

«Компьютерное моделирование в науке и технике»,
Андорра, 9-16 марта 2012 г.

Биологические науки

**ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ
КЛАССИФИКАЦИИ ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МЕДЛЕННЫХ
ВОЛН СИСТЕМНЫХ РИТМОВ**

Волков И.И., Томаков М.В., Филист С.А.

*Юго-Западный государственный университет,
Курск, e-mail SFilist@gmail.com*

Функционирование живого объекта сопровождается взаимосвязанными процессами, обеспечивающими многоуровневый механизм поддержания его жизнедеятельности. В таких системах особенно актуально исследование процессов, в которых в результате наложения множества системных ритмов, сигналы, несущие информацию о состоянии систем объекта, приобретают сложную форму, характеризующую совокупность циклических составляющих различных уровней, отличающихся по амплитуде, фазе, частоте.

Проведенные экспериментальные исследования над тестовыми и реальными сигналами, характеризующими состояния сложных систем, показали, что как частотный, так и частотно-временной анализ не являются эффективным инструментом для выделения параметров модуляции из квазипериодического сигнала [1].

Для выделения из квазипериодического низкочастотного сигнала информативных признаков, характеризующих параметры его модуляции – медленной волны, предложена гибридная технология, которая позволяет, используя определенные подходы к анализу квазипериодического сигнала, получить такую технологию обработки данных, благодаря которой используемые методы совершенствуют приемы обработки от этапа к этапу, компенсируя недостатки предшествующих методов.

Предлагаемый гибридный метод анализа квазипериодического сигнала реализует следующую технологию обработки данных.

Исходный сигнал $X(t)$, определяющий состояние живого объекта или одной из его систем, поступает на два обрабатывающих блока: селектор медленных волн и синтезатор вейвлет-плоскости.

Селектор медленных волн посредством оконного преобразования Фурье (ОПФ) входного сигнала выделяет спектральные дуги, определяет их вейвлет-преобразование и проводит морфологический анализ реперных строк полученной вейвлет-плоскости. В результате этой процедуры определяются медленные волны, доступные для анализа.

В базу состояний живых объектов вводится некоторое состояние или класс состояний, при-

надлежность к которому необходимо установить у исследуемого объекта на основании анализа вектора состояния объекта $X(t)$.

В соответствии с прошивкой, каждый селектор номеров строк вейвлет-плоскости, соответствующих определенной медленной волне, передает на вход блока вычисления ОПФ только ограниченное количество строк из сегмента вейвлет-плоскости, соответствующего этой медленной волне.

Кроме того, селектор системных ритмов может обнаружить не все системные ритмы, имеющиеся в базе данных для тестового состояния объекта. В этом случае имеем дело с динамической структурой пространства информативных признаков на входе классификатора, в качестве которого в данной системе используется нейронная сеть прямого распространения. В связи с тем, что пространство информативных признаков динамическое, в систему классификации введена база моделей нейронных сетей, которая изменяет структуру нейронной сети в зависимости от того, какие медленные волны обнаружены селектором системных ритмов. База моделей нейронной сети управляется бинарными выходами селектора.

Над каждой выбранной строкой вейвлет-плоскости осуществляется ОПФ. Если для анализа состояний живого объекта используется N медленных волн, а анализируется M состояний объекта, то в классифицирующей модели используется $N \times M$ блоков ОПФ. Если число значимых строк вейвлет-плоскости меньше N , то есть селектор обнаружил не все медленные волны, доступные для анализа в данной классифицирующей системе, то соответствующие блоки ОПФ не используются, что осуществляется посредством коммутатора информативных признаков, который отключает выходы соответствующих блоков ОПФ от входов нейронной сети. Точно так же не используются блоки информативных признаков, если соответствующая медленная волна не входит в совокупность, определяемую тестируемое состояние. Если не обнаружена соответствующая медленная волна, то от входов нейронной сети отключаются все выходы ее блоков ОПФ. Эту операцию реализует база моделей нейронной сети. База моделей нейронной сети получена в среде Matlab.

Для каждого состояния живого объекта выбирается совокупность медленных волн, релевантных для этого состояния, а селектор определяет доступные медленные волны. Для каждой выделенной медленной волны формируется блок информативных признаков, который

поступает на соответствующие входы нейронной сети прямого распространения. Нейронная сеть работает как бинарный классификатор для каждого текущего вектора состояния системы и заданного состояния на входе базы состояния объектов.

Работа была выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Филист С.А. Многомерная частотная селекция в задачах анализа медленных волн / А.П. Белобров, А.А. Кузьмин, С.А. Филист // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – №2. – С. 4–10.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ СЛОЖНОСТРУКТУРИРУЕМЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Томакова Р.А., Насер А.А., Шаталова О.В.

*Юго-Западный государственный университет,
Курск, e-mail tomakova@rambler.ru*

Решение задач в области цифровой обработки изображений требуют большого объема экспериментальных исследований, использования специализированного математического обеспечения и многократного тестирования с привлечением большой базы изображений из предметной области исследования. Поэтому актуальным является выбор гибкого и всеохватывающего математического аппарата для разработки конкретных приложений.

Многие изображения не имеют четкого морфологического описания сегментов и относятся к классу сложноструктурируемых изображений. При этом сложности структурирования таких изображений обусловлены как природой самого изображения, так и зашумленностью изображений. При анализе сложноструктурируемых изображений используются методы, основанные на поэтапном анализе, включающем получение ряда альтернативных решений, оценки их достоверности и формирование окончательного решения [1].

Большинство задач идентификации и классификации сложноструктурируемых изображений реализуется по схеме:

сегментация → *формирование пространства информативных признаков* → *классификация*.

Как правило, большинство способов сегментации изображений приводят к неоднозначному решению, так как топология границы сегмента определяется эмпирически выбираемым «порогом». Этот недостаток сегментации одновременно является и достоинством, так как позволяет реализовать скользящее «окно» простым варьированием «порога». При этом получаем множество сегментов, от которого

переходим к множеству числовых рядов. От множества числовых рядов переходим к множеству спектральных рядов, каждый из которых может рассматриваться как координаты точки в многомерном пространстве. Далее достаточно ввести норму в этом пространстве и определить расстояния каждой выделенной точки до эталона.

В большинстве задач анализа медицинских изображений важно идентифицировать объект, а уже потом определить его размеры. При этом для формирования информативных признаков предпочтительно использовать дескрипторы Фурье, полученные в «плавающих» декартовых координатах (центр декартовых координат совпадает с некоторой реперной точкой сегмента). Анализ этих спектров позволяет сделать вывод, что качественный состав спектров инвариантен к масштабному преобразованию, а увеличение длины «окна» наблюдения сигнала позволяет увеличить разрешающую способность спектрального анализа. Каждый эталон является своеобразным фильтром, который последовательно применяется к спектрам, полученным в скользящем «окне».

Согласно предложенной технологии классификации окончательное решение принимается на основании решающих правил продукционного типа или нечеткого логического вывода по результатам фильтрации спектров границ сегментов, полученных в скользящем «окне», фильтром-эталонном.

В связи с выше изложенным, был предложен следующий *способ формирования пространства информативных признаков* в задачах классификации сегментов с использованием дескрипторов Фурье. На первом этапе задаем общее число отсчетов в контурах границ сегментов, которое должно быть одинаковым для всех контрольных и обучающих выборок. Это число определяется по результатам статистических исследований и в данных исследованиях принято равным максимальному значению в обучающей выборке, например 500. В принципе, программное обеспечение позволяет задавать произвольное число отсчетов. Дополнительные отсчеты можно получить в результате интерполирования замкнутой кривой, соответствующей контуру границы сегмента. В нашем случае такой путь неприемлем, так как контур дискретизирован с предельной частотой дискретизации, то есть один пиксель.

Тогда обратимся к спектральной области. Известно, что интерполяция в пространстве сигналов соответствует увеличению полосы частот, занимаемой сигналом, в спектральной области. Следовательно, если заполнить высокочастотную часть спектральной полосы нулями и тем самым довести число отсчетов в спектре каждого контура границы сегмента до максимального (500), то в пространстве сигналов по-