

Stanisław DUER

INTELIGENTNY SYSTEM ODNAWIAJĄCY WŁASNOŚCI UŻYTKOWE OBIEKTU TECHNICZNEGO

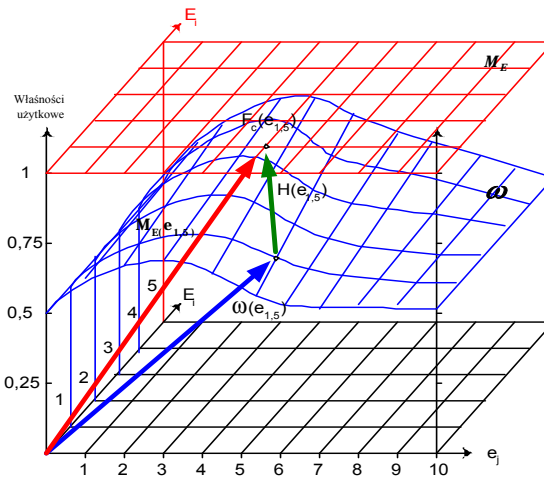
Streszczenie

W artykule 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 neuronowa 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.

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 ($t \rightarrow \infty$) (rys. 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 $F(e_{i,j})$ 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 $F_c(e_{i,j})$.

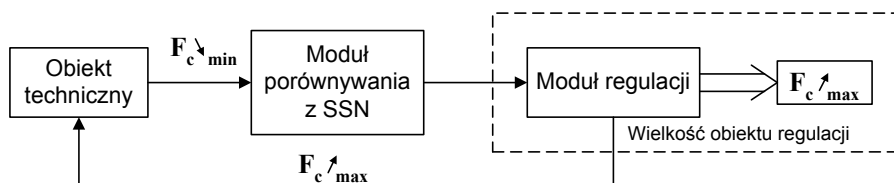


Rys. 1. Odtwarzanie własności funkcji użytkowania F_c obiektu w procesie obsługiwanym na przykładzie elementarnej wartości (F_c) dla $(e_{1,5})$, gdzie: $\omega(e_{i,j})$ – wektor rzeczywistej cechy funkcji użytkowej elementu $(e_{i,j})$, $F_c(e_{i,j})$ – wektor nominalnej cechy funkcji użytkowej elementu $(e_{i,j})$, $H(e_{i,j})$ – wektor różnicowej cechy funkcji użytkowej elementu $(e_{i,j})$, ω – płaszczyzna cech użytkowania obiektu dla danego czasu diagnozowania, M_E – płaszczyzna nominalnych cech użytkowania obiektu po odnowieniu obiektu.

Źródło: Opracowanie własne.

1. KONCEPCJA INTELIGENTNEGO UKŁADU REGULACJI WŁASNOŚCI UŻYTKOWYCH W OBIEKCIE TECHNICZNYM

Właściwym podejściem do problemu sterowania jakościowego użytkowania obiektu technicznego w procesie eksploatacji jest zastosowanie w nim układu automatycznej regulacji i sterowania (rys. 2) poziomem własności użytkowych obiektu technicznego.



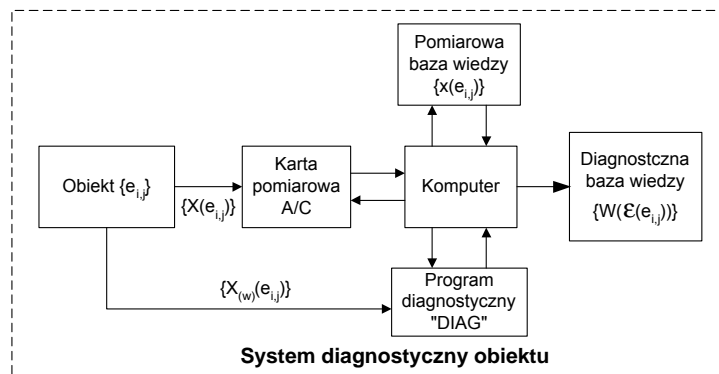
Rys. 2. Schemat automatycznego układu regulacji własności użytkowych obiektu technicznego (F_c) w procesie eksploatacji, gdzie: F_c – jakościowa funkcja użytkowania obiektu technicznego

Źródło: Opracowanie własne.

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

- *obiekt regulacji* – własności użytkowe obiektu technicznego opisane parametrami i cechami określającymi przeznaczenie oraz wykonywaniem przez niego zadań.
- *układ porównywania* – *rozpoznawania stanów obiektu technicznego* (rys. 3) 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 [1-5].
- *układ regulacji* jest to system obsługiwanym (rys. 4), który na podstawie informacji z diagnostycznej sieci neuronowej, odtwarza z dużą wiarygodnością własności użytkowe

obiekту technicznego. Szczególnie przydatna w tym przypadku jest informacja diagnostyczna z sieci neuronowej, która jest wyrażana w trójwartościowej ocenie stanów obiektu $\{2, 1, 0\}$.



Rys. 3. Schemat strukturalny układu diagnostycznego

Źródło: Opracowanie własne.

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. 4) jest wyznaczenie zbioru informacji obsługowej $\{M_E(e_{i,j})\}$, na podstawie której będzie zorganizowany racjonalny system obsługiwanego obiektu.

2. STRUKTURA EKSPERTOWEGO SYSTEMU OBSŁUGIWANIA

Wyznaczanie zbioru elementów struktury obsługowej obiektu technicznego

W procesie przekształcania zbiorów informacji diagnostycznej (rys. 2) do wymaganej postaci, którą można wykorzystać w organizacji profilaktyki obiektu należy zastosować odpowiednią jej postać. Taką postacią informacji, wygodną w realizowanych przekształcaniach 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.

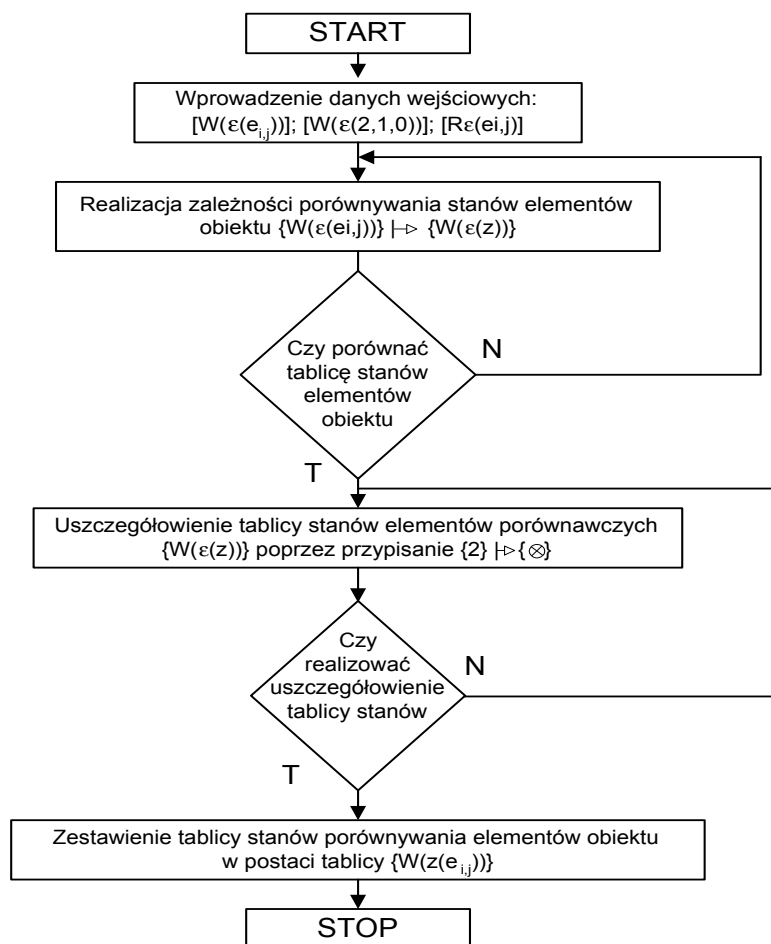
Pierwotny zbiór informacji obsługowej wyznaczany w czasie diagnostycznego opracowania obiektu może być przedstawiany w postaci zestawianego zbioru informacji diagnostycznej – zbioru wyników sprawdzeń. W tym celu każdemu wynikowi sprawdzenia przyporządkowuje się rzeczywisty stan obiektu. Posługiwanie się w procesie przekształcania zbioru informacji obsługowej wymaganą jej postacią, taką jak wynik sprawdzenia sygnału diagnostycznego czy stan obiektu, są równoprawne.

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.

Stan oznakowany 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. 2). Tok postępowania jest następujący

każdej współrzędnej wektora stanów j -tego elementu podstawowego (μ_{ij}) przyporządkowana jest w sposób jednoznaczny tylko jedna wartość stanu oznakowanego ze zbioru $\langle 2, 1, 0 \rangle$; w zależności od stanu w jakim znajduje się obiekt i jego elementy konstrukcyjne, przy czym stan oznakowany wartością:

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



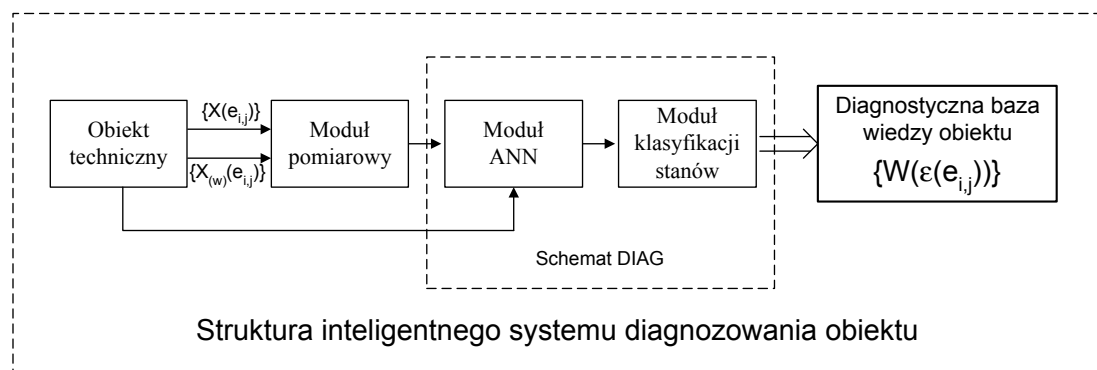
Rys. 4. Algorytm wyznaczania informacji ekspertowej dla inteligentnego systemu obsługującego obiekt techniczny

Źródło: Opracowanie własne.

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. 5) do wymaganej postaci, którą można wykorzystać w organizacji profilaktyki obiektu należy zastosować odpo-

wiednią 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.



Rys. 5. Schemat systemu diagnostycznego, ze sztuczną siecią neuronową

Źródło: Opracowanie własne.

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

$$\bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W_w(\varepsilon(e_{i,j})) \mapsto \bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W(\varepsilon(e_{i,j})) \Rightarrow \bigvee_{e_{i,j} \in \{E_i\}} W(z(e_{i,j}))$$

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

W efekcie tego działania uzyskano wstępny zbiór informacji obsługowej (tab. 1).

Tab. 1. Tablica wstępnej informacji obsługowej M(Z)

Poziomy struktury obsługowej obiektu	Wektor stanów elementów obiektu ($e_{i,j}$)				
	$z(e_{i,1})$	...	$z(e_{i,i})$	...	$z(e_{i,j})$
1	$W(z(e_{1,1}))$	...	$W(z(e_{1,i}))$	...	\otimes
\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots
i	$W(z(e_{i,1}))$	...	$W(z(e_{i,i}))$	...	$W(z(e_{i,j}))$
\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots
I	$W(z(e_{I,1}))$	...	$W(z(e_{I,i}))$	...	\emptyset

gdzie: $W(z(e_{i,j}))$ – z-ta wynikowa wartość binarna stanu z porównania j-tego elementu w i-tym zespole obiektu, \emptyset , \otimes - symbole oznaczające dopełnienie wymiaru tablicy.

PODSUMOWANIE

Proces obsługiwan obiektów technicznych należy do trudnych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych. Obecnie 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 ważnym elementem w tych systemach. Proces pozyskiwania wiedzy specjalistycznej człowieka na potrzeby wspomagania profilaktyki obiektu jest ciągle rozwijany. Istotnym aspektem tego procesu jest

opis metod przekształcania ogólnej wiedzy o obiekcie obsługi do takiej jej postaci, która jest możliwa do wykorzystania przez system komputerowy.

BIBLIOGRAFIA

1. 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, DESIDOC, 2009. <http://publications.drdo.gov.in/ojs/index.php/dsj>.
2. Duer S.: *Expert knowledge base to support the maintenance of a radar system*, Defence Science Journal, 2010, Vol. 60, No. 5, pp. 531-540. <http://publications.drdo.gov.in/ojs/index.php/dsj>
3. Duer S., Duer R.: *Diagnostic system with an artificial neural network which determines a diagnostic information for the servicing of a repairable technical object*, Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 755-766.
4. 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.
5. 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, <http://www.springer.com/home?SGWID=0-0-1003-0-0&aqId=1320967&checkval=ad10dea9b0005e4b1523cfd0443fbf7d>.
6. Madan M. Gupta, Liang Jin and Noriyasu Homma: *Static and Dynamic Neural Networks, From Fundamentals to Advanced Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 2003.

REPLENISHMENT SYSTEM INTELLIGENT BUILDING TECHNICAL UTILITY OWNERSHIP

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.

Autor: dr inż. Stanisław Duer – Politechnika Koszalińska