

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ПРИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

к.т.н. А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова
(представил проф. д.т.н. Е.А. Артеменко)

Рассматривается проблема оптимизации пространства признаков при структурной идентификации квазипериодических сигналов путем построения функции рельефа.

Достаточно широкий класс задач в радиолокации, акустике, медицине и так далее сводятся к структурной идентификации квазипериодических сигналов (то есть выделению информативных фрагментов сигнала на фоне помех). В свою очередь, задача структурной идентификации сводится к задаче распознавания образов. Известны два больших класса методов распознавания образов [1, 2]: интенциональные методы распознавания образов (то основанные на операциях с признаками) и экстенциональные методы распознавания образов (основанные на операциях с объектами).

Одним из основных этапов обработки квазипериодических сигналов является выделение структурных элементов. При ручной обработке, когда эти элементы выделяет человек, он интуитивно использует экстенциональные методы распознавания образов. Причем человек использует наиболее простой экстенциональный метод распознавания - метод сравнения с прототипом [2]. Обычно в качестве точки-прототипа выбирается центр геометрической группировки класса ω_i (или ближайший к центру объект), определяемый как

$$Z_i = (X_1 + X_2 + \dots + X_{N_i}) / N_i,$$

где $X_j, j = \overline{1, N_i}$ - объекты класса ω_i ;

N_i - количество объектов в классе ω_i .

Для классификации неизвестного объекта X находится ближайший к нему прототип Z_i , и объект относится к тому же i - му классу, что и

© к.т.н. А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова, 1998

этот прототип.

Фундаментальная теоретическая проблема экстенциональных методов состоит в поиске ответа на вопрос, какое множество признаков и какие методы близости объектов в пространстве признаков нужно использовать для получения заданного (наилучшего) эффекта распознавания. Экстенциональные методы распознавания образов носят безусловный характер [1, 3]. На практике обычно имеет место высокая размерность описания объектов, а объем экспериментального материала ограничен. Поэтому применение этих методов напрямую, без прохождения этапа выделения наиболее информативного подпространства, часто не может привести к положительным результатам. Таким образом, несмотря на безусловность экстенциональных методов распознавания образов, их применению должен обязательно предшествовать этап нахождения наиболее информативного подпространства признаков.

Задача поиска группы информативных признаков при построении алгоритмов распознавания формулируется следующим образом [1]. Пусть $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1, p}$ исходное множество признаков и задан некоторый критерий качества распознавания J . Обозначим $X_k \in X$ группу из n признаков, которая имеет наилучшее значение критерия качества решения задачи распознавания $J(X_k)$ по сравнению с любой другой группой $X_k^{(1)} \in X$, то есть

$$J(X_k) = \max_1 J(X_k^{(1)}).$$

Известно множество алгоритмов выделения X_k , начиная от полного перебора до целенаправленных алгоритмов сокращения размерностей. Но процедура выделения X_k не всегда приводит к удовлетворительному результату, в частности, в задаче структурной идентификации квазипериодических сигналов, потому что человек при анализе сигналов использует характеристики не отдельных точек, а целых участков сигнала, которые включают в себя отношения характеристик отдельных точек (характеристики склонов, впадин, зубцов, их взаимного расположения и т.д.), то есть работает в другом, более информативном пространстве Y .

Предлагается адаптивный алгоритм преобразования исходного пространства признаков $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$ (x_i - координаты всех точек фрагмента сигнала) к новому пространству $X \rightarrow Y$, где $Y = \{y_i\}$, $i = \overline{1, p}$,

$p < n$ (y_i - характеристики структурных элементов). При таком преобразовании преследуется цель повышения диагностической способности и сокращения размерности.

В качестве прототипа выбирается фрагмент сигнала длиной n точек, который по мнению человека является наиболее характерным (например, наиболее типичный зубец). В дальнейшем автоматически происходит построение пространства признаков Y в виде некоторой зависимости каждого признака y_i от координат точек пространства X . Эти зависимости выбираются из набора опорных функций, которые должны описывать существенные характеристики фрагмента сигнала:

$$y_i = P_i(a_1, a_2 \dots a_L, x_m, x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_{m+k-1}),$$

где a_k , $k = \overline{1, L}$ - параметры (коэффициенты) опорной функции;

x_j , $j = \overline{m, m+k-1}$ - координаты точек выбранного фрагмента сигнала; k - количество точек в пространстве X , определяющих признак y_i .

Расстояние любого выбранного фрагмента сигнала при его сканировании в пространстве Y с метрикой R до эталона характеризуется некоторой функцией, названной в [4] функцией рельефа:

$$Fr_j = d(Y_j, Z, R),$$

где Y_j - описание j -го фрагмента сигнала в пространстве Y ;

Z - описание прототипа (для каждого прототипа строится своя функция рельефа);

R - метрика пространства Y .

Конечной целью адаптивного алгоритма является построение наиболее удачной функции рельефа Fr_j в классе заданных опорных функций с оптимальным значением параметров $a_1, a_2 \dots a_L$. В простейшем случае в качестве опорных функций выбираются разделенные разности

$$P_i(a_1, a_2, \dots, a_L, x_m, x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_{m+k-1}) = \Delta_i^{(L)},$$

где $\Delta_i^1 = \frac{x_k - x_j}{k - j}$ - разделенная разность первого порядка;

$\Delta_i^2 = \frac{\Delta_m^1 - \Delta_n^1}{m - n}$ - разделенная разность второго порядка, хотя могут

использоваться другие опорные функции, например, аппроксимирующие полиномы.

Функция рельефа должна быть инварианта к амплитудным откло-

нениям, то есть учитывается не амплитуда данного участка, а соотношение амплитуд всех точек фрагмента сигнала, и инвариантна к временным сдвигам. Так как предполагается, что каждая точка сигнала может являться началом структурного элемента, производится сканирование сигнала со сдвигом на одну точку. Эти требования к функции рельефа обусловлены тем, что реальный сигнал, как правило, зашумлен, причем для квазипериодических сигналов не известен период, а также возможны существенные его изменения.

Предлагаемый адаптивный алгоритм строит функцию рельефа путем структурной и параметрической оптимизации. Параметрическая оптимизация заключается в том, что после задания границ эталонного фрагмента делается попытка описания структурного элемента наиболее простой опорной функцией (например, разделенной разностью первого порядка), и целенаправленно изменяются ее параметры. Изменение производится до тех пор, пока диагностические свойства улучшаются.

При структурной оптимизации усложняется вид опорной функции для данного фрагмента. Это можно осуществить путем перехода к разделенной разности второго порядка, полиному более высокой степени и т.д. Для нового описания повторяется параметрическая оптимизация. Процесс продолжается до получения требуемых диагностических свойств. Если они вообще не улучшаются, то предлагается повторное описание тех фрагментов, которые по мнению человека относятся к данному классу, а к нему не были отнесены адаптивным алгоритмом.

Таким образом, предложен единый подход преобразования исходного пространства признаков при идентификации структурных элементов различных типов квазипериодических сигналов и выделение этих фрагментов с помощью функции рельефа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. - Санкт - Петербург: Братство, 1994. - 364 с.
2. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. - М.: Высшая школа, 1989.
3. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. - М.: Наука, 1974. - 418 с.
4. Поворознюк А.И., Фоменко А.Е. Об одном методе выделения структурных элементов квазипериодических сигналов //Сб. науч. тр.: Вестник ХГПУ № 21. Применение вычислительных систем. Выпуск 2. -

Харьков: ХГПУ, 1997. - С. 69 - 71.

5. Хант Э. Искусственный интеллект. - М.: Мир, 1978.