

УДК 681.88, 004.93

КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО ДИСКРЕТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ ШУМОПЕЛЕНГАЦИИ

Андреев Олег Александрович

Начальник сектора;

АО «НИИ «Атолл»;

Россия, 141981, г. Дубна Московской области, ул. Приборостроителей, 5;

e-mail: wert_of_mor@mail.ru.

Существует проблема обеспечения требуемой вероятности правильной классификации морских объектов при использовании классификационных признаков, определяемых по энергетическим спектрам сигналов шумопеленгации. Данная проблема может быть решена за счет использования в качестве классификационного признака энергетического спектра сигналов шумопеленгации морских объектов. В настоящей работе рассматривается решение задачи классификации морских объектов по дискретной составляющей энергетических спектров сигналов шумопеленгации с использованием статистических методов и полигауссовских вероятностных моделей.

Ключевые слова: классификация, полигауссовские вероятностные модели, сигналы шумопеленгации.

CLASSIFICATION OF MARINE OBJECTS BY DISCRETE PART OF POWER SPECTRAL DENSITY OF NOISE DETECTION SIGNALS

Andreev Oleg

Head of sector;

JSC «SRI «Atoll»;

Russia, 141981, Moscow region, Dubna, Priborostrouteley str., 5;

e-mail: wert_of_mor@mail.ru.

There is a problem of providing the required probability of correct classification of marine objects using classification signs, defined by power spectral density of noise detection signals. The problem can be solved by using power spectral density of noise detection signals as a classification sign. In present paper a solution to the problem of classification of marine objects by discrete part of power spectral density of noise detection signals using statistical methods and polygaussian probabilistic models is discussed.

Keywords: classification, polygaussian probabilistic models, noise detection signals.

Введение

Решение задач классификации различного рода основывается на использовании классификационных признаков (КП) – некоторых величин или характеристик, отражающих отличительные особенности классифицируемых процессов (явлений, объектов).

КП, используемые для решения задач классификации морских объектов, определяются по энергетическим спектрам сигналов шумопеленгации, содержащих информацию об объектах шумоизлучения. Неправильный выбор КП приводит к потере информации и, следовательно, не позволяет обеспечить требуемую вероятность правильной классификации. Указанная проблема может быть решена путем непосредственного использования энергетических спектров сигналов шумопеленгации для классификации морских объектов.

В настоящей статье рассматривается решение задачи классификации морских объектов по дискретной составляющей энергетических спектров реализаций сигналов шумопеленгации с использованием полигауссовских вероятностных моделей (ПВМ) [1].

Обоснование выделения и последующей обработки дискретной составляющей спектра

Классификация с использованием ПВМ требует знания параметров полигауссовских плотностей распределения вероятности (ППРВ) исходных данных. Оценивание параметров ППРВ энергетических спектров реализаций сигналов шумопеленгации (далее по тексту – реализаций) значительно осложняется их высокой вариабельностью, вызванной многообразием морских объектов, широким частотным и динамическим диапазонами, пространственной анизотропией параметров среды распространения сигнала, интерференцией из-за многомодового распространения гидроакустических сигналов.

Наибольшей изменчивостью обладает дискретная составляющая реализаций. Разница уровней одного и того же дискретного отсчета на соседних реализациях может составлять несколько десятков децибел. Отсюда вытекает необходимость обработки дискретной составляющей.

Учитывая особую важность для решения задачи классификации морских объектов особенностей дискретной составляющей [2] и форм энергетических спектров сигналов шумопеленгации, имеет смысл выполнять независимую обработку и классификацию по дискретной и сплошной [3] составляющим реализаций. Конечное классификационное решение тогда должно приниматься на основе комбинирования классификационных решений по каждой из составляющих.

Выделение и последующая обработка дискретной составляющей спектра

Целью обработки дискретной составляющей энергетического спектра сигнала шумопеленгации является получение информации о количестве дискрет и их частотах. Такую информацию будем именовать дискретным портретом морского объекта.

Для формирования дискретного портрета требуется выделить значимые дискреты. Алгоритм выделения дискрет включает в себя скользящий медианный фильтр и пороговую процедуру, параметры которых выбирались в соответствии с априорной информацией и экспертными представлениями об особенностях дискретной составляющей классифицируемых реализаций.

По результатам выделения дискрет формируется дискретный портрет, представляющий собой массив отметок, отражающих наличие дискретной составляющей для соответствующих отсчетов реализации. С целью упрощения последующего процесса оценивания ППРВ дискретных портретов проводится редукция данных. Дискретный портрет разбивается на интервалы, для каждого из которых вычисляется количество отсчетов, помеченных как содержащих значимую дискретную составляющую (рис. 1). Выбор конкретных параметров разбиения обусловлен малым (не более двух десятков на реализацию) количеством дискрет и небольшой значимостью их точного расположения.

Результатом редукции является вектор, каждый элемент которого несет смысл количества значимых дискрет на соответствующем интервале. Так для изображенной на рисунке 1 части реализации указанный вектор будет иметь следующий вид:

$$D = [0,1,2,2,0,1]^T. \quad (1)$$

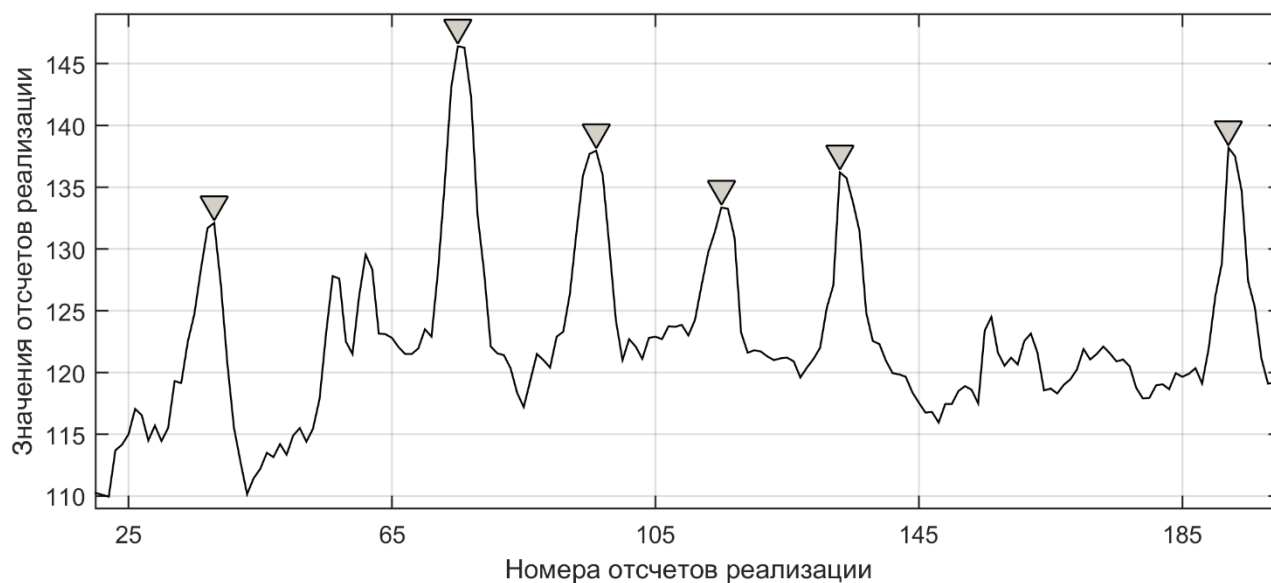


Рис. 1. Редукция дискретного портрета. Часть обрабатываемой реализации обозначена сплошной линией. Серые маркеры соответствуют отметкам о наличии дискретной составляющей (дискретному портрету). Шаг сетки по оси абсцисс соответствует выбранному разбиению на интервалы

Структура классификатора с применением ПВМ

Классификация с применением ПВМ осуществляется на основе вычисления апостериорных вероятностей принадлежности входного вектора к различным классам по заранее оцененным ППРВ векторов различных классов.

Структура классификатора, использующего ПВМ, включает в себя набор блоков вычисления ППРВ, набор блоков вычисления апостериорной вероятности и процедуру принятия решения. Количество блоков вычисления ППРВ и апостериорных вероятностей определяется количеством классов. Процедура принятия решения может выполнять различные функции в зависимости от назначения классификатора: поиск максимального значения апостериорной вероятности, вывод максимального значения апостериорной вероятности, ассоциация получаемых апостериорных вероятностей с некоторым целевым значением.

Структура классификатора, использующего ПВМ для решения задачи отнесения вектора X к одному из двух классов, изображена на рисунке 2. Цифрами 1 и 2 отмечены блоки вычисления ППРВ для каждого класса при условии принадлежности к вектора X к этим классам. Содержащиеся в указанных блоках элементы N отвечают за вычисление гауссовских компонент ППРВ, а элементы V вычисляют непосредственно значение ППРВ. Цифрой 3 отмечен блок, вычисляющий значения апостериорных вероятностей.

Необходимо отметить, что с точки зрения искусственных нейронных сетей данный классификатор архитектурно сходен с ансамблем двух RBF сетей и многослойным персептроном с конкурирующей функцией активации. На этом основании полученный классификатор называем полигауссовской нейронной сетью.

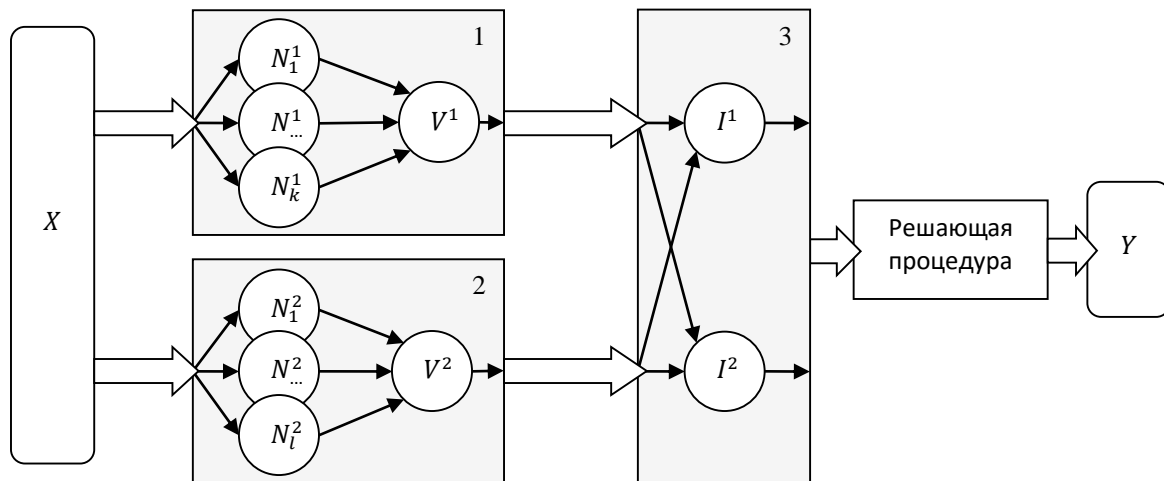


Рис. 2. Структура классификатора с использованием ПВМ для случая двух классов

Структура классификатора морских объектов по дискретной составляющей

Особенностью решаемой задачи является необходимость классификации как по полной реализации, так и по высокочастотной и (или) низкочастотной её части. Такая постановка в силу ряда причин приводит нас к раздельной классификации частей реализации и последующему объединению решений.

Для случая статистически независимых частей реализаций объединение возможно путем перемножения значений ППРВ для различных частей реализаций при условии их принадлежности одному классу.

Если же части реализации статистически зависимы, объединение возможно за счет получения и использования ППРВ векторов, элементы которых являются условными достаточными статистиками для соответствующих частей реализаций и представляют собой апостериорные вероятности, получаемые классификаторами, подобными изображенному на рис. 2.

Такой подход приводит нас к структуре классификатора, изображенной на рис. 3.

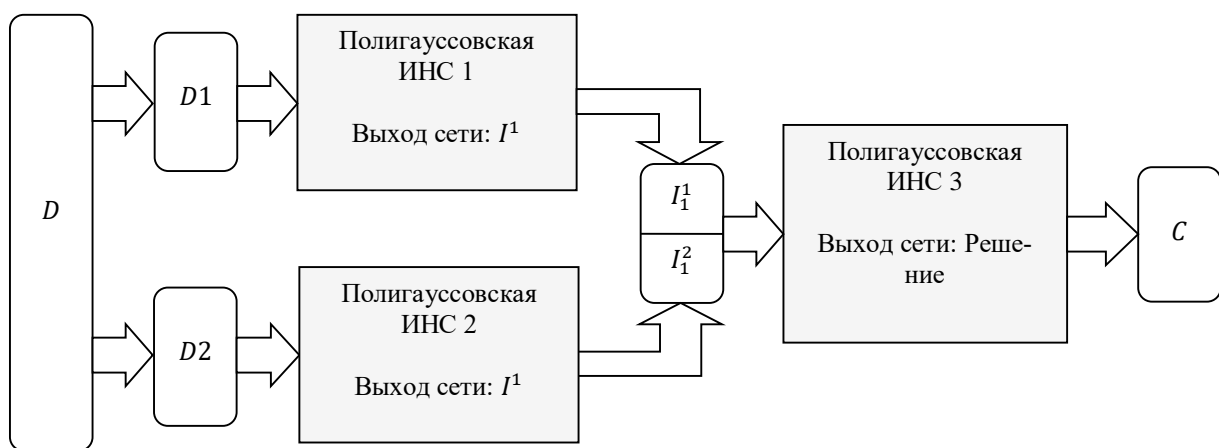


Рис. 3. Структура классификатора для статистически зависимых частей реализации

Обучение классификатора и результаты тестирования

Обучение и тестирование классификатора проводилось в среде научных и инженерных расчетов MATLAB на выборке экспериментально полученных энергетических спектров реализаций сигналов шумопеленгации морских объектов. Четные реализации указанной выборки использовались для обучения, нечетные – для тестирования. В качестве структуры классификатора использовалась структура, изображенная на рисунке 3.

Обучение заключалось в получении дискретных портретов морских объектов согласно вышеописанной методике и оценивании параметров необходимых ППРВ. Тестирование проводилось как по отдельным реализациям, так и с вторичной обработкой результатов классификации по отдельным реализациям.

Полученные по результатам тестирования классификационные решения сравниваются с решениями, полученными существующей системой классификации (табл. 1).

Таблица 1. Решения, полученные существующей системой классификации

Вероятность правильной классификации	По отдельным реализациям	По результатам вторичной обработки	Существующим классификатором
По объектам класса 1	0,9186	0,9749	0,8208
По объектам класса 2	0,9150	0,9501	0,8065

Заключение

По результатам анализа реализаций установлены характерные особенности дискрет энергетических спектров сигналов шумопеленгации морских объектов: вариабельность уровня, вариабельность частоты, относительно малое их количество.

В качестве признакового пространства для классификации морских объектов предложено использовать результат выделения дискретной составляющей на частотных интервалах энергетических спектров сигналов шумопеленгации.

Согласно разработанной методике построения полигауссовских нейронных сетей была обоснована и реализована структура классификатора. Показано, что полученный классификатор позволяет решать задачу классификации морских объектов по дискретной составляющей спектров сигналов шумопеленгации морских объектов, обеспечивая вероятность правильной классификации большую, чем при использовании существующих систем классификации.

Список литературы

1. Трофимов А.Т. Полигауссовские вероятностные модели и синтез информационных систем. – Великий Новгород: НовГУ имени Ярослава Мудрого. – 2002. – С. 183.
2. Машошин А.И., Шафранюк Ю.В. Алгоритм автоматической классификации целей на основе анализа амплитудной модуляции их шумов // Труды XII всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – С.-Пб.: Нестор-История. – 2014. – С. 399-401.
3. Большаков А.А, Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных и временных рядов: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Горячая линия-телеком. – 2007. – С. 522.