

XI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA TEORII MASZYN
I MECHANIZMÓW11th POLISH CONFERENCE ON THE THEORY OF MACHINES
AND MECHANISMS

27—30. 04. 1987 ZAKOPANE

Wiesław CHODASEWICZ

Instytut Mechaniki
i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska
GliwiceSEKWENCYJNA METODA ROZPOZNAWANIA WZORCÓW
WIDM SYGNAŁÓW

Streszczenie. Opisana metoda polega na traktowaniu badanego widma jako sekwencji kolejnych podobrazów w nim występujących (zbrocza, plateau, szum). W ten sposób zapisywana jest postać widma. Wymiar stanowi atrybut postaci i pełni rolę pomocniczą. Pokazano sposób konstruowania wzorców na podstawie zbioru uczącego oraz sposób ich rozpoznawania na podstawie miar podobieństwa badanego widma do wzorców. Metoda ta jest obecnie stosowana w IMiPKM w badaniach diagnostycznych maszyn.

Wstęp

Syntaktyczne podejście do analizy, opisu i rozpoznawania wzorców opiera się na założeniu formalnej analogii pomiędzy strukturą obrazu a strukturą języka. Obraz traktowany jest jako kompozycja podobrazów, a ten z kolei jako kompozycja elementów uznanych za podstawowe. Ze względu na przyjętą analogię zbiór opisów obrazów tego samego typu nazywany będzie językiem, opis obrazu - zdaniem, opis podobrazu - słowem, a podstawowe elementy podobrazu nazywane będą literami. Zbiór reguł opisujących składnię zdania nazywany jest gramatyką opisu obrazu.

W niesyntaktycznych metodach rozpoznawania obrazów widmo wprowadzane jest do punktu w N-wymiarowej przestrzeni cech sygnału. Konsekwencją (i często wadą) takiego podejścia jest pomijanie informacji dotyczących sekwencji występowania poszczególnych podobrazów (słów), takich jak np. lokalne dominanty widma. Z praktyki analizy widmowej wynika, że informacja taka często jest istotna. Podejście syntaktyczne, którego istotą jest

właśnie opis sekwencji może stanowić cenne w tym względzie uzupełnienie metod stosowanych dotychczas w diagnostyce maszyn.

Syntaktyczny opis obrazu może być realizowany na dwóch poziomach szczegółowości:

- na poziomie podobrazów,
- na poziomie "liter" w podobrazach.

Warto zauważyć, że oprócz informacji typu syntaktycznego można również wprowadzić informacje typu semantycznego, tj. miary, jako dodatkowe cechy obrazu uwzględniane w procesie rozpoznawania. Miary te nazywane są atrybutami.

Składnia zdania stanowiącego opis obrazu określana jest gramatyką opisu obrazu G definiowaną [1] jako czwórka:

$$G = \{V_N, V_T, P, S\}$$

gdzie:

- V_N - skończony zbiór symboli pomocniczych (zmiennie),
- V_T - skończony zbiór symboli elementarnych (liter),
- $S \in V_N$ - symbol startowy,
- P - skończony zbiór reguł wyprowadzeń i podstawień oznaczonych jako $\alpha - \beta$;
 α i β oznaczają tu grupy symboli ze zbiorów V_N i V_T .

Każda reguła gramatyczna może być wykorzystywana dowolną liczbę razy. Dzięki temu można w zwarty sposób opisać strukturę dużej liczby obiektów wykorzystując niewielkie zbiory liter i zmiennych oraz zbiór reguł podstawień P . Wszystkie zdania są wyprowadzone z symbolu startowego S i składają się z symboli V_T , czyli liter.

Po przedstawienu badanych obrazów w postaci sekwencji liter następnym krokiem może być identyfikacja gramatyki, która określi język opisu obrazów. Nie istnieje dotychczas ogólna metoda identyfikacji gramatyki na podstawie zbioru danych uczących. Trudność i wagę zagadnienia określenia gramatyki powiększa fakt, że każda reguła gramatyczna może być wykorzystywana dowolną liczbę razy, co pozwala otrzymać wiele różnych zdań (wygenerować język) przy użyciu tej samej gramatyki. Istotne jest, aby wszystkie zdania były zgodne ze strukturą "zbioru uczącego". Trudności te powiększa fakt, że prawie zawsze mamy do czynienia z obrazami zakłóconymi szumem pomiarowym, którego skutkiem są błędy segmentacji, rozpoznania liter, słów oraz relacji pomiędzy nimi [1, 2]. Może to prowadzić do błędnych zdań "uczących" i zwiększa ryzyko skonstruowania błędnej gramatyki jako wzorca do rozpoznawania.

Z powyższych powodów na obecnym etapie badań zrezygnowano z wyznaczania gramatyki rozumianej jako wzorec dla danej klasy zdań i zaproponowano inną metodę postępowania.

Sposób opisu widma sygnału

Przedstawiona metoda opisu widm i rozpoznawania wzorców została zaproponowana dla potrzeb badań diagnostycznych maszyn [3]. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń przyjęto następujące założenia:

- widma dane są w postaci dyskretnej,
- widmo sygnału reprezentowane jest przez pojedyncze zdanie w danym języku (obraz),
- przez słowa (podobrazy) widma rozumiemy: zbocza, szum i plateau,
- literami nazywamy fragmenty widma pomiędzy dwoma kolejnymi prążkami,
- rzędna poszczególnych prążków widma wyrażone są w decybelach,
- widma "przeglądane" są od lewej strony ku prawej,
- widma porównywane pomiędzy sobą mają tę samą liczbę prążków,
- metoda powinna umożliwić opracowanie systemu programów działających w trybie konserwacji z operatorami.

Pierwszą operacją po wprowadzeniu widma do pamięci komputera jest jego rozbiór gramatyczny, w wyniku którego otrzymuje się syntektyczny (litery) i semantyczny (atrybuty) opis widma.

Przyjęto, że opis pojedynczego widma dla potrzeb rozpoznawania wzorców składa się z następujących elementów:

- sekwencja liter,
- sekwencja słów,
- zbiór atrybutów.

Alfabet liter

Identyfikacja liter polega na wyznaczeniu różnic Δ_1 poziomów pomiędzy kolejnymi prążkami widma, przy czym $\Delta_1 = L_{i+1} - L_i$. W wyniku badań wstępnych przyjęto następujące przedziały odpowiadające poszczególnym literom:

- P: $-1 < \Delta_1 < 1$ dB
 a: $+1 < \Delta_1 < +3$ dB
 b: $+3 < \Delta_1 < +6$ dB
 c: $6 < \Delta_1$
 d: $-3 < \Delta_1 < -1$ dB
 e: $-6 < \Delta_1 < -3$ dB
 f: $\Delta_1 < -6$ dB
 s: SZUM

Graniczną wartość poziomu składowych uznawanych za szum określa operator.

Powyższe wartości mogą zostać zmienione zależnie od rozwiązywanego problemu.

Słownik i klasyfikatorów słów

Rozpoznawanie podobrazów (słów) w badanym widmie przeprowadza się na podstawie sekwencji liter w słowie. Proponuje się następujący słownik klasyfikatorów słów:

- A - Zbocze narastające wypukłe
- B - Zbocze narastające płaskie
- C - Zbocze narastające wklęsłe
- D - Zbocze opadające wypukłe
- E - Zbocze opadające płaskie
- F - Zbocze opadające wklęsłe
- P - Plateau
- S - Szum

Przewiduje się modyfikację słownika (w szczególności dotyczy to klasyfikatorów zboczny, np. zbocze "strome", "łagodne" itp.).

Zbocze uważa się za narastające, jeżeli:

- co najmniej 4 kolejne prążki mają poziomy rosnące, a globalna różnica poziomów pomiędzy poziomami prążków przekracza 3 dB,
- 2 lub 3 kolejne prążki mają poziomy rosnące, a globalna różnica pomiędzy tymi poziomami przekracza 6 dB.

Zbocze uważa się za opadające, jeżeli:

- co najmniej 4 kolejne prążki mają poziomy malejące, a globalna różnica poziomów pomiędzy nimi przekracza 3 dB,
- 2 lub 3 kolejne prążki mają poziomy malejące, a globalna różnica pomiędzy nimi przekracza 6 dB.

Pozostałe podobrazy widma uważa się za plateau lub za szum zależnie od poziomów ich składowych. Klasyfikatory zboczny identyfikuje się na podstawie sekwencji liter składających się na dane słowo.

Atrybuty słów

Opis syntaktyczny widma uzupełniony jest zbiorami atrybutów będących informacjami typu semantycznego. Są nimi:

- numery prążków określające położenie istotnych dominant widma,
- numery prążków określające położenie prawego skraju poszczególnych słów widma,
- poziomy składowych w punktach określonych przez atrybuty wzorca (patrz p. 3).

Przedstawione atrybuty stanowią jedno z kryteriów podobieństwa pomiędzy widmem i wzorcem.

Konstruowanie wzorców sekwencji słów na podstawie zbioru danych uczących

Zakładamy, że zbiór danych uczących składa się z m widm wyznaczonych dla pewnej liczby sygnałów, które a priori przypisujemy do jednej klasy. Może to być np. zbiór sygnałów widrozkustycznych uzyskanych dla maszyn o tej samej konstrukcji i zbliżonym stanie technicznym. W wyniku rozbioru gramatycznego uzyskuje się sekwencje słów odpowiadające poszczególnym widmom. Ponieważ widma nie są identyczne, przeto liczba słów, ich długości oraz sekwencje takie nie będą identyczne, jednakże suma liter poszczególnych słów widma będzie stała.

Pierwszym krokiem przy konstruowaniu wzorca jest przeglądanie zbioru uczącego w celu identyfikacji numerów prążków określających położenie prawego skraju każdego ze słów (podobrazów) występujących w widmach. W wyniku otrzymuje się zbiór przedziałów częstotliwości, których zawartość będzie badana. Podczas drugiego przeglądania zbioru uczącego badane są słowa zawarte w poszczególnych przedziałach oraz odczytywane rzędne prawego skraju każdego przedziału. Ponieważ każdy kolejny przedział widma zawiera jedno słowo, przeto numer przedziału będzie nazywany "pozycją" słowa w zdaniu.

Wynikiem dwukrotnego przeglądania zbioru "uczącego" jest wzorec danej klasy widm. Wzorec ten składa się z następujących elementów:

- Sekwencja słów, dla których prawdopodobieństwa występowania na kolejnych pozycjach są w zbiorze uczącym największe.
- Histogramy występowania poszczególnych słów ze "słownika" na określonej pozycji w zdaniach "uczących".
- Zbiór numerów prążków określających prawe krańce przedziałów widma.
- Rozkłady rzędnych widm odpowiadające prawym krańcom poszczególnych przedziałów widm.

Należy zauważyć, że w każdym z przedziałów może wystąpić w danym widmie tylko pojedyncze słowo, choć słowa te mogą być różne dla poszczególnych zdań. Dzięki takiemu podejściu wszystkie zdania zbioru uczącego będą zawierać tę samą liczbę słów.

Ocena podobieństwa pomiędzy badanym widmem i wzorcem

Ocena podobieństwa pomiędzy zdaniem badanym i wzorcowym może być przeprowadzona na podstawie:

- a) Sekwencji słów w zdaniach.
 b) Sekwencji liter w słowach i zdaniach.

Oprócz kryteriów opartych na sekwencjach wykorzystuje się kryteria pomocnicze oparte na zbiorach atrybutów.

Sposób oceny podobieństwa zdań na podstawie sekwencji liter autor opisał w pracy [3].

W niniejszej pracy opisany zostanie sposób oceny podobieństwa na podstawie sekwencji słów.

Ocenę podobieństwa pomiędzy zdaniem badanym i wzorcowym wyznacza się przez porównanie ich struktury syntaktycznej na podstawie liczby zaobserwowanych "błędów". Rozważania dotyczące możliwych rodzajów błędów opisano w pracach [1] i [3]. Odległość x, y pomiędzy zdaniem badanym a wzorcowym jest sumą ważonych błędów podstawienia poszczególnych słów i dla zdań zawierających po k słów wynosi:

$$x, y = \sum_{i=1}^k \delta_i$$

gdzie:

δ_i - jest ważonym błędem podstawienia słowa na i -tej pozycji.

Ważone błędy podstawienia δ_i wyznacza się na podstawie histogramu występowania w zbiorze zdań uczących poszczególnych słów na i -tej pozycji zdania:

$$\delta_i = 1 - \frac{p_i}{p_{i\max}}$$

gdzie:

p_i - prawdopodobieństwo wystąpienia danego słowa na i -tej pozycji w zbiorze uczącym,

$p_{i\max}$ - maksymalne prawdopodobieństwo wystąpienia jednego ze słów na i -tej pozycji.

W wypadku gdy wzorec jest pojedynczym widmem, wartość δ_i wynosi 0 lub 1, zależnie czy słowa na danej pozycji są czy nie są identyczne. Tak określona odległość pomiędzy zdaniami jest ważoną odległością Levensteina pomiędzy nimi i stanowi kryterium ich podobieństwa.

LITERATURA

- [1] FU K.S.: Syntactic Models for Image Analysis. DAGM Symp. Hamburg 1981.
- [2] FU K.S.: Towards Unification of Syntactic and Statistical Pattern Recognition, Proceeding of the 3-rd Scandinavian Conference on Image Analysis.
- [3] IMiPKM. Praca Naukowo-Badawcza NB-81/RMT-4/82. Ocena stanu maszyn metodami wibroakustycznymi. Gliwice 1985.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗЦОВ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ

Р е з ю м е

В работе показан метод распознавания образцов при помощи кадров типичных элементов спектра (склоны, плато, шум). В виброакустической диагностике машин существуют два типа задач для этого метода

- классификация спектров по классам на основе сходства с образцами этих классов,
- построение образцов на основе упорядоченного множества спектров (для машин в таком-же техническом состоянии).

Описанный метод специально удобен для спектров, искаженных измерительным шумом, что очень часто встречается в промышленных условиях измерений.

THE SEQUENTIAL METHOD OF PATTERN RECOGNITION IN SPECTRAL ANALYSIS OF SIGNALS

S u m m a r y

The paper deals with the method of pattern recognition based on sequency of typical elements of the spectra shape. In the domain of diagnostics there are two areas of application of the method:

- classification of spectra into corresponding classes (based on patterns and chosen set of criteria),
- creating the patterns according to the set of learning data.

The method is useful in the case when the input acoustic or other signal is distorted by measurement noise.

The possibilities of application the proposed method for investigations of machine vibration is also presented in the paper.

Recenzent: Doc. dr hab. Wojciech Batko

Wpłynęło do redakcji: 20.XI.1986 r.