

используется критерий Релея, описывающий соотношение длины волны и высоты шероховатости поверхности объекта контроля (1):

$$h < \frac{\lambda}{8 \sin \alpha}, \quad (1)$$

где  $h$  - высота шероховатости поверхности;

$\lambda$  - длина падающей радиоволны;

$\alpha$  - угол падения радиоволны.

При расположении излучающей поверхности датчика крутильных колебаний перпендикулярно оси вращения ротора угол падения радиоволны составляет  $90^{\circ}$ , тогда соотношение (1) приводится к виду  $\lambda > 8h$ .

Высота шероховатости поверхности ротора в зависимости от ее технологического исполнения и конструктивного назначения составляет единицы-десятки микрометров [2], исходя из чего можно сделать вывод об использовании миллиметрового диапазона длин волн для работы датчика.

Список использованных источников

1. Кудрявцев М.В. Оптический мониторинг крутильных колебаний валов //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2006. №28.
2. Маркова Т.В., Крыжановская И.М. Шероховатость поверхности: метод. указания. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006, 32с.

Данилин Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники. E-mail: aidan@ssau.ru.

Иванова Яна Александровна, аспирант кафедры радиотехники. E-mail: [jvanova.yaa@ssau.ru](mailto:jvanova.yaa@ssau.ru)

УДК 681.3.07

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

А.С. Капустин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** сеть, нейрон, передача, информация.

В настоящее время широкое распространение приобрели искусственные нейронные сети (ИНС). ИНС имеют обширный спектр решаемых проблем, но в основном применяются для распознавания

изображений и обработки речевых команд. [1]. При этом не имеют широкого распространения в радиосистемах передачи информации (РСПИ), где использовалась бы нейронная сеть.

Целью данной работы является определение возможности использования в РСПИ блока интеллектуальной обработки на основе ИНС для выделения, декодирования переданной информации, определения параметров сигнала, и формирования на своем выходе принятых символов. Также требуется оценить работу ИНС при аддитивном воздействии помех в канале связи и при повышении частоты следования сигнальной выборки.

Для достижения цели выбрана ИНС на основе персептрона с одним скрытым слоем, так как одного скрытого слоя достаточно для корректной обработки сигнала, а также он не вносит дополнительных задержек при обработке входных данных. При этом персептрон наиболее хорошо справляется с задачами классификации. Для моделирования использовался пакет программ для технических расчетов MATLAB, с помощью которого созданы схемы передатчика и приемника, которые используют синфазные и квадратурные составляющие для передачи сигнала. Для оценки возможности обработки передаваемой информационной посылки использовался дискретный квадратурный сигнал КАМ-16, из которого при обработке выделялись две компоненты; I и Q, которые подавались на вход нейронной сети.

Было разработано 3 вида ИНС, которые отличались только количеством нейронов в скрытом слое.

Созданные нейронные сети показали, что одинаково хорошо справляются с декодированием сигнала, но при обучении необходимо различное количество эпох обучения.

Эпохой обучения называется один полный просмотр нейронной сетью всего массива обучающих данных с одновременной корректировкой весов.

В результате моделирования анализа возможности работы ИНС при повышении частоты следования сигнальной выборки было выявлено, что ИНС одинаково хорошо справляются с декодированием как при частоте следования 1 Гц, так и при частоте следования 1 МГц.

Анализ процесса обучения показал следующие результаты:

ИНС с 5 нейронами в слое требует 131 эпоху обучения, что дало среднюю квадратичную ошибку в 0,82872;

ИНС с 10 нейронами в слое требует 6 эпох обучения, а ошибка уменьшилась и составила 0,22933;

ИНС с 20 нейронами в слое требует 50 эпох обучения, а ошибка увеличилась и составила 0,3139.

Это показало, что увеличение нейронов в скрытом слое не всегда положительно сказывается на обучении.

Анализ работы ИНС при воздействии аддитивной помехи в канале связи, при реализации 7 вариантов отношения С/Ш в выделенных

интервалах принятия решения, показал следующие результаты максимальных ошибок:

для ИНС с 5 нейронами в слое – более 53%;

для ИНС с 10 нейронами в слое – менее 8%;

для ИНС с 20 нейронами в слое – более 15%.

Сеть с 10 нейронами в скрытом слое оказалась более устойчива к воздействию аддитивной помехи.

Таким образом, применение нейронных сетей в системах передачи информации возможно с некоторыми ограничениями: ИНС можно использовать в качестве декодера квадратурного сигнала при этом диапазон частот будет зависеть от аппаратной реализации, так же для каждого вида сигнала необходимо использовать свою нейронную сеть из-за ошибок при декодировании.

При проведении моделирования и обработки материалов экспериментальных исследований активное участие принимал студент радиотехнического факультета Самарского университета группы 6661-110501 «Радиоэлектронные системы и комплексы» Гусаков А.А.

Список использованных источников

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс. [Текст]: / С. Хайкин. – 2-е изд., исправ.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2019. – 1104 с.

Капустин Александр Степанович, доцент кафедры радиотехники. E-mail: [alstepan45@mail.ru](mailto:alstepan45@mail.ru)

УДК 681.5.043

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ВЕРИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРИЗОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ ЯЧЕЙКИ ПОСТОЯННОГО ЗАПОМИНАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

М.А.Коновалов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: ВССТ, методы верификации ЗУ.

Микросхема памяти является важной частью любой вычислительной системы, в общем случае микросхему памяти можно представить как законченный модуль выполняющий определенные функции, и состоящий из комбинации матриц памяти и устройств управления ими. Матрицы памяти состоят из регулярной структуры, что затрудняет использование традиционных методов верификации, а также вынуждает разрабатывать