

Stanisław MŁYNARSKI, Janusz OPRZĘDKIEWICZ
Politechnika Krakowska

SYSTEMOWE ROZWIĄZANIA ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA I NIEZAWODNOŚCI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH

Słowa kluczowe

System techniczny, niezawodność, bezpieczeństwo, monitoring.

Streszczenie

Opracowanie omawia problemy bezpieczeństwa i niezawodności systemów technicznych takich jak systemy wytwarzania oraz systemy eksploatacji. Wskazuje na rozwiązania niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa procesów produkcyjnych i eksploatacji maszyn. Przedstawione jest w formie projektu koncepcyjnego systemu polegającego na Komputerowym Inteligentnym Monitorowaniu Niezawodności Systemów Technicznych (KMNST). Ukierunkowane problemowo programy opracowane w projekcie służyć mogą do symulacji i do pracy on-line w monitorowaniu i sterowaniu niezawodnością obiektów technicznych. Prezentowane rozwiązanie zakłada wykorzystanie metod i algorytmów opartych na algebrze ostrej i rozmytej, oraz metodach prognostycznych klasycznych, adaptacyjnych i neurorozmytych.

Dzięki tym właściwościom proponowane rozwiązanie może być zastosowane dla zapewnienia wysokiej jakości produkcji i pełnej zgodności z Euro-normami jak i dla zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności w inżynierii eksploatacji. Szczegółowo opisane zostały adaptacyjne metody prognozowania wskaźników niezawodności. Stanowią one zasadniczy etap przygotowywania

kolejnych procedur wykonawczych. Opisane w pracy aplikacje stanowią podstawową osnowę głównych procedur przytoczonych przez autorów.

Wprowadzenie

Do osiągnięcia określonego celu konieczne są trzy czynniki takie jak ponoszenie ryzyka, podejmowanie decyzji i działanie. Działanie celowe powinno być skuteczne. W działaniu należy odróżnić skuteczność od efektywności. Działanie skuteczne to takie, w którym uzyskane wyniki są zgodne z zamierzonym celem, natomiast w działaniu efektywnym otrzymujemy tylko pozytywne wyniki. Decyzje dotyczące większości działań obarczone są ryzykiem nieskuteczności. W takich sytuacjach istnieje konieczność poszukiwania rozwiązań aż do momentu uzyskania wyników zgodnych z celem działania. Taki sposób podejścia determinuje do stosowania rozwiązań, które w sposób automatyczny i szybki obejmowałyby kontrolę nad procesami funkcjonowania systemów technicznych. Podstawowym celem tych rozwiązań jest zapewnienie bezpieczeństwa działania i bezpieczeństwa ekonomicznego procesów zarówno wytwarzania, jak i eksploatacji obiektów technicznych. Dokonanie oceny bezpieczeństwa pracy obiektów w szerokim rozumieniu z uwzględnieniem zachowania się warunków użytkowania możliwe jest tylko przy stosowaniu rozwiązań systemowych. Rozwiązania takie muszą opierać się na nowoczesnych w pełni zautomatyzowanych systemach monitoringu eksploatacji, komputerowych metodach analizy niezawodnościowej z uwzględnieniem wszystkich rodzajów metod i komponentów. Ze względu na dużą ilość niezbędnych danych, mnogość stosowanych metod obliczeń i analiz, duże zróżnicowanie rodzajowe i jakościowe obiektów oraz ogólną złożoność omawianego problemu opracowanie uniwersalnego rozwiązania systemowego dla problemu bezpieczeństwa jest niezmiernie trudne. W niniejszym opracowaniu zaproponowano system komputerowego monitorowania niezawodności w produkcji i eksploatacji obiektów technicznych o nazwie KMNST (Komputerowe monitorowanie niezawodności systemów technicznych).

1. Inteligentne systemy produkcji i eksploatacji pojazdów

Inżynieria produkcji i eksploatacja obiektów technicznych wymaga ciągłego i inteligentnego monitorowania bezpieczeństwa i niezawodności. Takim wymaganiom sprostać mogą tylko systemy komputerowego monitorowania niezawodności w produkcji i eksploatacji, w skrócie nazwane KMNST, wspomagane systemami GPRS i podobnymi.

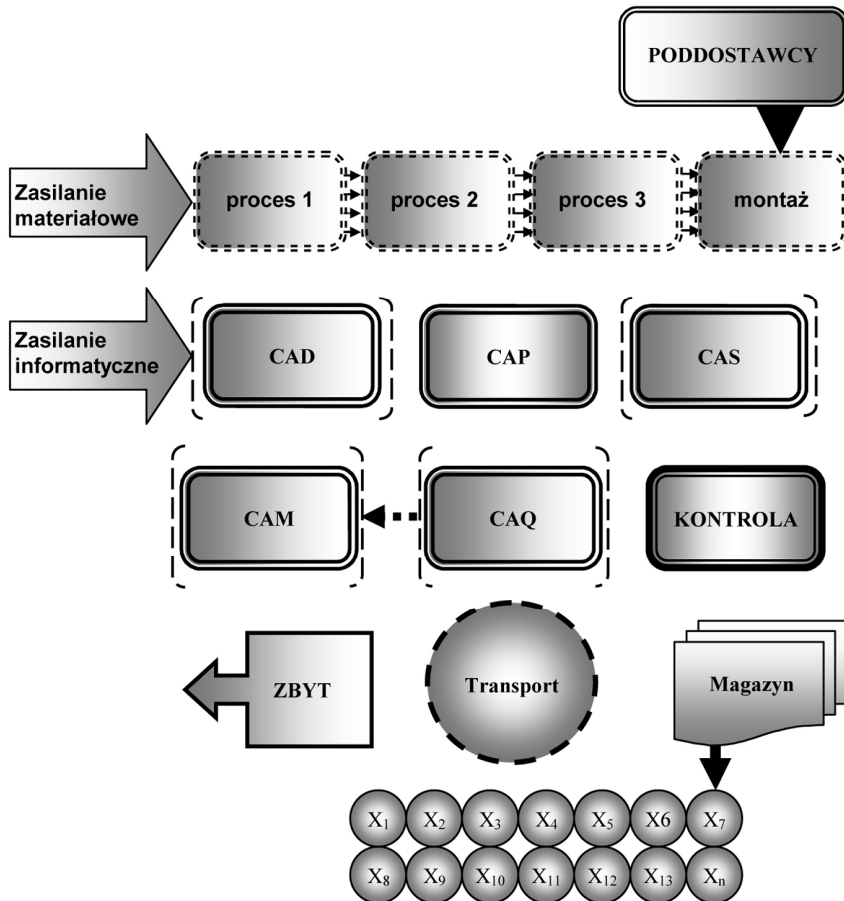
W systemie tym stosuje się inteligentne monitorowanie w czasie rzeczywistym bezpieczeństwa i niezawodności. Podejście to stanowi nowatorskie

rozwiązanie tego problemu i nie jest spotykane w postaci gotowej do aplikacji w literaturze światowej.

W systemie są zastosowane zweryfikowane oryginalne autorskie algorytmy i metody komputerowego monitorowania niezawodności. Ukierunkowane problemowo programy opracowane w projekcie służyć mogą do symulacji i do pracy on-line w KMNST [5, 7, 9].

Metody i algorytmy oparte są na algebrze ostrej i rozmytej, metodach prognostycznych klasycznych, adaptacyjnych i neurorozmytych.

Dzięki tym własnościom KMNST może być zastosowane zarówno w inżynierii produkcji środków transportu drogowego dla zapewnienia wysokiej jakości produkcji i pełnej zgodności z Euronormami jak i w eksploatacji dla znaczącego i stabilnego zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności w inżynierii eksploatacji.



Rys. 1. Komponenty systemowe produkcji niezawodnego pojazdu

Oddziaływanie na jakość i niezawodność systemów odbywa się poprzez wszystkie komponenty systemowe wytwarzania i projektowania. Wszystkie one zawierają elementy niepewności i ryzyka. Widać je na rys.1.

System w czasie rzeczywistym oddziałuje i koryguje: poddostawców, procesy, materiały, oddziałuje jednocześnie na CAD (komputerowe projektowanie pojazdu), CAP (sfera wytwarzania), CAM (produkcja), CAS (serwis i produkcja części), koryguje magazyn, zbyt i transport. Wszystkie komponenty związane z systemem eksploatacji poddane są aktywnemu, agresywnemu i adaptacyjnemu działaniu KMNST.

Jednym z wiodących algorytmów systemu jest prognozowanie wskaźników eksploatacji, a w szczególności wskaźników bezpieczeństwa i niezawodności obiektów technicznych. Prognozy dokonywane są w czasie rzeczywistym. Ze względu na dynamiczny charakter przebiegu wskaźników do realizacji zadania wykorzystane są adaptacyjne metody prognozowania. Umożliwiają one bieżące uwzględnienie dynamiki wskaźników w budowie prognozy. Opis procesu prognozowania na przykładzie wskaźników niezawodności przedstawiony został w następnym rozdziale.

2. Metody prognozowania wskaźników bezpieczeństwa i niezawodności w KMNST dla dynamicznych systemów technicznych

Analiza bezpieczeństwa pracy systemów technicznych wskazuje, że priorytetowe znaczenie dla jego zapewnienia ma prognozowanie parametrów pracy systemu. Dobrymi wskaźnikami, jakości pracy są wskaźniki niezawodności systemu złożonego z elementów stanowiących podsystemy. Jako element w sensie niezawodnościowym rozumie się wyróżniony obiekt techniczny posiadający własne charakterystyki niezawodnościowe.

System zbudowany jest z elementów i jego charakterystyki niezawodności są funkcjami, nie zawsze jawnymi, charakterystyk niezawodności elementów.

Ponieważ wpływ uszkodzeń elementów na poprawność działania obiektu jest różny, wprowadza się pojęcie struktury niezawodnościowej obiektu będącej odwzorowaniem wpływu uszkodzeń poszczególnych elementów na uszkodzenie obiektu.

Niech będzie M punktów obserwacji charakterystyki wskaźnika R niezawodności. Wtedy do wstępnego rozwiązania charakterystyki prognozowania wskaźnika R można posłużyć się znaną metodą Milne'a.

Jeżeli posiadamy wiadomości o tym, że charakterystyka prognozowania jest zbieżna, to metodą analityczną na uzyskanie wartości początkowych dla procesu iteracyjnego jest wzór Taylora.

Rozpatrzmy teraz zadanie prognozowania o z góry ustalonej postaci. Zadanie to jest zbieżne z tzw. prognozowaniem Levinsona. Zadanie to polega na przewidywaniu wartości charakterystyki prognozowania wskaźnika R w danej

chwili na podstawie skończonej kombinacji liniowej wartości tej charakterystyki z chwil poprzednich [5].

Założmy, że nadal rozpatrujemy przypadek skalarny. Współczynniki a_k będą tak dobierane, aby minimalizowały błąd średniokwadratowy. W metodzie Levinsona istnieje możliwość zwiększenia rzędu N bez potrzeby ponownego wykonywania wszystkich obliczeń.

Wyżej wymienione metody zakładały w swej istocie liniowość fizyczną charakterystyki prognozowania niezawodności. W przypadku np. pojazdów, jak i większości zespołów i układów pojazdu, brak jest podstaw do wnioskowania o liniowości fizycznej charakterystyki prognozowania wskaźnika R .

Praktycznym algorytmem o dobrych właściwościach jest algorytm rekurencyjny oparty na idei dopasowania wielomianu N -tego stopnia do zbioru M punktów charakterystyki prognozowania niezawodności postaci (x_j, y_j) .

Dopasowanie polega na znalezieniu współczynników $a_i, i = 0, 1, \dots$, wielomianu N .

Przyjmijmy, że $a_i, i = 1, \dots, N$ są parametrami dopasowania wielomianu stopnia N do $M \geq N + 1$ punktów pomiarowych. W miarę eksploatacji pojazdu w czasie od T_1 do T_{N+N} uzyskujemy dane o jej niezawodności $R_0(T)$ do $R_N(T)$. Z zależności tych uzyskujemy „ N ”. Dla każdej z nich uzyskujemy wartości współczynników $a_0 \div a_{N+N}$ oraz współczynniki korekcji dostosowania funkcji R do wartości doświadczalnych.

Oznaczmy współczynniki $a_0 \div a_N$ w kolejnych fazach przez $a_{0,N} \div a_{N,N}$. W miarę postępowania eksploatacji następuje stabilizacja i udokładnianie współczynników $a_{0,N} \div a_{N,N}$, o ile właściwości maszyny i warunki eksploatacji są ergodyczne.

Jeżeli nie są one ergodyczne, to podana zasada prognozowania pozwala na eliminację informacji najmniej aktualnych i uwzględnienie informacji najaktualniejszych. Należy przy tym podkreślić, że w odróżnieniu od innych metod podana zasada pozwala tym mocniej uwzględniać informacje aktualne, im mniejsza jest ilość punktów pomiarowych M , przy czym dla kolejnych faz ilość ta może być zmienna.

Pokazana zasada pozwala na uzyskanie kolejnych wartości $R_p(T)$. Propagacja kolejnych wartości R ma postać taką jak np. wahania akcji giełdowych.

Identyfikacja, z którym z punktów $A \div D$ mamy do czynienia, wynika ze skojarzenia wartości:

$$\Delta T = 0,005 [\min (T_i - T_{i-1})] \quad (1)$$

W miarę eksploatacji pojazdu w czasie od T_1 do T_{N+N} uzyskujemy dane $R_0(T)$ do $R_N(T_3)$. Z zależności tych uzyskujemy „ N ”. Dla każdej z nich uzysku-

jemy wartości współczynników $a_0 \div a_N$ oraz współczynniki korekcji dostosowania funkcji R do wartości doświadczalnych.

Pozwala to na uzyskanie kolejnych wartości $R_p(T)$, co prowadzi do konieczności analizy w 4 charakterystycznych punktach.

Punkty te to:

- A – strefa funkcji monotonicznie rosnącej,
- B – strefa maksimum lokalnego,
- C – strefa funkcji monotonicznie malejącej,
- D – strefa minimum lokalnego.

W przedstawionej metodzie istotne znaczenie ma identyfikacja, w którym punkcie charakterystyki prognozowania niezawodności aktualnie się znajduje dany pojazd lub jego zespół.

Jak już wcześniej zaznaczono identyfikacja, z którym z punktów $A \div D$ mamy do czynienia, wynika ze skojarzenia wartości:

$$\Delta T = 0,005 [\min (T_i - T_{i-1})]$$

z następującym sposobem postępowania (tabela 1).

Tabela 1. Algorytm identyfikacji charakterystycznych punktów propagacji wskaźników niezawodności R

Strefa	zmiana R przy wzroście do $T + \Delta T$	zmiana R przy zmniejszeniu T do $T - \Delta T$
pkt A	wzrost	zmniejszenie
pkt B	zmniejszenie	zmniejszenie
pkt C	zmniejszenie	wzrost
pkt D	wzrost	wzrost

Podany w tabeli algorytm jest podstawą weryfikacji rezultatów uzyskiwanych w tym doświadczeniu. Po weryfikacji zgodności empirycznej i hipotetycznej charakterystyki prognozowania wskaźników R niezawodności dla każdego z punktów A, B, C , i D ma miejsce inna strategia prognozowania niezawodności R :

Γ_A – dla punktu A – stosowane są znane metody trendowe,

Γ_B – dla punktu B – zmiana charakteru zależności,

Γ_C – dla punktu C – jak pkt A – model degresywny,

Γ_D – dla punktu D – jak pkt B – model progresywny.

Strategie $\Gamma_A, \Gamma_B, \Gamma_C, \Gamma_D$ dla każdego konkretnego pojazdu (zespołu, układu) tworzą dowolną konfigurację związaną jedynie z konkretnym kształtem funkcji $R(t)$.

Dla punktów A i C stosuje się znane modele trendowe poddane i zweryfikowane za pomocą eksperymentu numerycznego oraz zastosowane w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

Spojrzenie na problem prognozowania niezawodności i pojazdów poprzez pryzmat zagadnień nieliniowych pozwala na lepszą ocenę wybranych kierunków rozwoju pojazdów.

Opracowanie pełnego modelu prognozy oraz jego weryfikacja w punktach *B* i *D* wymaga określenia stopnia wielomianu. Zakłada się model regresji wielokrotnej 2^n z uwzględnieniem reguły wyboru optymalnego stopnia wielomianu.

3. Metody oceny prognozy

Do określenia stopnia zgodności prognoz niezawodności pojazdu z weryfikacją rzeczywistą można zastosować regułę błędu względnego:

$$Q = \frac{f(Y_i) - f \cdot (Y_i)}{F(Y_i)} 100 \quad (2)$$

oraz przeciętnego błędu w przedziale empirycznej weryfikacji:

$$Q = \sum_{n_y}^1 |Q_y| \quad (3)$$

W przypadku gdy zmienna prognozowana wykazuje wahania periodyczne przy zmiennej długości cyklu, a wielkość efektów periodycznych ulega zmianie w kolejnych cyklach, zastosowanie w predykcji znajduje model prognozy adaptacyjnej H. Theila i S. Wage'a, opisany w literaturze [13]. Model ten składa się z trzech równań służących odpowiednio do:

- oceny trendu m_t ,
- oceny przyrostu trendu d_t ,
- oceny efektu periodycznego c_t .

Używając powyższej symboliki, równania te można zapisać następująco:

$$m_t = a(y_t - c_{t-L}) + (i - a)(m_{t-1} + d_{t-1}) \quad (4)$$

gdzie:

$$d_t = \beta(m_t - m_{t-1}) + (i - \beta)d_{t-1},$$

$$c_t = \delta(y_t - m_t) + (i - \delta)c_{t-L},$$

$$0 < a < 1; \quad 0 < \beta < 1; \quad 0 < \delta < 1$$

a, β, δ – odpowiednio dobrane współczynniki,
 L – długość cyklu wahań.

Z powyższych równań wynika, że także tym razem poszczególne oceny budowane są jako średnie ważone z najnowszych i poprzednich informacji.

Prognoza zbudowana na modelu predykcji adaptacyjnej przedstawiona jest wzorem:

$$y_{Tp} = m_{t0} + d_{t0}h' + c_{t0-L+h'} \quad (5)$$

gdzie:

h' – horyzont prognozy.

Dotychczas omawiane modele oparte były na mniej lub bardziej eksponowanym założeniu, że przyrosty trendu zmiennej są (poza okresami, kiedy nastąpiła zmiana lub załamanie trendu) w przybliżeniu stałe lub zmieniają się w dość regularny sposób. Założenia takie oczywiście nie zawsze są prawidłowe i niekiedy może się okazać, że poza okresami „wyjątkowymi” większą stabilnością lub regularnością charakteryzują się przyrosty względne. Do wyrównywania obserwacji i prognozy bardziej efektywny będzie wówczas model adaptacyjny „wygładzający” względne przyrosty zmiennej y_t . Przykładową relacją może być:

$$m_t = \left(\frac{y_t}{y_{t-1}} \right)^\alpha Q_{t-1}^{1-\alpha} m_{t-1} \quad (6)$$

gdzie:

$$Q_{t-1} = \sqrt[k2]{\frac{y_{t-1}}{y_{t-2}}, \frac{y_{t-1}}{y_{t-3}} \dots \frac{y_{t-k2}}{y_{t-k2-1}}} = \sqrt[k2]{\frac{y_{t-1}}{y_{t-k2-1}}}$$

Wyrażenie Q_{t-1} jest średnim łańcuchowym wskaźnikiem dynamiki zmiennej obliczonym na podstawie $k2$ wskaźników indywidualnych właściwych dla okresów poprzedzających okres t . Ponieważ $k2$ może być dowolną nie mniejszą od dwóch liczbą całkowitą, powyższe równania definiują w gruncie rzeczy rodzinę modeli, które noszą nazwę *modeli wskaźnikowo-adaptacyjnych*.

O wyborze parametru $k2$ decydują przede wszystkim względy praktyczne, a więc osiągnięty stopień zgodności z danymi empirycznymi. Budowa prognozy na okres T oddalony od okresu wyjściowego dla prognozy t_0 o h' jednostek czasu przebiega zgodnie z następującym wzorem:

$$y_{Tp} = m_{t0} \left[\left(\frac{y_{t0}}{y_{t0-1}} \right)^a Q_{t0-1}^{i-a} \right]^{h'} \quad (8)$$

Ponieważ wyrażenie zapisane w nawiasie kwadratowym jest uaktualnionym przez najnowsze informacje na okres wyjściowy średnim wskaźnikiem dynamiki, łatwo można stwierdzić, że metoda budowy prognozy polega na ekstrapolacji tego średniego przyrostu aż do okresu T włącznie.

Ciekawym i przydatnym do celów predykcji krótkookresowej modelem jest *model trendu pełzającego z wagami harmonicznymi*. Metoda ta podlega szacowaniu wartości trendu zbiorem liniowych odcinków, z których każdy ma tę właściwość, że może być uznany za segment łamanej linii trendu. Zmieniające się położenie kolejnych odcinków daje obraz ciągłych zmian w badanym procesie.

Kolejne położenie poszczególnych odcinków można interpretować jako kolejne fazy ruchu tego samego odcinka, czyli można stwierdzić, że jest to trend ruchomy lub pełzający.

Aby wyznaczyć kolejne fazy ruchu *trendu pełzającego*, wybiera się liczbę $K < N$ (gdzie N jest liczbą znanych już wartości zmiennej $y(t)$, które bierzemy pod uwagę, a K jest liczbą jednostek czasu, na których ma być budowana prognoza) i znajdujemy równanie odcinków liniowych:

$$y_i(t) = a_i t + b_i, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, N - K + 1 \quad (9)$$

Przy czym dla $i = 1$ parametr t zmienia się od i do K , dla $i = 2$ parametr t zmienia się od 2 do $K + 1$ i w końcu dla $i = N - K + 1$ parametr ten przybiera wartości od $N - K + 1$ do N . Ogólnie więc równanie i -tej pozycji trendu ruchomego wyraża się relacją:

$$Y_i(t) = a_i t + b_i, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, N - K + i; \quad t = i, i + 1, \dots, i + k - 1 \quad (10)$$

Jak można łatwo zauważyć, liczba tak istniejących równań będzie równa $N - K + 1$.

Na następnym etapie obliczamy wartość każdej funkcji $y_i(t)$ w punktach $t = i + \tau - 1$, dla $i = 1, 2, \dots, N - K + 1$, $\tau = 1, 2, \dots, K$ i znajdujemy ciąg średnich typu:

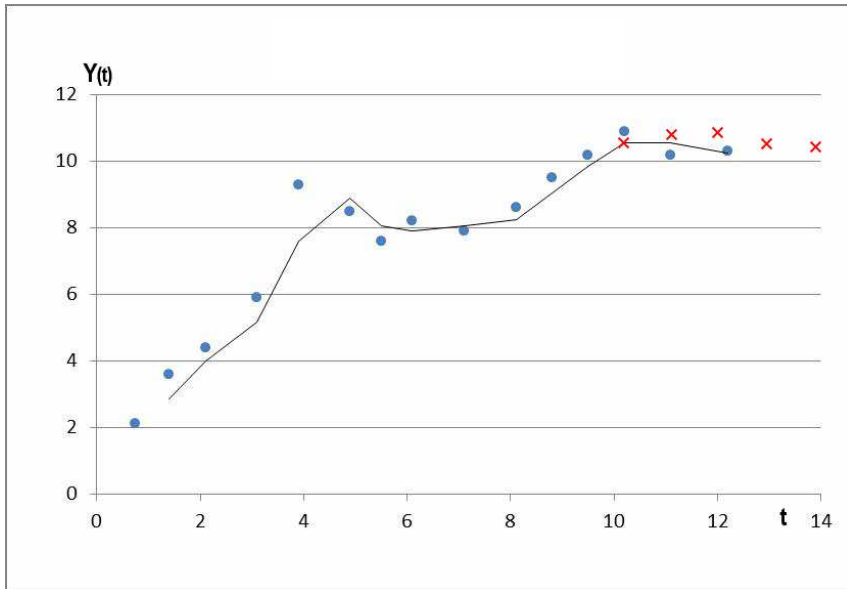
$$\bar{y}_t = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}(t) \quad (11)$$

gdzie m_i jest liczbą tych $y_{ij}(t)$, u których $t = 1$.

Tak więc w punkcie $t = 1$, m_1 będzie równe jeden, w punkcie $t = 2$, $m_1 = 2$ i tak dalej, przy czym maksymalna wartość m_1 jest równa K .

Również po tych obliczeniach otrzymamy ciąg $N - K + 1$ wartości średnich.

Jeżeli połączymy odcinkami prostymi punkty (t, \bar{y}_t) , otrzymamy trend badanego szeregu czasowego wyrażony za pomocą linii łamanej, która dość dokładnie oddaje tendencję rozkładu punktów (rys. 2).



Rys. 2. Prognoza w metodzie trendu łamanej i wag harmonicznych

Budowa prognozy w metodzie trendu łamanej i wag harmonicznych oparta jest na założeniach, że:

- czas, z którego pochodzą dane analizowanego przebiegu zmiennej y , jest wystarczająco długi, aby można było dostrzec działanie systematycznego składnika t ,
- przebieg opisany zmienną y jest ciągły lub prawie ciągły, tzn. zmiany skokowe nie mają wielkości skoku przekraczających wyraźnie rząd zakłóceń losowych,
- proces opisany zmienną y obdarzony jest pewną inercją, tzn. do wystąpienia większej zmiany systematycznego składnika potrzeba dłuższego czasu.

Budowanie prognozy polega na znalezieniu przyrostów funkcji $h_0(t)$:

$$w_{t+1} = h_0(t+1) - h_0(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \quad (12)$$

i obliczeniu średnich przyrostów:

$$\bar{w} = \sum_{t=1}^{N-1} B_{t+1} w_{t+1} \quad (13)$$

gdzie B_{t+1} to odpowiednio dobrane współczynniki „wagi” spełniające warunki:

$$B_{t+1} > 0, \quad t = 1, 2, \dots, N-1,$$

$$\sum_{i=1}^{N-1} B_{t+1} = 1 \quad (14)$$

Informacje pochodzące z okresów dawniejszych powinny mieć wagę mniejszą od informacji aktualnych. Realizuje się to poprzez postulat, że przyrosty wag są odwrotnie proporcjonalne do czasu, jaki dzieli daną informację od informacji aktualnych, to znaczy pochodzącej z momentu $t = N$. Postulat ten jest spełniony, gdy współczynniki wag spełniają zależność:

$$B_{t+1} = \frac{i}{N-1} \sum_{i=1}^t \frac{i}{N-i} \quad (15)$$

Biorąc pod uwagę założenia, które są związane z tą metodą, można uznać, że wartości oczekiwane i wariacje średnich przyrostów zmieniają się wolno i dlatego można zapisać relację:

$$T = N - 1 + \tau, \quad \tau = 1, 2, \dots, K.$$

A w związku z tym na podstawie wzoru (12) można zapisać, że prognoza na czas $t + 1$ jest równa:

$$\bar{y}_{t+1}^* = \bar{y}_t^* + w_{t+1}^* = \bar{y}_t^* + \bar{w} \quad (16)$$

Granice ufności dla przewidywanych wartości zmiennej y_{t+1} otrzymujemy z poniższych wzorów:

$$g_t = \bar{y}_{N+\tau}^* + r(\tau)s_1,$$

$$d_t = \bar{y}_{N+\tau}^* - r(\tau)s_1,$$

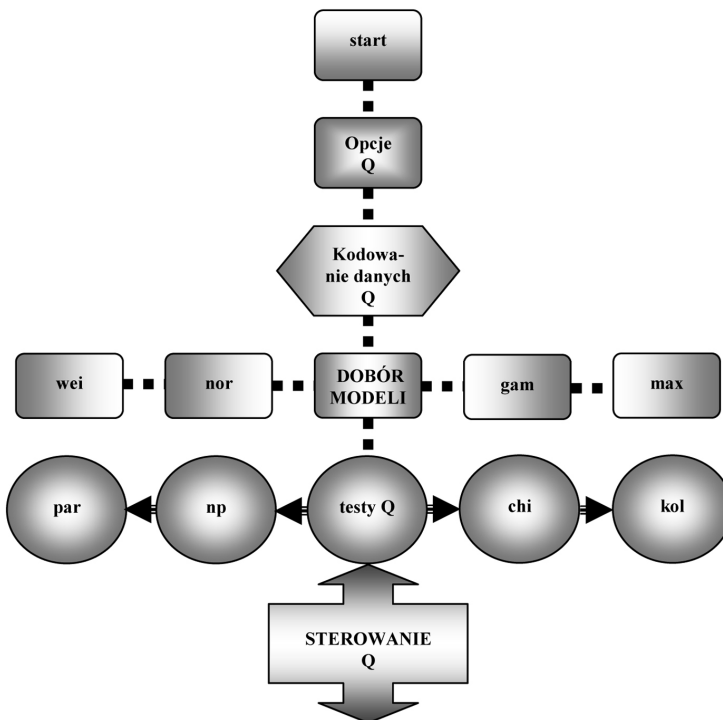
gdzie g_t i d_t oznaczają górną i dolną granicę tolerancji obszaru ufności.

Uzyskane za pomocą tej metody prognozy są na krótkie okresy z reguły bardzo dokładne. Ze względu na brak założenia o stałości postaci analitycznej funkcji

trendu metoda ta jest przydatna, gdy chodzi o prognozę kształtowania się zmiennych charakteryzujących się dużą nieregularnością i załamaniem trendu.

4. Procedury modelowania KMNST

Podstawę przetwarzania danych KMNST stanowią zaawansowane zautomatyzowane procedury statystyczne (rys. 3). Wykraczają one daleko poza pakiety firmowe takie jak STATGRAF i ujmują metody parametryczne i nieparametryczne, ostre, rozmyte i neuronowe. Rozkłady, które mogą być brane pod uwagę, to: wykładniczy, Weibulla, normalny, lognormalny, gamma, potęgowy, Maxwella, Erlanga, Raleigha. Procedury te znajdują zastosowanie zarówno w statystycznej kontroli procesów wytwarzania (SPC), jak i w adaptacyjnej kontroli i korektach parametrów jakości i niezawodności pojazdu od projektowania (symulacja i integracja w CAD) poprzez produkcję (symulacja i integracja w CAM, CAP) do kontroli jakości(CAQ) i serwisu (CAS) oraz zabezpieczenia niezawodności eksploatacyjnej. We wszystkich tych opcjach znajdują zastosowanie generatory losowe pracujące w stosownych konfiguracjach. Dzięki temu można wybrać optymalne parametry konstrukcyjno-technologiczne dla wymaganego poziomu, jakości i niezawodności.



Rys. 3. Procedury statystyczne aplikowane w KMNST

System KMNST jest systemem komputerowym otwartym, bazującym na technologii i organizacji zakładu, w którym ma być wdrożony. Jest oparty na sprawdzonych i wielokrotnie testowanych metodach i programach. Realizacja jest oparta na sieci PC dowolnego (a więc i zakładowego) typu. System może być sprzęgnięty z dowolnego typu stacjami pomiarowymi parametrów jakości i niezawodności, pracującymi dla monitorowania procesu produkcyjnego. System może współpracować z systemem badań eksploatacyjnych analiz niezawodności dla optymalizacji produkcji i dystrybucji części zamiennych. Może być w pełni wykorzystany w konstruowaniu systemu o wymaganym poziomie niezawodności.

Struktura algorytmów i bazy danych obejmują:

Poziom 1 – np. pojazd jako system,

Poziom 2 – warunki eksploatacji monitorowanego systemu,

Poziom 3 – struktury funkcjonalne systemu,

Poziom 4 – struktury niezawodnościowe systemu,

Poziom 5 – rodzaje zespołów monitorowanych, np. pojazdów,

Poziom 6 – rodzaje zużycia,

Poziom 7 – rodzaje uszkodzeń,

Poziom 8 – rodzaje modeli niezawodnościowych: 9 wymienionych już rozkładów,

Poziom 9 – algorytmy monitorowania,

Poziom 10 – algorytmy i modele prognozowania,

Poziom 11 – modele optymalizacji monitorowania i prognozowania.

Symulacja modyfikacji pozwala na uwzględnienie modyfikacji konstrukcyjnych, modyfikacji technologicznych, modyfikacji tribologicznych i materiałowych. Prowadzi do realizacji cyklu: **synteza–analiza–modyfikacje–synteza–weryfikacja do osiągnięcia wymaganego poziomu, jakości i niezawodności.**

Wychodząc z analizy zadań i struktury funkcjonalnej, dochodzi się do struktury niezawodnościowej oraz zbioru PK (punkty krytyczne), EL (elementy), ZM (zespoły).

Dla tych zbiorów określane jest UO (uogólnione obciążenia) i UW (uogólnione wytrzymałości i odporności). Następnie przez modele probabilistyczne UO i UW przechodzi się do fazy symulacyjnej, gdzie generatory losowe GEMPUO i GEMPUW symulują procesy uszkodzeń w eksploatacji pojazdu. Jeżeli w wyniku symulacji wynikowy poziom niezawodności pojazdu jest zadowalający, to synteza zostaje zakończona. Jeżeli poziom niezawodności jest niewystarczający, to stosowne modyfikacje prowadzone są dalej aż do osiągnięcia wymaganego poziomu. Istotą systemu KMNST są oryginalne algorytmy związane z analizą i predykcją niezawodności maszyn i pojazdów.

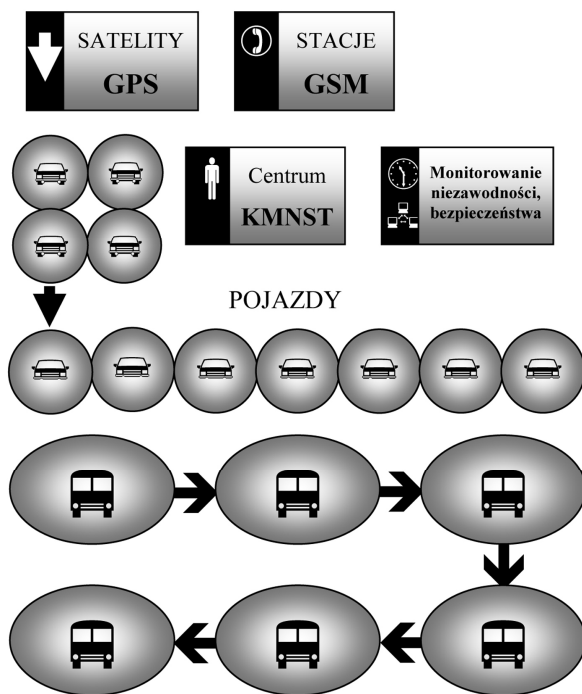
Komputerowa realizacja systemów monitorowania i prognozowania niezawodności w eksploatacji jest dokonywana przez budowę systemów komputerowych specjalizowanych do tego celu. Oparte są one na różnych rozwiązaniach sprzętowo-programowych. Na rynku jest dostępnych szereg systemów teleme-

trycznych, systemów GPRS, systemów zdalnego monitoringu bądź modemów radiowych krótkiego zasięgu i innych mogących służyć do systemowego rozwiązania bezpieczeństwa i niezawodności obiektów technicznych wg zasad podanych w referacie. Istotna jest natomiast konfiguracja aplikacji tych rozwiązań do celów zabezpieczenia bezpieczeństwa i niezawodności jak i np. ekologii czy bezpieczeństwa energetycznego.

Dzięki dostępnym opcjom istnieje możliwość ciągłej rejestracji i wglądu w dowolne parametry obiektu ustalone wcześniej w programie, a nawet odczytywanie lub sterowanie urządzeniami umieszczonymi w zestawie. Dzięki centrum bazowemu jest możliwe przekazywanie informacji do określonych komórek w firmie, np.:

- dział przewozów i eksploatacji otrzyma informacje o aktualnym miejscu pobytu pojazdu, kierunku jazdy, średniej prędkości, liczbie przejechanych kilometrów, czasie pracy kierowców itp., co pozwala na tworzenie statystyk i wydruków;
- dział techniczny ma możliwość sprawdzenia, czy samochód nie przekracza optymalnej prędkości, kontroluje np. temp. silnika, oleju, prędkość obrotową, zużycie paliwa, pracę urządzeń.

Konfiguracja pracy KMNST z GPS może być zatem taka jak na rys. 4.



Rys. 4. Konfiguracja aplikacji KMNST z sieciami GPS i GSM w monitorowaniu eksploatacji systemu pojazdów drogowych

Stosując podane metody, modelowaniu podlegać mogą zarówno czynniki związane z funkcjonowaniem obiektu (obciążenia, prędkości, przyspieszenia) jak też czynniki zewnętrzne związane z otoczeniem, w którym obiekt jest eksploatowany (temperatura, wilgotność itp.). Zasadniczą kwestią jest tutaj ustalenie relacji i związków przyczynowych między zmianami cech obiektu a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających. Dane te jednak można uzyskać i zamodelować na podstawie badań eksploatacyjnych, pomiarów, opinii ekspertów czy wyników wcześniejszych badań.

Rezultaty zastosowanej metody i techniki modelowania mogą znaleźć zastosowanie w wielu analizach niezawodności oraz bezpieczeństwa złożonych obiektów technicznych.

Zastosowane podejście może też być wykorzystane do szacowania bezpieczeństwa i niezawodności złożonych systemów w rzeczywistym czasie ich funkcjonowania, w przypadku gdy nie mamy pełnej informacji o strukturze niezawodności. Szacowanie niezawodności może być przydatne w sytuacjach kryzysowych, awariach i innych, gdy istnieje konieczność podjęcia szybkich decyzji bądź też istnieją ograniczenia ekonomiczne i czasowe dla przeprowadzenia danej analizy.

Bibliografia

1. Jaźwiński J., Borgoń J.: Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów. WKiŁ, 1989.
2. Migdałski J. (red.): Poradnik niezawodności. t 1 i t 2. WEMA, ATR.
3. Młynarski S.: Aktywne metody oddziaływania na niezawodność podczas eksploatacji pojazdów lądowych. W: Pojazdy szynowe na przełomie wieków: XIV Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe 2000”; Kraków – Arłamów, 9–13.10.2000.
4. Młynarski S., Oprzędkiewicz J., Jabłoński J.: Wpływ niezawodności na zmianę kosztów eksploatacji pojazdów samochodowych. „Problemy Eksploatacji” nr 1/2002.
5. Oprzędkiewicz J.: Wspomaganie komputerowe CAD CAM w niezawodności maszyn. WNT, Warszawa 1993.
6. Oprzędkiewicz J., Młynarski S.: Adaptacyjna metoda prognozowania niezawodności pojazdów lądowych. „Problemy Eksploatacji” nr 3 1999.
7. Oprzędkiewicz J.: Komputerowa metoda oceny niezawodności systemów technicznych. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 1997.
8. Oprzędkiewicz J.: Elementy symulacji komputerowej dla kwantyfikacji jakości eksploatacji systemów technicznych. Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa – Kraków 1999.
9. Oprzędkiewicz J., Jabłoński J.: Problemy modelowania i kwantyfikacji jakości w niezawodności eksploatacyjnej systemów. XXVII Zimowa Szkoła

- Niezawodności „Metody sieciowe w inżynierii niezawodności”, SPE KBM PAN, Szczyrk, 4–9.01.1999.
10. Oprzędkiewicz J.: Metody komputerowe jakości eksploatacji pojazdów. „Problemy Eksploatacji” nr 1/2002.
 11. Oprzędkiewicz J.: Interaktywny system badań i prognozowania niezawodności. XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności „Metody badań przyczyn i skutków urządzeń”, Szczyrk 10–15.01.2005, s. 408–418.
 12. Oprzędkiewicz J., Młynarski S.: Problems of economic safety and intelligence system and reliability of global systems. Enterprises in The Face of 21st Century Challenges. Development – Management – Entrepreneurship. Cracow University of Economics, Cracow 2008; s. 307–315.
 13. Pawłowski Z.: Prognozy ekonomiczne, PWN, Warszawa 1973.

Recenzent:
Bogdan ŻÓŁTOWSKI

System solutions for safety and reliability assurance of technical objects

Key words

Technical system, reliability, safety, monitoring.

Summary

This paper refers to the safety and reliability problems of technical objects, such as manufacturing systems and operational systems. It indicates the solutions necessary to ensure the safety of production processes and machine operation. The solution is presented as the form of the conceptual design of Intelligent Computer Monitoring of Technical Systems Reliability (KMNST). The developed programs are focused on practical problems and can be used for simulation and on-line working with reference to monitoring and controlling of the reliability of technical objects. The presented solution concerns the use of the methods and algorithms based on sharp and fuzzy algebra, classical forecasting, and adaptive and neuro-fuzzy methods.

Due to these properties, the proposed solution can be used for high-production quality assurance in full accordance with the European Standards. An increase in safety and reliability in operational engineering is also included. Adaptive methods for the forecasting of reliability indicators are presented in detail. They determine the essential stage for preparing the next implementing procedures. Applications and the primary procedures mentioned by the authors are also described.