

## РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА СИГНАЛОВ НА БАЗЕ АННЕННОЙ РЕШЕТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ

М.А. Фищев, В.И. Пономарев, НПП «Знак», г. Киров, Россия

В настоящее время при решении задач радиомониторинга актуальной проблемой является автоматическая классификация радиосигналов с целью выборочной записи, дальнейшего технического анализа, демодуляции и декодирования. В связи с постоянным развитием систем радиосвязи и большим количеством уже существующих передач в КВ-диапазоне предлагается идентифицировать принимаемое излучение в пределах некоторых классов, выделенных на основе сходства их спектральных характеристик. Предлагается метод классификации в пространстве параметров с использованием нейросетей.

Условно разобьем наиболее распространенные передачи КВ-диапазона на несколько классов, обладающих схожими спектральными характеристиками:

- немодулированная несущая;
- амплитудная манипуляция (НС-1 или CW) ;
- двухпозиционная частотная манипуляция;
- многопозиционная частотная манипуляция;
- однополосная телефония;
- двухполосная телефония с неподавленной несущей;
- фазовая или квадратурная манипуляция/модуляция с низкими скоростями манипуляции/модуляции (до 2400 бод);
- фазовая или квадратурная манипуляция/модуляция с высокими скоростями манипуляции/модуляции (до 9600 бод);
- широкополосное излучение с равномерным спектром с шириной полосы от 10 кГц.

Можно сформулировать требования к параметрам, на основе которых строится классификатор:

- зависимость значения от спектральных характеристик;
- независимость значения параметра от положения излучения в полосе частот;
- линейная независимость параметров друг от друга;
- невысокая вычислительная сложность;
- диапазон значений приведен к диапазону 0..1;
- набор параметров должен быть достаточным, т.е. обеспечивать делимость классов излучений друг от друга.

Для классификации в пространстве параметров целесообразно использовать нейросеть, так как решение такого рода задач и является характерным их приложением. В связи с тем,

что порядок задачи невелик, выбран полносвязный трехслойный перцептрон [1] следующей структуры. Во входном слое 8 нейронов с 8 синапсами по количеству параметров, 9 нейронов в выходном слое с аналоговыми выходами, причем каждый выход отвечает за свой класс излучений. Таким образом, значение  $i$ -ого выхода можно трактовать как вероятность того, что поданные на вход сети параметры соответствуют  $i$ -му классу излучений. В качестве активационной функции для всех нейронов сети целесообразно использовать гиперболический тангенс. Количество нейронов среднего (скрытого) слоя обычно выбирается от  $N$  до  $3N$ , где  $N$  – количество входов сети. Преимуществом выбранной структуры сети является возможность использовать алгоритмы обучения аналоговых сетей.

Исходными данными являются отсчеты сигнала с антенной решетки, оцифрованного 8-канальным когерентным приемником. Для увеличения соотношения мощности рассматриваемого сигнала к мощности шумов и других сигналов в полосе частот приемника предлагается использовать пространственную фильтрацию в азимутальной плоскости [2]. В результате входными данными для классификатора будут отсчеты отфильтрованного сигнала с частотой дискретизации  $F_d$ . Далее сигнал разбивается на блоки длиной  $N$  отсчетов, каждый блок для подавления боковых лепестков взвешивается окном Ханна. После чего над каждым блоком выполняется БПФ длиной  $N$  отсчетов. В качестве параметров рассчитываются статистические величины, некоторые из них перечислены ниже:

- дисперсия распределения энергии спектра по частотным составляющим,
- энтропия положения спектральной составляющей максимальной мощности,
- математическое ожидание отношения энергии гармоники к средней энергии,
- дисперсия мгновенной мощности во всей полосе частот.

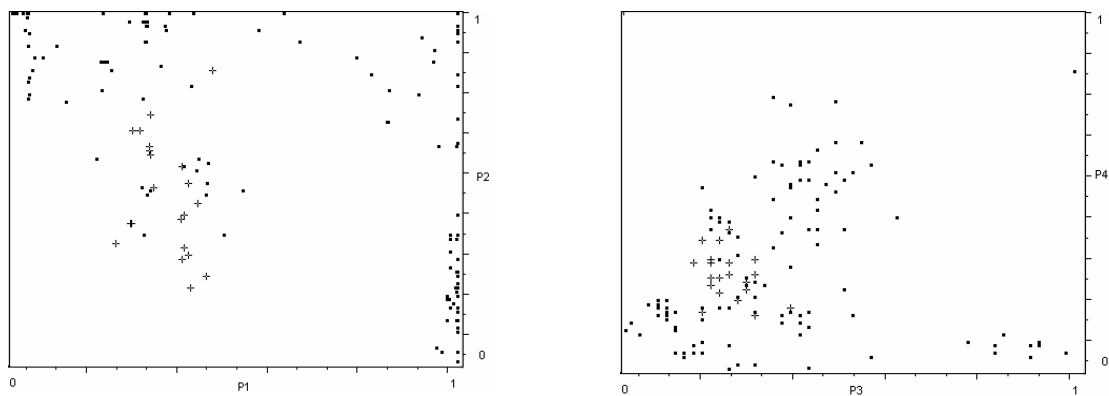


Рисунок 1 – примеры проекции пространства параметров

Для обучения нейросети целесообразно использовать алгоритм обратного распространения ошибок, так как сеть имеет достаточно простую структуру. На обучающей выборке из 140 векторов получена вероятность правильной классификации 95%. На рисунке

1 представлены 2 проекции обучающей выборки в пространстве параметров. Крестиками обозначены точки, соответствующие фазовой манипуляции ФМ8-2400.

### **Литература**

1. Толковый словарь по искусственному интеллекту. А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов. – М.: Радио и связь, 1992.-256 с.

2. Пономарев В.И., Луппов А.В., Фицев М.А. Повышение эффективности обнаружения сигналов в дециметровом диапазоне с использованием пространственной фильтрации спектра. - ВНТК «Наука - ПРОТЭК-2008»- Сб. материалов в 7 т., Киров: ВятГУ, 2008, т.2, с. 106-107.