejściowe dla elementu  $e_k$ ,

$(w_i)_{min}, (w_i)_{max}$  – wartości graniczne zewnętrznych cech wejściowych,

$y_j$  – oceniana cecha diagnostyczna,

$(y_j)_{min}, (y_j)_{max}$  – wartości graniczne cech diagnostycznych.

Przy zastosowaniu funkcji (3)-(5) oraz przyjmując, że możliwe jest wystąpienie tylko pojedynczych niezdatności elementów obiektu, jak na rysunku 1, jego model macierzowy przedstawia tabela 1. Macierz ta jest nazywana również tabelą prawdy ponieważ użyto w tym przypadku binarnego sposobu oceny. Należy przy tym zaznaczyć, że odstępnie od założenia o możliwości wystąpienia pojedynczych niezdatności elementów obiektu prowadzi do nierozróżnialności stanów technicznych tego obiektu, co wykazano w [5].

*Tab. 1. Tabela prawdy przy pojedynczych uszkodzeniach układu przedstawionego na rysunku 1:  $s_0$  – stan zdatności obiektu,  $s_1 \div s_{11}$  – stany niezdatności*

*Tab. 1. Truth table for single failures of the system shown in Figure 1:  $s_0$  - the usability state of the object,  $s_1 \div s_{11}$  - the non-usability states of the object*

$SU_i$	$Z_j$										
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
$s_0$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$s_1$	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$s_2$	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$s_3$	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$s_4$	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
$s_5$	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
$s_6$	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
$s_7$	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
$s_8$	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
$s_9$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$s_{10}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
$s_{11}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Binarny model macierzowy, jak w tabeli 1, jest podstawą do użycia wymienionych trzech metod, pozwalających na określenie zbiorów sprawdzeń do detekcji i lokalizacji niezdatności. Przy wielowartościowej ocenie stanu technicznego elementów i cech diagnostycznych obiektu wypełnieniem macierzy diagnostycznej są liczby należące do zbiorów wartości, np. odpowiednio:  $\{0,1,2\}$ ,  $\{0,1,2,3\}$ . Praktyczne zastosowanie oceny trójwartościowej jest przydatne gdy występują dwie formy niezdatności pojedynczych elementów obiektu [4,6,7], a czterowartościowej, jeśli obiekt posiada pewne fazy działania różniące się strukturą połączeń elementów [6].

### 3 Macierzowa metoda tworzenia testów diagnostycznych

Macierzowa metoda tworzenia testów diagnostycznych, przedstawiona w [2], polega na dwukrotnym przekształceniu tabeli prawdy według schematu zamieszczonego na rysunku 2, przy wykorzystaniu dwu funkcji charakterystycznych, za pomocą których można ocenić rozróżnialność stanu zdatności obiektu od stanów niezdatności  $\phi_2(s_0, s_i)$  i funkcji  $\phi_2(s_i, s_l)$  rozróżnialności stanów niezdatności.

Do oceny rozróżnialności par stanów technicznych  $\langle s_0, s_i \rangle$  może być użyta dwuwartościowa funkcja o postaci:

$$z_j^{0,i} = \phi_2(s_0, s_i) = \forall_{i,j \in [i,k]} \begin{cases} 1, \text{ gdy } z_j(s_0) = 1 \wedge z_j(s_i) = 0 \\ 0, \text{ gdy } z_j(s_0) = z_j(s_i) \end{cases}, \quad (6)$$

w której:  $z_j^{0,i}$  – zmienna logiczna oceny rozróżnialności stanów zdatności i niezdatności,

$z_j(s_0)$  – zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie zdatności  $s_0$ ,

$z_j(s_i)$  – zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie niezdatności  $s_i$ .

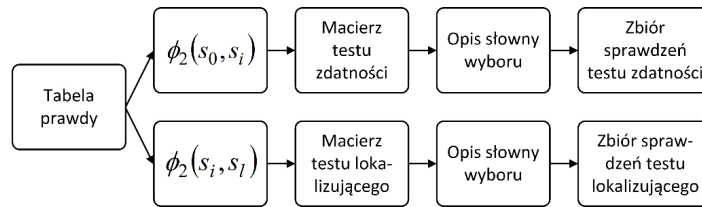
Ocenę rozróżnialności par stanów technicznych  $\langle s_i, s_l \rangle$  można uzyskać, stosując dwuwartościową funkcję:

$$z_j^{i,l} = \phi_2(s_i, s_l) = \forall_{i,l,k \in [i,k] \wedge (i \neq l)} \begin{cases} 1, \text{ gdy } z_j(s_i) \neq z_j(s_l) \\ 0, \text{ gdy } z_j(s_i) = z_j(s_l) \end{cases}, \quad (7)$$

w której:  $z_j^{i,l}$  – zmienna logiczna oceny rozróżnialności stanów niezdatności  $s_0, s_i$ ,

$z_j(s_i)$  – zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie niezdatności  $s_i$ ,

$z_j(s_l)$  – zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie niezdatności  $s_l$ .



Rys. 2. Schemat użycia macierzowej metody tworzenia testów diagnostycznych wg [2]

Fig. 2. Diagram of the use of matrix method to create diagnostic tests according to [2]

Wartości ocen  $z_j^{0,j}$  i  $z_j^{i,l}$  w łatwiejszy sposób można uzyskać przy użyciu operacji suma modulo 2, której argumentami są odpowiednie wartości z tabeli prawdy:

$$\begin{aligned} z_j^{0,i} &= z_j(s_0) \otimes z_j(s_i) \\ z_j^{i,l} &= z_j(s_i) \otimes z_j(s_l) \end{aligned} \quad (8)$$

Słowny opis sposobu wyboru cech diagnostycznych do zbiorów sprawdzeń testu zdatności ( $T_{ds}$ ) i lokalizującego ( $T_{dl}$ ), przedstawiony w [2], można w prosty sposób zmienić na wybór za pomocą zaprogramowanej procedury, przez pewną aplikację [6]. Jest to jednak wykonalne w przypadku binarnej macierzy diagnostycznej.

Przy trójwartościowej macierzy można również sformułować odpowiednie funkcje charakterystyczne oceny rozróżnialności par stanów technicznych  $\langle s_0, s_i \rangle$  i  $\langle s_i, s_l \rangle$  [6,7]. Te funkcje są następujące:

- dwuwartościowa ocena rozróżnialności stanu zdatności i dowolnego stanu niezdatności:

$$z3_j^{0,i} = \phi_2(s_0, s_i) = \forall_{i,j \in [i,k]} \begin{cases} 1, & \text{gdy } z3_j(s_0) = 1 \wedge z3_j(s_i) \neq 1 \\ 0, & \text{gdy } z3_j(s_0) = z3_j(s_i) \end{cases}, \quad (9)$$

gdzie:  $z3_j^{0,j}$  – trójwartościowa zmienna logiczna oceny rozróżnialności stanów zdatności i niezdatności,

$z3_j(s_0)$  – trójwartościowa zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie zdatności  $s_0$ ,

$z3_j(s_i)$  – trójwartościowa zmienna logiczna oceny cechy  $y_j$  w stanie niezdatności  $s_i$ ;

- trójwartościowa ocena rozróżnialności stanów niezdatności:

$$\forall_{i,j,k \in [i,k] \wedge (i \neq l)} \begin{cases} z3_j^{i,l} = \phi_3(s_i, s_l) = \\ 0, & \text{gdy } z3_j(s_i) = z3_j(s_l) \\ 1, & \text{gdy } \left[ z3_j(s_i) = 1 \wedge (z3_j(s_l) = (0 \vee 2)) \right] \\ \vee \left[ z3_j(s_l) = 1 \wedge (z3_j(s_i) = (0 \vee 2)) \right], \\ 2, & \text{gdy } (z3_j(s_i) = 0 \wedge z3_j(s_l) = 2) \\ \vee (z3_j(s_i) = 2 \wedge z3_j(s_l) = 0) \end{cases}, \quad (10)$$

przy czym:  $z3_j^{i,l}$  – zmienna logiczna oceny rozróżnialności pary  $\langle s_i, s_l \rangle$ .

Zamiast funkcji charakterystycznych (9) i (10) użyć można funkcji  $\Omega(a, b)$  zdefiniowanej w [6], której argumenty formalne  $a, b$  są jak poniżej:

$$\begin{aligned} z3_j^{0,i} &= \Omega(z3_j(s_0), z3_j(s_i)) = \left[ \min(z3_j(s_0), z3_j(s_i)) + z3_j(s_0) + z3_j(s_i) \right] \text{ mod } 3 \\ z3_j^{i,l} &= \Omega(z3_j(s_i), z3_j(s_l)) = \left[ \min(z3_j(s_i), z3_j(s_l)) + z3_j(s_i) + z3_j(s_l) \right] \text{ mod } 3 \end{aligned} \quad (11)$$

Pomimo możliwości przekształcenia trójwartościowego modelu macierzowego obiektu w macierz testu zdadności i macierz testu lokalizującego wyodrębnienie kryteriów pozwalających na proceduralny sposób wybierania cech diagnostycznych w skład tych testów jest zagadnieniem aktualnie nie rozwiązany. Najlepiej jest w tym celu posłużyć się metodą skreśleń. Niemożliwe jest również zastosowanie metody macierzowej w przypadku modeli macierzowych zawierających oceny cech diagnostycznych cztero- i więcej wartościowe.

#### 4 Informacyjna metoda tworzenia testów diagnostycznych

Informacyjna metoda umożliwia tworzenie testów lokalizujących na podstawie binarnego modelu macierzowego [2]. W metodzie tej zakłada się, że w obiekcie może jednocześnie wystąpić co najwyżej jeden niezdatny element i można określić prawdopodobieństwo znalezienia się obiektu w tym stanie. Początkowa nieokreśloność stanu technicznego takiego obiektu może być wyrażona przez entropię  $E$ :

$$E = - \sum_{i=1}^k p_i \cdot \log_2 p_i \quad (12)$$

gdzie:  $p_i$  – prawdopodobieństwo niezdatności elementu  $i$  obiektu,  
 $k$  – liczba elementów w obiekcie.

W pracy [2] przedstawiono przykład zastosowania tej metody przy założeniu, że niezdatność dowolnego elementu obiektu jest równie prawdopodobna, a wtedy entropia początkowa to:

$$E = \log_2 k . \quad (13)$$

Sprawdzenie dowolnej cechy diagnostycznej zmniejsza nieokreśloność stanu technicznego obiektu, czyli jego entropię w sposób następujący:

$$E(y_i) = E - I(y_i) , \quad (14)$$

przy czym:  $E(y_i)$  – entropia obiektu po wykonaniu sprawdzenia wartości cechy  $y_i$ ,

$I(y_i)$  – ilość informacji, jaką niesie sprawdzenie cechy  $y_i$ .

Ilości informacji uzyskane wskutek sprawdzenia poszczególnych cech obiektu w pierwszym kroku określa wzór:

$$I(y_i) = -p[y_i] \cdot \log_2 p[y_i] - p[\bar{y}_i] \cdot \log_2 p[\bar{y}_i] , \quad (15)$$

w którym:  $p[y_i]$  – prawdopodobieństwo tego, że wartość cechy  $y_i$  mieści się w normie,

$p[\bar{y}_i]$  – prawdopodobieństwo tego, że wartość cechy  $y_i$  nie mieści się w normie.

Następne wzory na ilość informacji są coraz bardziej złożone, ponieważ obliczane są prawdopodobieństwa wyboru kolejnej cechy diagnostycznej pod warunkiem wybrania poprzedniej. Otrzymany w rezultacie test lokalizujący jest podobny do uzyskiwanego metodą macierzową, ale uporządkowany według malejącej ilości informacji, jaką niesie sprawdzenie każdej z cech.

Należy przy tym zaznaczyć, że założenie o jednakowym prawdopodobieństwie wystąpienia niezdatności każdego elementu obiektu jest rzadko spotykane w praktyce, a ponadto

proceeds to the indeterminacy of the criterion of selection, especially the first checked feature. Deviating from this assumption reduces the risk of such a situation, but significantly complicates the calculations. Justification of this statement is the results presented in the work [1].

## 5 Metoda skreśleń

The author's method of strikes also uses a matrix model of the object. The basis of its formulation is the observation that each row of the diagnostic matrix forms a number written in a certain way.

In a binary matrix, it is a number written in a two-digit code, which can be changed to a decimal number characteristic according to the following formula:

$$d_k = \sum_{j=1}^{j_{max}} z_j \cdot 2^{j-1} \quad (16)$$

where:  $j$  – number of columns in the truth table,

$j_{max}$  – number of columns in the truth table.

The condition for the distinguishability of pairs of technical states  $\langle s_i, s_l \rangle$  is that, to correspond to the numbers characteristic, they must be different, that is:

$$\bigwedge_{i \neq l} s_i \neq s_l \Leftrightarrow d_i \neq d_l, \quad (17)$$

where:  $i, l$  – numbers of rows in the truth table.

The creation of a set of test diagnostic elements enabling the distinction of all technical states of the object (state of readiness and states of unavailability) consists in the sequential removal of columns from the truth table and checking whether all pairs of technical states are distinguishable. If so, this diagnostic feature is removed from the list of all features, and if not, the column is restored to the truth table. The cycle of checking is repeated for all columns of the truth table. In this way, a minimal diagnostic test can be obtained, allowing for the localization of unavailability elements of the object.

Practical application of the strike method requires writing a computer program that implements this way of eliminating certain features from the set of all diagnostic features of the object being analyzed.

At a large number of elements of the object and the same number of diagnostic features, the numbers obtained in this method are so large that they only slightly facilitate the assessment of the uniqueness of the technical states of the object. In such a situation, it can be assumed that each row of the diagnostic matrix represents a certain sequence of signs  $c_r$ , consisting of the evaluations placed in that row:

$$c_r = \bigcup_{j=1}^{j_{max}} Str(z_j^p) \quad (18)$$

where:  $\cup$  – concatenation operator (concatenation of signs),

$p$  – p-wartościowa ocena cechy  $y_j$ ,

$Str()$  – funkcja przekształcająca wartość numeryczną oceny cechy  $z_j^p$  na znak.

W przypadku, gdy macierz diagnostyczna zawiera wielowartościowe oceny cech diagnostycznych, sposób tworzenia ciągu znakowego  $c_r$  nie zmienia się, ale korzystając z liczb charakterystycznych, należy odpowiednio zmodyfikować wzór (16).

Skuteczność metody skreśleń jest niezależna od tego, czy stan techniczny elementów obiektu i ich cech diagnostycznych oceniane jest binarnie, wielowartościowo, a nawet różnowartościowo, czego nie umożliwia żadna inna metoda. W pracy [8] przedstawiono aplikację umożliwiającą generowanie testów diagnostycznych niezależnie od sposobu oceny, a ponadto pozwalającą na późniejszą identyfikację stanu technicznego badanego obiektu według znalezionej rozwiązania. Rysunek 3 przedstawia jej formularz w przypadku trójwartościowej macierzy diagnostycznej.

The screenshot shows a software interface with the following components:

- Top Panel:** Includes input fields for 'kolumn' (13) and 'wierszy' (11), buttons for 'Zapamiętaj macierz', 'Zapisz macierz', 'Ustaw macierz', 'Przywróć macierz', and 'Otwórz macierz'. The title is 'Metoda skreśleń' and the author is 'Andrzej Sowa, Kraków 2013 r.'.
- Matrix Model:** A table titled 'Model macierzowy obiektu - wartości ocen cech obiektu:' with columns labeled 'S\Y' and 'y1' through 'y13', and rows labeled 's0' through 's10'. The matrix contains values 0, 1, and 2.
- Characteristic Numbers:** A table titled 'Liczby charakterystyczne:' with columns 'DW', 'Wartości', 'Ocen <>1', 'Powtórzenia', and 'Rozróżnialność'. It lists values for 'd0' through 'd10'.
- Test Sets:** A table titled 'Zbiory sprawdzeń:' with columns 'TY' and 'y1' through 'y13', and rows 'Tds' and 'Tdl'. 'Tds' has a value of 1 in the 'y1' column. 'Tdl' has values of 1 in the 'y8', 'y9', 'y10', and 'y11' columns.
- Bottom Panel:** Includes buttons for 'Buduj test lokalizujący', 'Podgląd raportu', 'Drukuj wynik', and 'Diagnostyka'. A legend indicates 'Tds - test zdolności' and 'Tdl - test lokalizujący'.

Rys. 3. Widok formularza aplikacji generującej zbiory sprawdzeń  $T_{ds}$  i  $T_{dl}$  na podstawie trójwartościowego modelu macierzowego obiektu

Fig. 3. View of application form after generation of the check-up sets  $T_{ds}$  and  $T_{dl}$  based on the trivalent matrix model of the object

## 6 Podsumowanie

Przedstawione w pracy właściwości trzech metod tworzenia testów diagnostycznych pozwalają na porównanie ich efektywności rozumianej jako możliwość znalezienia rozwiązania w przypadku różnych rodzajów modeli macierzowych obiektów. Zestawienie tej efektywności zawiera tabela 2. Wynika z niej to, że tylko metoda skreśleń jest uniwersalną metodą, skuteczną przy wielo- i różnowartościowej ocenie cech diagnostycznych.



Tab. 2. Efektywność analizowanych metod określania testów diagnostycznych

Tab. 2. Efficiency of analyzed methods of diagnostic test determination

Rodzaj modelu macierzowego	Kryterium	Metoda		
		macierzowa	informacyjna	skreśleń
binarny	tworzenie macierzy testów diagnostycznych	<b>tak</b>	nie dotyczy	nie dotyczy
	wyodrębnienie testów $T_{ds}$ i $T_{dl}$	<b>tak</b>	<b>tak</b>	<b>tak</b>
trój-wartościowy	tworzenie macierzy testów diagnostycznych	<b>tak</b>	nie dotyczy	nie dotyczy
	wyodrębnienie testów $T_{ds}$ i $T_{dl}$	nie	nie	<b>tak</b>
wielo-, różno-wartościowy	tworzenie macierzy testów diagnostycznych	nie	nie dotyczy	nie dotyczy
	wyodrębnienie testów $T_{ds}$ i $T_{dl}$	nie	nie	<b>tak</b>
dowolny	wykorzystanie procedury w procesie formułowania diagnozy	nie	nie	<b>tak</b>

#### Literatura

1. Jarosz A., Sowa A.: *Application of an informative method for diagnostic test composition in case of unequal damage probability of rail vehicle assemblies*. Rail vehicles selected problems. Monograph 41. Politechnika Krakowska, Kraków 1986, s. 71-80
2. Hebda M. i in.: *Eksploatacja samochodów*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2005
3. Пушкарев И. Ф., Пахомов Е.: А., Контроль и оценка технического состояния тепловозов. *Транспорт*, Москва 1985
4. Skowron J., Sowa A.: The Identification of Selected Imperfections of Electric Traction Motors, *Logistics and Transport*, vol. 19, no. 3, 2013, pp. 91-97
5. Sowa A.: Distinguishing factor of the technical conditions of a compound object. Monographs of the Maintenance System Unit, Polish Academy of Sciences Committee on Machine Building, Maintenance Fundamentals Section, *Problems of maintenance of sustainable technological systems*, Volume V. Kielce University of Technology, Kielce 2012, pp. 154-171
6. Sowa A.: *Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych*, Monografia 430, seria Mechanika, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013
7. Sowa A.: Formal models of generating checkup sets for the technical condition evaluation of compound objects. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 150-157
8. Sowa A.: The Fault Diagnosis of a Complex Technical Object with the Use of a Cross-Out Method. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, vol. 27, no. 5-6 (2016), pp. 625-641

## Streszczenie

Poziom rozwój współczesnej techniki pomiarowej umożliwia tworzenie automatycznych systemów służących do rozpoznawania stanu technicznego obiektów technicznych. W tym celu należy określić odpowiednie procedury badań diagnostycznych tych obiektów. Wymaga to wybrania adekwatnej metody oceny cech diagnostycznych poszczególnych elementów składowych obiektu badanego, a następnie zbudowania pewnego rodzaju modelu logicznego tego obiektu. Na tej podstawie można określić zbiory sprawdzeń służące do rozpoznania stanu technicznego tego obiektu. Metody do tego użyte mają zróżnicowaną efektywność, co jest przedmiotem niniejszego artykułu.

**Słowa kluczowe:** diagnostyka techniczna, lokalizacja niezdatności, metody tworzenia testów diagnostycznych

## Efficiency of selected methods for the creating of diagnostic tests

### Summary

The level of development of the modern measuring technique enables the creation of automatic systems for the recognition of the technical condition of technical objects. For this purpose it is necessary to determine an appropriate diagnostic procedures for those objects. This requires choosing an appropriate method for evaluating the diagnostic features of the individual components of the tested object, and then constructing some kind of logical model of the object. On this basis, it is possible to determine some check sets to diagnose the technical condition of the object. The methods used for that have diversified effectiveness, what is the subject of this paper.

**Keywords:** technical diagnostics, fault localization, methods of creating diagnostic tests

