

ZASTOSOWANIE PODEJŚCIA KONTEKSTOWEGO W DIAGNOSTYCE TECHNICZNEJ

Anna TIMOFIEJCZUK

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a, atimofiejczuk@kpk.m.polsl.pl

Streszczenie

Diagnostowanie maszyn i procesów przemysłowych polega zwykle na interpretacji dużych zbiorów cech sygnałów resztkowych rejestrowanych podczas ich obserwacji. W przypadku obiektów złożonych interpretacja ta jest często trudna. W referacie pokazano identyfikację stanu technicznego obiektu na podstawie kontekstowej analizy sceny dynamicznej, której obiektami są cechy sygnałów diagnostycznych.

Słowa kluczowe: analiza sygnałów niestacjonarnych, scena dynamiczna, kontekst

APPLICATION OF CONTEXT APPROACH TO TECHNICAL DIAGNOSTICS

Summary

Diagnosing machinery and industrial process consists in interpretation of large sets of residual signal features. Signals are recorded during observation of an object. In case of complex objects this interpretation is often difficult. The paper deals with a method of identification of technical state of an object on the basis of dynamic scene analysis with the use of contexts. Scene objects are features of diagnostic signals.

Keywords: non-stationary signal analysis, dynamic scene, context

1. WSTĘP

Procedury diagnozowania maszyn i procesów przemysłowych są najczęściej oparte na obserwacji i analizie sygnałów resztkowych. Wyniki analizy sygnałów są prezentowane w postaci dużych zbiorów cech sygnałów. Interpretacja tych zbiorów jest podstawą procesu diagnozowania. W przypadku obserwacji zmiennych warunków działania oraz obserwacji obiektów złożonych, rejestrowane sygnały są zawsze niestacjonarne, co utrudnia ich analizę i interpretację wyników ich analizy. Przykładem takich sygnałów są dane rejestrowane podczas działania maszyn wirnikowych. Ich analiza wymaga zastosowania metod, które pozwalają na ich ocenę zarówno w dziedzinie czasu, jak i na określenie zmienności tych sygnałów w dziedzinie częstotliwości. Przykładami metod dających dobre wyniki w estymacji sygnałów niestacjonarnych są analiza oparta na krótkoczasowym przekształceniu Fouriera (STFT, ang. Short Time Fourier Transform) oraz metoda oparta na przekształceniu falkowym (WT, ang. Wavelet Transform). Sygnały rejestrowane i analizowane w ramach badań opisywanych w referacie to sygnały niestacjonarne rejestrowane podczas działania maszyn wirnikowych lub sygnały wygenerowane na podstawie modeli matema-tycznych sygnałów rejestrowanych podczas działania takich maszyn.

Najważniejszym aspektem interpretacji charakterystyk czasowo-częstotliwościowych jest identyfikacja zmian składowych sygnałów. Zmiany

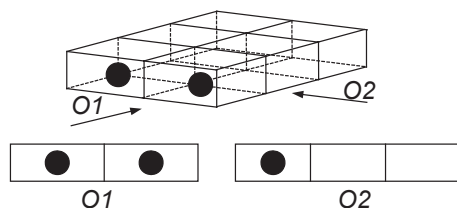
te mogą być rozpatrywane w czasie mikro i makro. Zmiany częstotliwości i amplitudy sygnałów są symptomami wystąpienia określonego zjawiska, które może być związane z wystąpieniem pewnej grupy niesprawności, a przez to zmiany stanu maszyny, stąd identyfikacja wartości zmiany jest równoznaczna z określeniem stanu technicznego, bądź niesprawności. Należy jednak podkreślić, że zbiór cech sygnałów, będący wynikiem ich analizy, jest nie tylko odzwierciedleniem zjawisk związanych z działaniem maszyny, ale również zjawisk zachodzących w otoczeniu maszyny. Z tego powodu interpretacja charakterystyk czasowo-częstotliwościowych oraz innych wyników analizy sygnałów jest często trudna. Zadanie to jest szczególnie skomplikowane, gdy obiekt jest złożony, a w sąsiedztwie działają inne obiekty.

Celem opisywanych badań było opracowanie metody interpretacji wyników analizy sygnałów i formułowania diagnozy dotyczącej stanu maszyny lub procesu przemysłowego. Podczas realizacji badań opracowano metodologię oraz procedury pozwalające na: obserwację sygnałów, analizę sygnałów, interpretację wyników analizy sygnałów i wnioskowania diagnostycznego. Opisany sposób interpretacji wyników analizy sygnałów oparto na koncepcji sceny dynamicznej, której założenia przedstawiono w kolejnym punkcie referatu. Referat opisuje etapy interpretacji wyników analizy sygnałów oraz formułowania diagnozy. W referacie pominięto opis metod analizy sygnałów. Pokazano przykładowe wyniki uzyskane z zastosowaniem opisanego metody.

2. SCENA DYNAMICZNA I KONTEKST

Przeprowadzone badania oparto na wielowymiarowej obserwacji obiektu technicznego. Obserwacja jest realizowana za pomocą zbioru sygnałów, które są analizowane przy zastosowaniu różnych metod dających w wyniku różne pod względem formatu (cechy dwu i trójwymiarowe) i dziedziny (cechy w dziedzinie czasu i częstotliwości) wyniki. Taka obserwacja i analiza sygnałów została porównana do obiektów rozpatrywanych na scenie. W przypadku opisywanych badań obiektami sceny są przebiegi cech sygnałów diagnostycznych. Cechy sygnałów niestacjonarnych zmieniają się w czasie, stąd rozpatrywana scena jest dynamiczna. Koncepcja sceny dynamicznej została opisana w [6], [7], [8]. W znaczeniu dosłownym przez scenę dynamiczną rozumie się zbiór obiektów, których cechy, takie jak: położenie, kolor i wielkość są funkcjami czasu [2]. Zgodnie z przyjętym podejściem scena dynamiczna to wynik obserwacji działania obiektu i analizy zarejestrowanych sygnałów. Przykładem sceny rozpatrywanej podczas badań jest zbiór takich obiektów jak: przebieg wartości średniej lub wartości średniokwadratowej, widma i przekroje charakterystyki czasowo-częstotliwościowej dla określonych wartości częstotliwości lub określonych chwil czasu. Jak wspomniano we wstępie, wymienione cechy mogą być nie tylko wynikiem działania badanych obiektów ale także innych zjawisk. Sposób interpretacji sceny dynamicznej został oparty na analogii do analizy sceny w znaczeniu dosłownym, gdzie obiekty sceny są rozpatrywane z uwzględnieniem różnych kryteriów. Przykładem takiej interpretacji jest wyróżnienie obiektów pierwszo i drugoplanowych. Analogicznie, można rozpatrywać obiekty z uwzględnieniem kryterium ruchu czy wyróżniać obiekty będące i niebędące tłem czy zakłóceniem.

Podejście to pozwala na uwzględnianie różnych grup kryteriów, a przez to na identyfikację zmian stanu obiektu w ramach określonej grupy kryteriów tworzących pewien kontekst [1], [4], [5]. Zastosowanie kontekstowego rozpatrywania sceny pozwala na jej analizę z zastosowaniem tylko tej części wiedzy, która jest istotna w określonym kontekście. Przykład kontekstowego rozpatrywania sceny pokazano na rys.1. Obserwatorów sceny oznaczono symbolami $O1$ i $O2$.

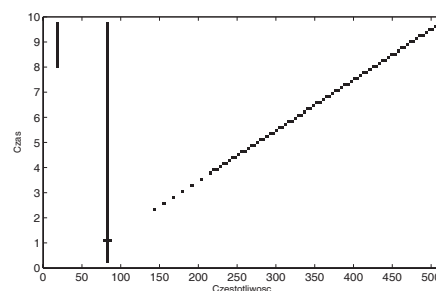


Rys.1. Przykład kontekstowego rozpatrywania sceny z zastosowaniem dwóch obserwatorów [3]

Scena dynamiczna wymaga określonego sposobu jej kodowania. Podczas badań założono, że identyfikacja zmian cech sygnałów będzie polegała na zastosowaniu możliwie najprostszymi algorytmów. Obiekty sceny dynamicznej zostały zakodowane w postaci prostych czarno-białych obrazów.

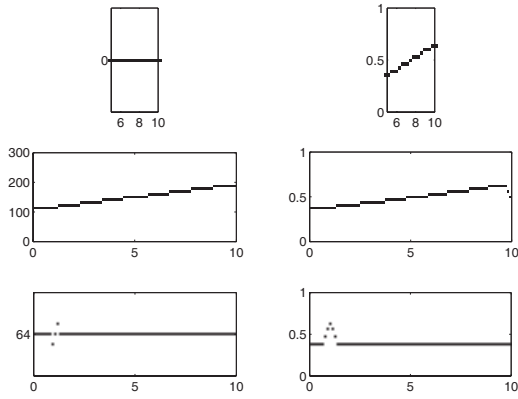
3. PRZETWARZANIE CECH SYGNAŁÓW

Analiza sygnałów, która była podstawą przeprowadzonych badań obejmowała niestacjonarne sygnały drganiowe oraz sygnały wygenerowane na podstawie modelu matematycznego. Do metod pozwalających na uzyskanie najlepszych wyników w analizie sygnałów niestacjonarnych należą metody oparte na STFT i WT, których wyniki prezentowane są w postaci charakterystyk czasowo-częstotliwościowych. Przetwarzanie takich charakterystyk do postaci obiektów sceny dynamicznej polegało w pierwszym kroku na transformacji obrazów kolorowych do postaci obrazów białych czarnych, a następnie na identyfikacji linii widocznych na charakterystyce, które odpowiadają składowym sygnałom. Kolejne etapy to identyfikacja przekrojów charakterystyki dla każdej zidentyfikowanej składowej oraz identyfikacja zmian wartości amplitudy w przekrojach charakterystyki. Przykład charakterystyki czasowo-częstotliwościowej przetworzonej do postaci obrazu czarno białego pokazano na rys.2. Charakterystyka jest wynikiem zastosowania analizy opartej na STFT. Sygnał analizowany został wygenerowany na podstawie modelu. Na charakterystyce widoczne są trzy linie odpowiadające trzem składowym sygnałom.



Rys.2. Charakterystyka czasowo-częstotliwościowa

Przekroje charakterystyki odpowiadające zidentyfikowanym składowym pokazano na rys.3.

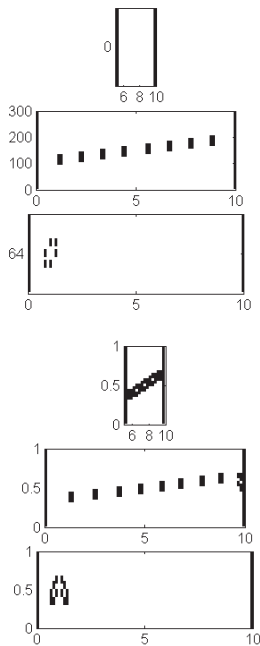


Rys. 3. Przebiegi częstotliwości i amplitudy zidentyfikowanych składowych sygnału

Lewa kolumna przedstawia przebiegi wartości częstotliwości składowych. Prawa kolumna zawiera przebiegi amplitudy składowych. Zidentyfikowane cechy sygnału są obiektami sceny dynamicznej.

4. ANALIZA SCENY DYNAMICZNEJ

Pierwszy etap analizy sceny polegał na identyfikacji zmian cech sygnałów diagnostycznych. Etap ten zrealizowano za pomocą prostych metod przetwarzania obrazów opartych na konwolucyjnej filtracji obrazów [9]. Obrazy zawierające zidentyfikowane zmiany dla składowych pokazanych na rys.3 pokazano na rys.4.



Rys.4. Obrazy reprezentujące zmiany cech sygnałów

Identyfikacja zmian została przeprowadzana w przedziałach, na które podzielono analizowane przebiegi. Identyfikacja zmiany polega na

określeniu chwili czasu lub wartości częstotliwości oraz wartości zmiany analizowanej wielkości. Dane dotyczące identyfikowanych zmian są zapisywane w macierzy zmian, której wiersze odpowiadają kolejnym przebiegom wartości cech (obiekty sceny dynamicznej), a kolumny są związane z opisem cech w dziedzinach czasu lub częstotliwości.

Opis zmiany jest pierwszym etapem syntaktycznej analizy obrazów reprezentujących zmiany. Opis ten jest definiowany jako uporządkowana trójka $z_n=[P_p, T, P_k]$, gdzie P_p i P_k są wartościami poziomów początkowego i końcowego analizowanej wartości cechy, a T jest długością przedziału, w którym zmiana zachodzi. Jako przykład takiego kodowania zmian można podać fragment macierzy zmian pokazanej w Tab.1, która zawiera zakodowane wartości zmienności amplitudy pierwszej składowej sygnału. W tabeli pokazano pierwsze dwa przedziały. W przedziałach tych składowa pierwsza (trend) nie była obserwowana, co jest spowodowane przyjętymi poziomami kwantowania cechy.

Tab.1. Fragment macierzy zmian

	I	II
Sk.I (f)	-	-
Sk.I (A)	-	-
Sk.II (f)	[1,250,3]	[3,250,5]
Sk.II (A)	[1,250,2]	[2,250,4]
Sk.III (f)	[5,70,5] [(2,7),60,(2,7)] [5,120,5]	[5,250,5]
Sk.III (A)	[5,50,5] [(2,9),90,(9,2)] [5,110,5]	[5,250,5]

Kolejny etap transformacji obiektów sceny polega na przekształceniu uporządkowanych trójek za pomocą alfabetu będącego zbiorem określonych symboli. Przyjęty alfabet nie został zamieszczony w referacie. Zapis zmian w postaci tego alfabetu jest podstawą do wnioskowania o występujących niesprawnościach lub zjawiskach zachodzących podczas działania obiektu. Celem tego przekształcenia jest charakterystyka zmienności cechy sygnału. Przykład przekształcenia trójek do postaci ciągów symboli przyjętego alfabetu pokazano w Tab. 2.

W opisywanych badaniach przyjęto dwa konteksty rozpatrywania obiektów sceny, zapisanych w postaci ciągów zawartych w Tab.2. Dla każdego z kontekstów przyjęto zbiory reguł wnioskowania. Ze względu na to, że w referacie pominięto kilka etapów przekształcania cech sygnałów (obiektów sceny) nie zamieszczono także zbiorów tych reguł. Ich prezentacja wymagałaby omówienia pominiętych etapów.

Tab.2. Zapis zmian w postaci ciągów symboli

	I	II	III	IV
Składowa I (f)	-	-	A	A
Składowa I (A)	-	-	B	B
Składowa II (f)	B	B	B	B
Składowa II (A)	B	B	B	B
Składowa III (f)	ANA	A	A	A
Składowa III (A)	ANA	A	A	A

Pierwszy kontekst rozpatrywania sceny związany jest z rozpoznawaniem obiektów sceny (cech sygnałów), które są zależne od zmian warunków działania. Zastosowaniem drugiego kontekstu odpowiada za rozpoznawanie typowych niesprawności maszyny wirnikowej. Wyniki zastosowania kontekstowego rozpatrywania sceny zawierającej cechy sygnału, którego charakterystyka została pokazana na rys.2. przedstawiono w Tab. 3.

Tab.3. Przykład tablicy zawierającej wyniki wnioskowania

	I	II	III	IV
Sk. I	-	-	T	To
Sk. II	N	N	N	N
Sk. III	T	T	T	T

Termin „niewyrównowazenie” oznacza, że składowa w danym przedziale jest symptomem niewyrównowazenia. Termin „tło” wskazuje, że zidentyfikowana składowa nie jest związana ze zmianami warunków działania obiektu i nie jest wynikiem wystąpienia jednej z typowych niesprawności. Składowe takie mogą być wynikiem zjawisk zachodzących w otoczeniu obserwowanego obiektu. Znak „-”, oznacza, że w danym przedziale nie została zidentyfikowana określona składowa. Przykładowo składowa I jest identyfikowana tylko w przedziałach III i IV.

5. WNIOSKI I PLAN PRZYSZŁYCH BADAŃ

Wyniki badań opisywanych w referacie dowiodły, że zastosowane metod analizy obrazów kontekstowej analizy sceny dynamicznej daje poprawne wyniki w identyfikacji uszkodzeń maszyny wirnikowej. Bardzo istotny wydaje się sposób przekształcania wyników analizy do postaci sceny dynamicznej, co w dalszej kolejności pozwala na kontekstowe jej rozpatrywanie. Przeprowadzone badania dowiodły także, że konieczna jest modyfikacja zastosowanych algorytmów oraz ich rozszerzenia w celu pełnego wykorzystania możliwości, jakie daje kontekstowe rozpatrywanie sceny. Prowadzone obecnie prace mają na celu opracowanie algorytmów, które

pozwolą na zdefiniowanie kontekstów związanych z diagnostyką poszczególnych podzespołów złożonej maszyny wirnikowej. Podejście takie będzie umożliwiać interpretację wyników analizy sygnałów rejestrowanych podczas działania maszyn złożonych. Należy podkreślić, że interpretacja takich wyników jest szczególnie trudna.

LITERATURA

- [1] Akman.V.: Steps Toward Formalizing Context, Mehmet Surav 17(3): Fall 1996, 55-72.
- [2] Duda R. O., Hart P. E.: Pattern Classification and Scene Analysis. John Wiley & Sons, LTD 1980.
- [3] Ghindini C., Giunchiglia F. (2001). Local Models Semantics, or contextual reasoning = locality + compatibility. Artificial Intelligence 127. s. 221 – 259.
- [4] Gonzales A. J., Ahlers R. (1999). Context-based Representation of Intelligent Behavior in Training Simulations. Transaction of Society for Computer Simulation International, Vol. 15, no. 4, March, s. 153 – 166.
- [5] McCarthy J. (1993). Notes on formalizing context. In: A. Aliseda, R. J. van Glabbeek, D. Westerstahl (eds.) Computing Natural Language, Center for the Study of Language and Information, Stanford University, CA, s. 13 – 50.
- [6] Timofiejczuk A.: Koncepcja opisu działania maszyny w postaci sceny dynamicznej. II Kongres Diagnostyki Technicznej, Warszawa 2000.
- [7] Timofiejczuk A.: Koncepcja automatycznej identyfikacji stanu obiektu w zmiennych warunkach działania. XXVIII Ogólnopolskie Sympozjum "Diagnostyka Maszyn", Węgierska Górka 2001.
- [8] Timofiejczuk A.: Application of diagnostic system based on dynamic scene identification. 16th AeroSense Meeting on Aerospace/Defense Sensing, Simulation and Control, Orlando, Florida, 2002.
- [9] Timofiejczuk A.: Zastosowanie analizy obrazów w identyfikacji zmian sygnałów diagnostycznych. XXIX Ogólnopolskie Sympozjum "Diagnostyka Maszyn", Węgierska Górka, 2002.



Anna TIMOFIEJCZUK jest adiunktem w Katedrze PKM Politechniki Śląskiej. Jej naukowe zainteresowania to: metody analizy sygnałów niestacjonarnych, analiza i przetwarzanie obrazów, diagnostyka techniczna i metody wnioskowania diagnostycznego.