

4.2.1. Diagnostyczny model regresyjny

Informację o charakterze i postaci relacji stan - sygnał można jedynie uzyskać przez eksperyment. Można przy tym wyróżnić trzy typy eksperymentu diagnostycznego. Pierwszy z nich to eksperyment czynny, gdzie dysponujemy dowolną możliwością zmiany cech stanu $X(\theta)$ i obserwujemy w określonym miejscu r obiektu jego WA symptomy stanu $s(r, \theta)$. Drugi rodzaj eksperymentu w diagnostyce to eksperyment czynno-bierny, w którym nie mamy możliwości zmian wartości cech stanu $X(\theta)$, natomiast dysponujemy jedynie informacją o punktowych wartościach tych cech, np. przy uruchamianiu nowego obiektu - $X(\theta_a)$, zatrzymaniu do remontu - $X(\theta_{roc})$, lub przy poremontowym, uruchomieniu - $X(\theta_0)$. Obserwujemy natomiast w sposób ciągły lub dyskretny WA symptomy stanu $S(r, \theta)$. Wreszcie ostatni to eksperyment bierny, polegający na obserwacji WA symptomów stanu bez ilościowej informacji o cechach stanu. Dostępne są jedynie informacje o klasach stanu, w jakich znajduje się obiekt, np. zdatny lub niezdatny. Załóżmy obecnie, że przeprowadziliśmy na obiekcie eksperyment czynny którego wyniki opracowane statystycznie metodą regresji dadzą nam poniższe przyporządkowanie stan-sygnał, które możemy również nazwać modelem diagnostycznym obiektu [80,81]

$$\{s(r, \theta)\} = \psi[r, x(\theta)] + \{N_x(r, \theta)\} = A(r)\{x(\theta)\} + \{N_x(r, \theta)\}, \quad (4.4)$$

gdzie $\psi[\cdot]$ jest operatorem macierzowym przyporządkowania. $\{N_x(\cdot)\}$ wek torem niekontrolowanych zakłóceń, $A(r)$ macierzą wrażliwości liniowego rozwinięcia operatora $\psi[\cdot]$. Formalnie podobny model diagnostyczny lecz o innej treści uzyskamy z eksperymentu bierno czynnego.

Jeśli zamiast nieznanego wektora cech stanu $\{x(\theta)\}$ podstawić wektor pierwotnych symptomów WA (współzmienniczych z elementarnym uszkodzeniem) oznaczonych przez $\{\Lambda(\theta)\}$, wtedy zamiast modelu (4.4) w dziedzinie wektora stanu będziemy mieli

$$\{s(r, \theta)\} = \psi[r, \Lambda(\theta)] + \{N_o(r, \theta)\} = A(r)\{\Lambda(\theta)\} + \{N_o(r, \theta)\}, \quad (4.5)$$

Jak widać, uzyskaliśmy model diagnostyczny maszyny w postaci zbioru krzywych życia, w którym każda ze składowych wektora symptomu jest ważoną sumą pierwotnych krzywych życia i pewnej porcji zakłóceń

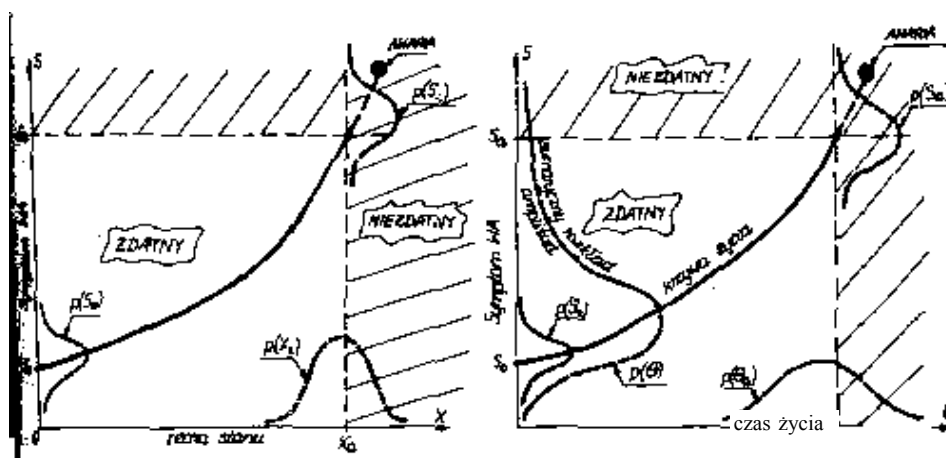
$$s_i(r, \theta) = \sum_{j=1}^n A_{ij}(r) \Lambda_j(\theta) + N_{i\theta}(r, \theta), \quad (4.6)$$

gdzie: $A_{ij}(r)$ to elementy znanej macierzy wrażliwości $A(r)$, $\Lambda_j(\theta)$ pierwotne krzywe życia zależne od krzywych życia uszkodzeń $F_i(\theta)$, $N_{i\theta}(r, \theta)$ - składowa zakłócająca i -ty symptom. Warto zauważyć tutaj, że przy umiejętnym doborze wektora symptomów $\{s(r, \theta)\}$ macierz $A(r)$ może być diagonalna, a wtedy krzywe życia $A(\Lambda)$ będą tożsame z krzywymi życia uszkodzeń $F(\theta)$ (patrz dyskryminacja cech w rozdziale szóstym).

Modele diagnostyczne (4.4) i (4.5) mają wspólną cechę - otrzymuje się je jako wynik regresyjnej obróbki danych eksperymentalnych: eksperymentu czynnego dla (4.4) i eksperymentu biernego dla (4.5). Możemy je więc nazwać modelami regresyjnymi, przy czym w diagnostyce WA znacznie powszechniejszym modelem jest regresja symptomu S (wektora symptomów) w dziedzinie czasu eksploatacji t . W obu tych wariantach diagnostycznego modelu regresyjnego wnioskowanie diagnostyczne polega na porównywaniu bieżącej wartości symptomu S z jego wartością graniczną S_1 . Przy dwu-klasowym podziale stanu na klasy zdatny/niezdatny wnioskowanie dla jednego symptomu przedstawia się jak niżej

$$\begin{aligned} S < S_1 &\rightarrow \text{stan zdatny} \\ S \geq S_1 &\rightarrow \text{stan niezdatny} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Takie rozumowanie należy zastosować dla każdej składowej wektora symptomów, lecz uzyskanie łącznej miary zdatności obiektu o n wymiarowej przestrzeni uszkodzeń nie jest takie proste. Zależy to od wpływu ilościowego i jakościowego uszkodzeń cząstkowych na łączną zdatność obiektu. Może to być wpływ wykluczający, typu wszystko albo nic lub też stopniowe pogarszanie zdatności łącznej. W pierwszym przypadku można zastosować algebrę Boole'a zaś w drugim miary kumulacyjne (np. iloczynowe), ujmujące wszystkie symptomy uszkodzeń w jeden uogólniony symptom. Podejście takie jest bardzo atrakcyjne, jako że znowu do oceny stanu można tu zastosować rozumowanie oparte na przekroczeniu wartości granicznej wg schematu (4.7). Wyznaczenie tych wartości granicznych nie jest takie proste i nawet w modelu wg eksperymentu czynnego musi być oparte na badaniach statystycznych z uwagi na rozrzut własności, o którym mowa była we wstępie książki. W najlepszym więc postawieniu eksperymentów dysponujemy odpowiednimi gęstościami rozkładów: wartości wyjściowej symptomu dla stanu nowego $p(S_0)$, wartości granicznej symptomu $p(S_a)$, wartości granicznej cechy stanu $p(X_a)$, a także gęstością rozkładu czasu pracy do awarii $p(\theta_a)$. Wymienione wyżej rozkłady i modele regresyjne oraz sposoby wnioskowania diagnostycznego przedstawia rysunek 4.1a i b – słuszny dla maszyny z jednym uszkodzeniem lub n -wymiarowej przestrzeni uszkodzeń przy posługiwaniu się miarami kumulacyjnymi.



Rys.4.1. Regresyjny model diagnostyczny maszyny w dziedzinie cechy stanu (a) oraz czasu życia (b) z odpowiednimi wartościami granicznymi x_a, θ_a, S_a

Jak widać z rysunku, dla regresji względem cech stanu wyznaczenie granicznej wartości S_a symptomu WA ma charakter pośredni, jako że cechą decyzyjną w eksperymencie czynnym jest cecha etanu X . Inaczej ma się rzecz dla regresji w dziedzinie czasu życia. Tutaj zależnie od przyjętej filozofii eksploatacji wartość symptomu WA S może być zmienne decyzyjne, jeśli minimalizujemy poziom zbędnych remontów, lub też zmienne pomocniczą w systemie remontów planowo zapobiegawczych. Stąd też bierze

się różnica między kształtem gęstości *rozkładu cechy etanu* $p(X_a)$, a czasem życia $p(\theta_a)$, jako że średni czas pracy do awarii θ_a zależy nie tylko od X_a , lecz także od innych czynników decyzyjnych. Kształt $p(\theta_a)$ jest więc bardziej spłaszczony i stąd też eksploatacja oparta na remontach planowo zapobiegawczych przynosi mniej korzyści niż oparta o diagnostykę WA