
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

STRUKTURA OBSŁUGOWA OBIEKTU TECHNICZNEGO

Stanisław DUER, Stanisław SOKOŁOWSKI
Politechnika Koszalińska, Koszalin
Zuzana PALKOVA, Ondrej LUKAC
Slova University Agriculturae of Nitra, Department of Technical

Streszczenie

W pracy zaprezentowano nowe podejście do problemu eksploatacji obiektów technicznych. W tym celu przedstawiono schemat automatycznego układu regulacji zasobu użytkowania obiektów technicznych. W zaprezentowanym układzie wykorzystywane są nowoczesne inteligentne systemy: diagnostyczny i obsługowy. W skład proponowanego systemu wchodzi sztuczna sieć neuronową SSN i obsługowy system ekspertowy. Artykuł przedstawia problematykę przetwarzania informacji diagnostycznej do postaci zbioru informacji obsługowej. Zaprezentowano schemat inteligentnego systemu obsługi. Opisano możliwość oceny jakości odnawiania obiektu w systemie obsługi złożonego obiektu technicznego.

Słowa kluczowe: obiekt techniczny, eksploatacja, przetwarzanie informacji, ocena jakości.

Abstract

The paper presents a new approach to the problems of exploitation of technical objects. For this purpose, a diagram of an automatic system controlling resource use of technical facilities. In our modern system is used in intelligent systems: diagnostic and servicing. The proposed system consists of an artificial neural network ANN and expert system servicing. The article presents the problem of information processing as a set of diagnostic information for maintenance. Presented scheme intelligent operating system. The possibilities of assessing the quality of restoration of the object in the system of handling complex technical object.

Key words: technical object, operation, information processing, quality assessment.

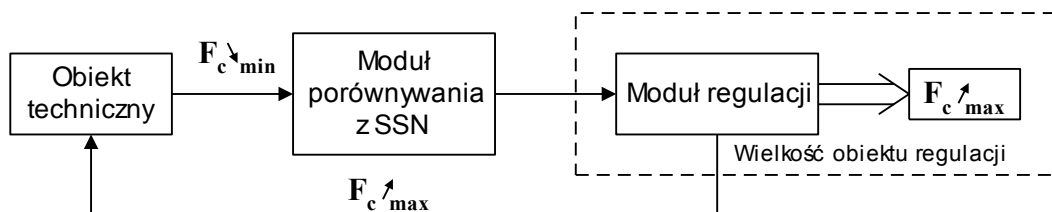
WSTĘP

Stan obiektu technicznego w procesie eksploatacji różni się od stanu nominalnego, na który obiekt ten był projektowany. Efektem tego niekorzystnego procesu są malejące własności użytkowe. Dlatego też i jakość użytkowania obiektu podlega zmianom, na ogół zmniejszeniu. Jeżeli znamy zbiór wskaźników charakteryzujących proces użytkowania obiektu wielkością funkcji jakości użytkowania ($F_C(t)$) to potrafimy jej wartość optymalizować poprzez profilaktykę ze stanu (poziomu płaszczyzny ω) do poziomu nominalnego (płaszczyzna M_E) oraz współczynnik jakości użytkowania obiektu (F_C) obliczany dla wartości granicznej funkcji ($F_C(t)$) przy ($t \rightarrow \infty$)[1]. Wskaźnik cechy funkcji jakości użytkowania obiektu może być oceną stanu obiektu i dzięki temu może być uznany za jego miarę. Stan obiektu jest wyznaczany przez podzbiór jego cech fizycznych [1-3], istotnych ze względu na stawiane przed obiektem zadanie. W procesie użytkowania obiektu wartości elementarnych funkcji $F_C(e_{i,j})$ przedstawione na (Rys. 1) uwarunkowane są rozbieżnością pomiędzy faktycznym

stanem obiektu opisanym przez $\omega(e_{i,j})$ – wektor rzeczywistej cechy funkcji użytkowej, a wektorem nominalnym $F_c(e_{i,j})$.

1. STRUKTURA INTELIGENTNEGO UKŁADU REGULACJI WŁASNOŚCI UŻYTKOWYCH W OBIEKCIE TECHNICZNYM

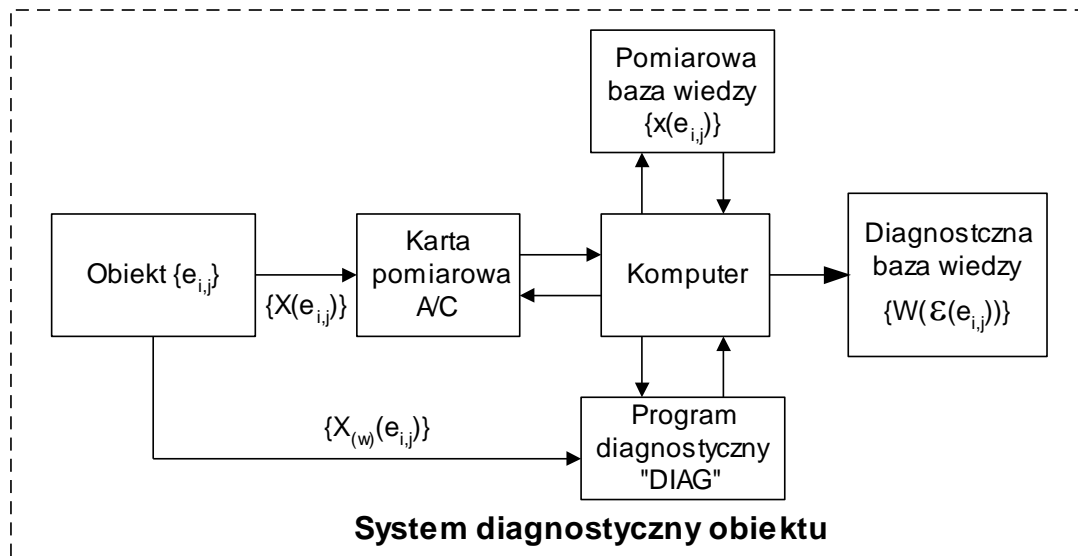
Właściwym podejściem do problemu sterowania jakościowego użytkownika obiektu technicznego w procesie eksploatacji jest zastosowanie w nim układu automatycznej regulacji i sterowania (rys. 1) poziomem własności użytkowych obiektu technicznego.



Rys. 1. Schemat automatycznego układu regulacji własności użytkowych obiektu technicznego (F_c) w procesie eksploatacji, gdzie: F_c – jakościowa funkcja użytkownika obiektu technicznego

Zadaniem układu regulacji jest utrzymywanie w sposób automatyczny i ciągły własności użytkowych obiektu na wymaganym poziomie, gwarantującym jakościowe jego użytkowanie. Elementami tego układu są:

1. **Obiekt regulacji** - własności użytkowe obiektu technicznego opisane parametrami i cechami określającymi przeznaczenie oraz wykonywaniem przez niego zadań.
2. **Układ porównywania-rozpoznawania stanów obiektu technicznego** (Rys. 2) jest to efektywny system diagnostyczny, ze sztuczną siecią neuronową – rozpoznającą aktualny stan obiektu technicznego. Na podstawie znanego stanu technicznego obiektu ekspert w sposób jednoznaczny określa jakość funkcji wymaganej (własności użytkowych) obiektu. W tym przypadku wymagane jest diagnozowanie obiektu z wykorzystaniem trójwartościowej oceny stanów $\{2, 1, 0\}$. Przykłady diagnozowania obiektów technicznych w logice trójwartościowej przedstawiono w pracach [1-5].
3. **Układ regulacji** jest to system obsługiwanego (Rys. 2), który na podstawie informacji z diagnostycznej sieci neuronowej, odtwarza z dużą wiarygodnością własności użytkowe obiektu technicznego. Szczególnie przydatna w tym przypadku jest informacja diagnostyczna z sieci neuronowej, która jest wyrażana w trójwartościowej ocenie stanów obiektu $\{2, 1, 0\}$.



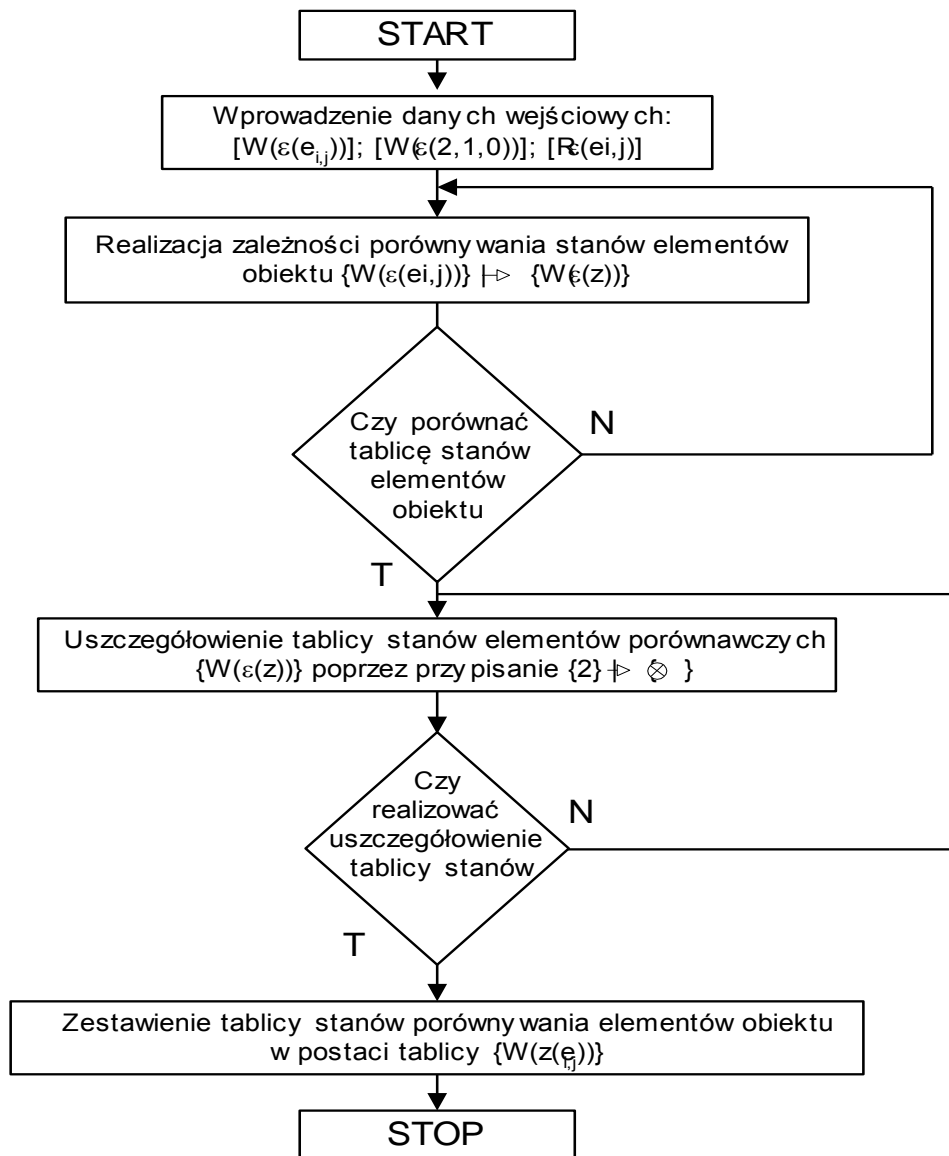
Rys. 2. Schemat strukturalny układu diagnostycznego

Podstawą działania podsystemu obsługiwanego jest uzyskana baza wiedzy obsługowej. Baza wiedzy ekspertowej jest specjalistycznym zbiorem informacji obsługowej obiektu, którą wyznaczają struktura obsługowa obiektu $\{W_z(e_{i,j})\}$, zbiór reguł obsługowych $\{R_r\}$ oraz zbiór czynności profilaktycznych $\{A(e_{i,j})\}$. Efektem działania systemu obsługiwanego (Rys. 2) jest wyznaczenie zbioru informacji obsługowej $\{M_E(e_{i,j})\}$ na podstawie, której będzie zorganizowany racjonalny system obsługiwanego obiektu.

2. STRUKTURA OBSŁUGOWA OBIEKTU TECHNICZNEGO

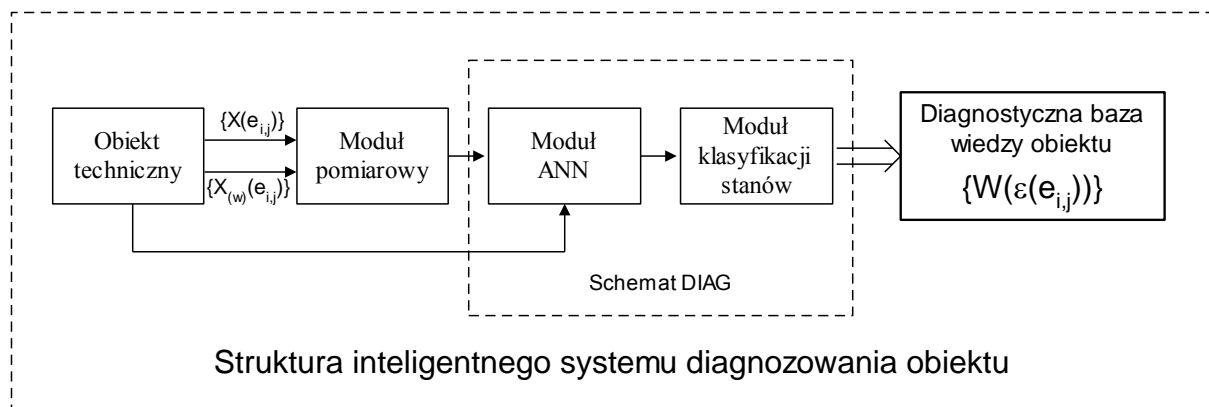
2.1. Wyznaczanie zbioru elementów struktury obsługowej obiektu technicznego

W procesie przekształcania zbiorów informacji diagnostycznej (rys. 3) do wymaganej postaci, którą można wykorzystać w organizacji profilaktyki obiektu należy zastosować odpowiednią jej postać. Taką postacią informacji, wygodną na realizowane przekształcenia jest postać wektorowa. Mając zatem zbiór informacji zestawiony w postaci wektorowej, łatwo można przejść na opis informacji zawierający także pełną treść reguł. Wektory wiedzy są wygodne również do weryfikacji poprawności zestawionej bazy wiedzy. W wektorze wiedzy można umieścić także zestaw wszystkich pytań (warunków) jak w regule złożonej. Pierwotny zbiór informacji obsługowej wyznaczany w czasie diagnostycznego opracowania obiektu może być przedstawiany w postaci zestawianego zbioru informacji diagnostycznej - zbioru wyników sprawdzeń (rys. 3). W tym celu każdemu wynikowi sprawdzenia przyporządkowuje się rzeczywisty stan obiektu. Posługiwanie się w procesie przekształcania zbioru informacji obsługowej wymaganą jej postacią, taką jak wynik sprawdzenia sygnału diagnostycznego, czy stan obiektu, są równoprawne.



Rys. 3. Algorytm wyznaczania informacji ekspertowej dla inteligentnego systemu obsługującego obiekt techniczny

W procesie przekształcania dużego zbioru informacji obsługowej (rys. 4), szczególnie z wykorzystaniem techniki komputerowej, wygodniej jest posługiwać się zbiorem informacji zestawianej w postaci klas stanów obiektu [1-5]. Klasie stanów, w jakiej znajduje się obiekt i jego elementy przyporządkowano w pracy oznakowane stany wartościami ze zbioru $\{2, 1, 0\}$. Stąd w dalszej części pracy będą wykorzystywane zamiennie pojęcia wartości oznakowanych stanów lub tylko stany oznakowane.



Rys. 4. Schemat systemu diagnostycznego, ze sztuczną siecią neuronową

Stan elementu podstawowego obiektu - to elementarny stan z podzbioru danej klasy stanów, w którym znajduje się obiekt i jego elementy. Elementom z podzbioru klas stanów przyporządkowano stany oznakowane wartościami ze zbioru $\{2, 1, 0\}$, zależnie od rzeczywistego stanu obiektu. Sposób przyporządkowania stanom elementów podstawowych stanów oznakowanych wartościami przedstawiono graficznie w postaci algorytmu na (rys. 4). Tok postępowania jest następujący: każdej współrzędnej wektora stanów j -tego elementu podstawowego ($\mu_{i,j}$) przyporządkowana jest w sposób jednoznaczny tylko jedna wartość stanu oznakowanego ze zbioru $\{2, 1, 0\}$; w zależności od stanu w jakim znajduje się obiekt i jego elementy konstrukcyjne, przy czym stan oznakowany wartością:

- „2” oznacza - stan zdatności j -tego elementu;
- „1” oznacza - stan niepełnej zdatności j -tego elementu;
- „0” oznacza - stan niezdatności j -tego elementu.

Istnieje wiele sposobów gromadzenia wiedzy i budowy jej bazy w celu implementacji w konkretnym systemie ekspertowym. Najczęściej spotykanym jest wykorzystanie wiedzy i doświadczenia ekspertów. Inne sposoby tworzenia bazy wiedzy takie jak: wykorzystanie automatów pomiarowych i przetwarzających, heurystyk, sieci neuronowych oraz procesu uczenia się, zostaną opisane w dalszej części pracy. Koncentrując się na pierwszym wymienionym sposobie należy stwierdzić, iż wiedza pochodząca od ekspertów nie nadaje się do bezpośredniego umieszczenia w bazie. Należy ją odpowiednio przygotować. Zajmują się tym inżynierowie wiedzy. Zadaniem ich jest ujęcie wiedzy ekspertów w fakty, reguły, sieci semantyczne lub inne struktury możliwe do zaimplementowania w bazie wiedzy systemu ekspertowego.

W procesie przekształcania zbiorów informacji diagnostycznej (rys. 4) do wymaganej postaci, którą można wykorzystać w organizacji profilaktyki obiektu należy zastosować odpowiednią jej postać. Taką postacią informacji, wygodną na realizowane przekształcenia jest postać wektorowa lub tablicowa. Mając zatem zbiór informacji zestawiony w postaci wektorowej (tablicowej), łatwo można przejść na opis informacji zawierający także pełną treść reguł. Wektory wiedzy są wygodne również do weryfikacji poprawności zestawionej bazy wiedzy. W wektorze wiedzy można umieścić także zestaw wszystkich pytań (warunków) jak w regule złożonej.

W tym celu opracowano relację porównywania stanu elementów obiektu z ich stanami wzorcami zgodnie z zależnością:

$$\bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W_{(w)}(\varepsilon(e_{i,j})) \mapsto \bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W(\varepsilon(e_{i,j})) \Rightarrow \bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W(z(e_{i,j})) \quad (1)$$

gdzie: $W_w(\varepsilon(e_{i,j}))$ – wzorcowa binarna wartość stanu j-tego elementu w i-tym zespole, $W(\varepsilon(e_{i,j}))$ - wartość binarna oceny stanu j-tego elementu w i-tym zespole obiektu, $W(z\varepsilon(e_{i,j}))$ - wartość binarna porównania stanu j-tego elementu w i-tym zespole obiektu, \mapsto - relacja porównywania, \Rightarrow - relacja wynikania.

3. BADANIE JAKOŚCI ODNAWIANIA OBIEKTU TECHNICZNEGO W SYSTEMIE OBSŁUGIWANIA PRZY WYKORZYSTANIU RÓŻNYCH METOD BUDOWANIA BAZ WIEDZY EKSPERTOWEJ

Badanie jakości odnawiania obiektu w systemie obsługiwanym zorganizowanym na podstawie informacji obsługowej przeprowadzono dla trzech następujących sposobów wnioskowania ekspertowego:

1. Dedukcyjnego-model I.
2. Probabilistycznego-model II.
3. Indukcyjnego-model III.

Istota badania jakościowego procesu profilaktyki obiektu technicznego jest badaniem dwuetapowym. W pierwszym etapie jest wykonana odnowa (profilaktyka) obiektu przy danym sposobie wnioskowania ekspertowego. Dopiero w drugim etapie badania jest oceniana jakość tej profilaktyki. W badaniu przyjęto założenie, każdy z tych trzech sposobów wnioskowania zapewnia odnowienie pełne obiektu.

W kolejnym przykładzie eksperymentu testowano wpływ metody probabilistycznej wnioskowania ekspertowego na jakość odnawiania obiektu w zorganizowanym systemie obsługiwanym. Dla tej metody pracy eksperta wyznaczono w ten sam sposób zbiór informacji obsługowej, który zestawiono w postaci wektora testowego zbioru informacji obsługowej. Zbiór informacji obsługowej wyznaczonej dla metody probabilistycznej wnioskowania ekspertowego (model III) ma postać zależności (2):

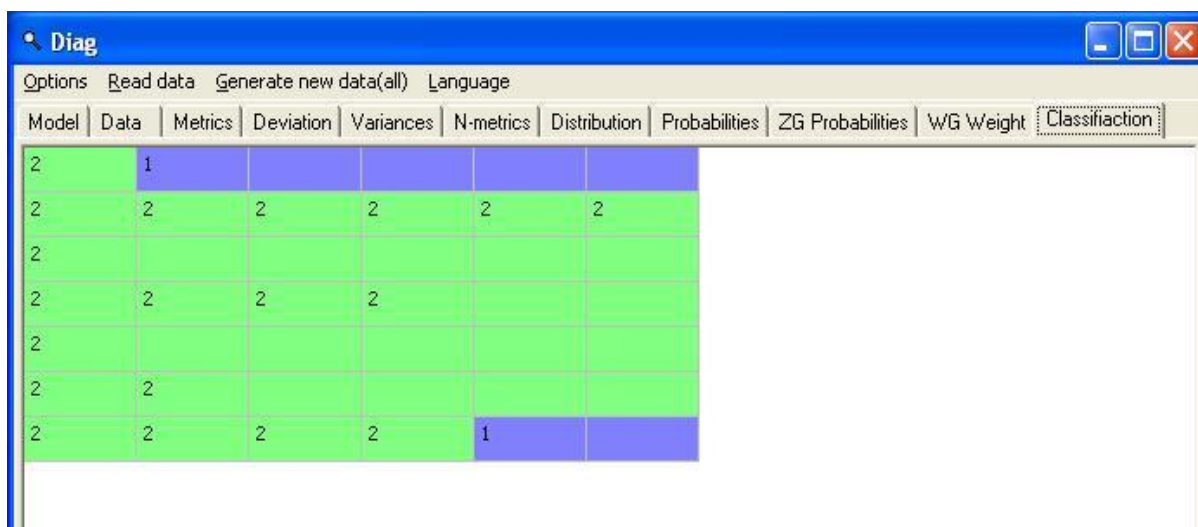
$$\{M_E(e_{i,j})_{III}\} = [M_E(e_{1,1})_{III}, \dots, M_E(e_{i,j})_{III}, \dots, M_E(e_{I,J})_{III}] \quad (2)$$

gdzie: $M_E(e_{i,j})_{III}$ – obsługowa informacji obsługowe j-tego elementu w i-tym poziomie struktury obsługowej dla modelu III.

Po wykonanej profilaktyce obiekt techniczny jest poddawany diagnozowaniu (badaniu) kontrolnemu z wykorzystaniem sieci neuronowej w programie DIAG. Uzyskane wyniki diagnozowania obiektu dla (modelu III) zaprezentowano w postaci (tabela 1 i na rys. 5).

Tablica kontrolnej informacji obsługowej obiektu (MODEL III)

Stan obiektu	Stan Zespołu	Wektor stanów elementów obiektu $\{\varepsilon(e_{i,j})\}$					
1	2	2	2	∅	∅	∅	∅
	2	2	2	2	2	2	2
	2	2	∅	∅	∅	∅	∅
	2	2	2	2	2	∅	∅
	2	2	∅	∅	∅	∅	∅
	2	2	2	∅	∅	∅	∅
	1	1	2	2	2	2	∅



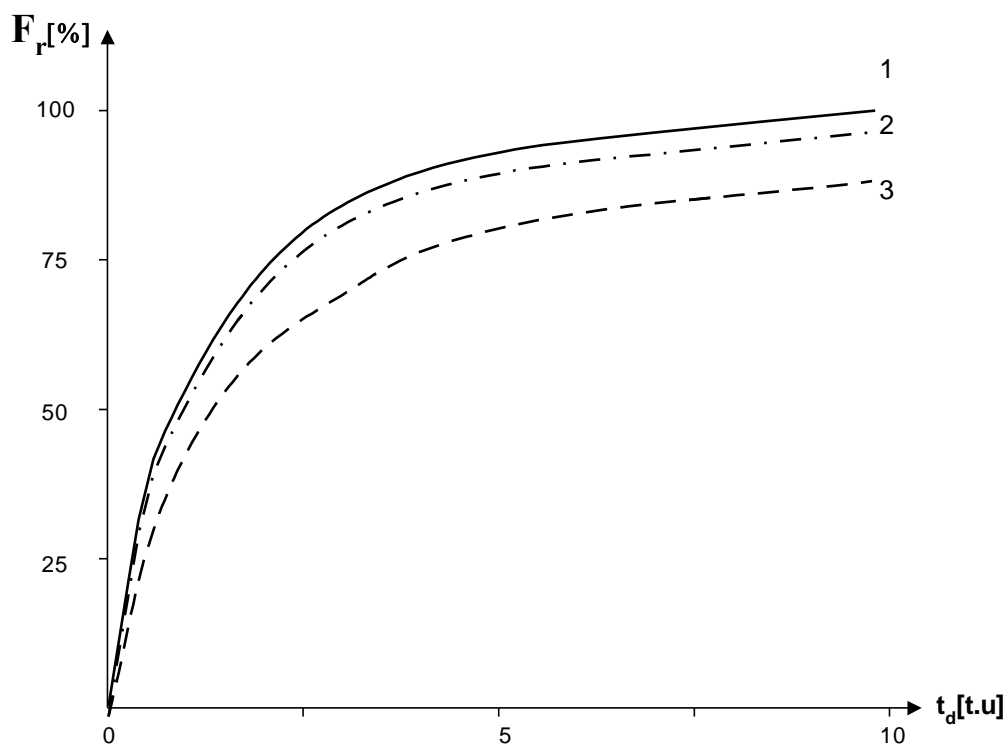
Rys. 5. Postać kontrolnej informacji diagnostycznej z wykorzystaniem programu DIAG po wykonanej profilaktyce (model III)

Definicja: Funkcja jakościowa kontrolnej jakościowej oceny procesu profilaktyki obiektu technicznego (F_r) w systemie obsługiwanym jest to wielkość, która określa zbiór w pełni odnowionych elementów funkcjonalnych obiektu technicznego w stosunku do zbioru wszystkich elementów obiektu, które poddano procesowi obsługiwanym. Wielkość tą przedstawiono w postaci zależności:

$$F_r = \frac{n - k}{n} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie: n – zbiór wszystkich elementów obiektu poddanych procesowi obsługiwanym-zbiór elementów wyznaczających strukturę obsługową obiektu $\{e_{i,j}\}$, k – zbiór w pełni odnowionych (przy rozpoznanych stanów zdadności) elementów podstawowych obiektu.

Uzyskane wyniki z badań w eksperymencie poddano analizie i opracowaniu przy wykorzystaniu zależności (3). Jeżeli znamy czas diagnozowania (rozpoznania stanów) poszczególnych elementów obiektu, to wówczas funkcję jakościowej odnowy obiektu w systemie obsługiwanym ($F_r = f(t_d(e_{i,j}))$) lub $F_{nr} = f(t_d(e_{i,j}))$), gdzie: t_d – jest czasem identyfikowania stanu (diagnozowania) obiektu technicznego dla j -tego elementu w i -tym zespole obiektu ($e_{i,j}$). Wykreślone wielkości przedstawiono graficznie na (Rys. 6).



Rys. 6. Wykres funkcji jakościowej odnawiania elementów obiektu technicznego (F_r) przez system obsługowy

gdzie: 1 – wykres dla wektora obsługowej informacji testującej (model I);

2 – wykres dla wektora obsługowej informacji testującej (model III);

3 – wykres dla wektora obsługowej informacji testującej (model II); $t_p(e_{i,j})$ – jest czasem odnawiania j -tych elementu podstawowego w i -tych zespołach funkcjonalnych obiektu

Z analizy jakości odnawiania obiektu w systemie obsługiwania zorganizowanym na podstawie testowych informacji obsługowej dla (modeli I; II i III) (Rys. 6) wynika, że najbardziej wiarygodną ekspertową informację obsługową uzyskano dla (modelu I) = 98%, nie co gorsza jakościowo jest informacja obsługowa dla (modelu III) = 96%. Natomiast dość znacznie jakościowo odbiega od tych dwóch model informacja dla (modelu II) = 94%. Można zatem stwierdzić, że dla trzech badanych sposobów wnioskowania ekspertowego: dedukcyjnego, probabilistycznego i indukcyjnego największe znaczenie praktyczne może pierwszy z nich.

PODSUMOWANIE

W pracy zaprezentowano opis sposobu jakościowej oceny procesu odnawiania naprawialnego obiektu technicznego w systemie obsługiwania, ze sztuczną siecią neuronową. W tym celu zdefiniowano nominalną (wzorcową) przestrzeń cech użytkowania obiektu technicznego oraz przestrzeń bieżących cech użytkowania obiektu technicznego. W analizie jest poddany ocenie poziom cech użytkowania obiektu po wykonanej odnowie w stosunku do poziomu cech użytkowania obiektu nowego jako wzorca. Wynikłe stąd różnice metryk odległości między tymi przestrzeniami wskazują bezpośrednio na błędy w procesie organizacji systemu obsługiwania obiektu technicznego.

Proces obsługiwania obiektów technicznych należy do trudnych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych. W chwili obecnej w rozwiązywaniu zdań obsługowych

obiektów technicznych stosuje się różne rozwiązania, w tym sztuczną inteligencję i systemy ekspertowe, które wykorzystują wiedzę specjalistyczną. Baza wiedzy ekspertowej jest szczególnie ważkim elementem w tych systemach. Proces pozyskiwania wiedzy specjalistycznej człowieka na potrzeby wspomagania profilaktyki obiektu jest ciągle rozwijany. Istotnymi aspektami tego procesu jest opis metod przekształcania ogólnej wiedzy o obiekcie obsługi do takiej jej postaci, która jest możliwa do wykorzystania przez system komputerowy.

Literatura

- 1) Będkowski L., Dąbrowski T.: *Podstawy eksploatacji cz. 2*. Wyd. WAT, Warszawa 2006, str. 187.
- 2) Duer S.: *System ekspertowy wykorzystujący trójwartościową informację diagnostyczną wspomagający obsługiwanie złożonego obiektu technicznego*. ZEM, Z. 4(152) VOL. 42, 2007, str. 195-208.
- 3) Duer S.: *Artificial Neural Network-based technique for operation process control of a technical object*. Defence Science Journal, Vol. 59, No. 3, May 2009, pp. 305-313.
- 4) Duer S.: *System ekspertowy, ze sztuczną siecią neuronową obsługujący zestaw stacji radiolokacyjnej*. VII Krajowa Konferencja Inżynierii Wiedzy i Systemów Ekspertowych, Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki, 23–25 czerwiec, Wrocław, 2009, str. 377-388.
- 5) Duer S.: *Expert knowledge base to support the maintenance of a radar system*. Defence Science Journal, 2010, Vol. 60, No. 5, pp. 531-540.
- 6) Duer S., Duer R.: *Diagnostic system with an artificial neural network which determines a diagnostic information for the servicing of a reparable technical object*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 755-766.
- 7) Duer S.: *Investigation of the operation process of a repairable technical object in an expert servicing system with an artificial neural network*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 767-774.
- 8) Duer S.: *Qualitative evaluation of the regeneration process of a technical object in a maintenance system with an artificial neural network*. Neural Computing & Applications. 2010, DOI: 10.1007/s00521-010-0418-0.
- 9) Duer S.: *Modelling of the operation process of repairable technical objects with the use information from an artificial neural network*. Expert Systems With Applications. 38 (2011), pp. 5867-5878.
- 10) Duer S.: *Assessment of the quality of decisions worked out by an artificial neural network which diagnoses a technical object*. Neural Computing & Applications. 2011, DOI: 10.1007/s00521-011-0725-0.
- 11) Duer S.: *Examination of the reliability of a technical object after its rege-neration in a maintenance system with an artificial neural network*. Ne-ural Computing & Applications. 2011, DOI 10.1007/s00521-011-0723-2.
- 12) Duer S.: *Applications of an artificial intelligence for servicing of a technical object*. Neural Computing & Applications. 2011, DOI: 10.1007/s00521-011-0788-y.
- 13) Duer S. *Inteligentny system wspomagający proces odnawiania cech eksploatacyjnych w złożonych obiektach technicznych*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2012, str. 238.
- 14) Dhillon B.S. 2006: *Applied Reliability and Quality, Fundamentals, Methods and Procedures*. Springer – Verlag London Limited, p. 186.

- 15) Hayer-Roth F., Waterman D., Lenat D. 1983: *Building expert systems*. Addison – Wesley Publishing Company, p. 321.
- 16) Nakagawa T.: *Maintenance Theory of Reliability*. Springer – Verlag London Limited 2005, p. 264.