

УДК 539.216.3:261.382

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОИМИТАТОРА МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА**

Елизаров С.В., Хасиятуллов М.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва  
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В докладе рассматривается решение вопросов прогнозирования показателей надежности радиоэлектронных средств (РЭС) с помощью нейросетей. Разработана методика прогнозирования, реализованная в программном комплексе, приведены результаты обработки выборок РЭС.

Современные радиоэлектронные средства (РЭС) представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных элементов. Выход «из строя» одного из них может привести к потере работоспособности всего устройства, что приведет к серьезным материальным затратам, поэтому целесообразно предупреждать отказы, нежели расплачиваться в будущем за неисправное устройство. Это материально обосновано. Есть много направлений предупреждения отказов. Одним из эффективных является классификация изделий по уровням качества и прогнозирование их отказов и надежности.

В настоящее время для решения задач классификации и прогнозирования представляет интерес использование нейроматематики. Наиболее часто используемой архитектурой нейросети является многослойный персептрон, который представляет собой обобщение однослойного персептрона. Основными достоинствами многослойного персептрона являются простота в использовании, гарантированное получение ответа после прохода данных по слоям, хорошо апробированные и широко применяемые алгоритмы обучения, способность моделирования функции любой степени сложности. Для решения задачи прогнозирования была выбрана сеть со структурой, представленной на рис.1.

Выбранная сеть состоит из ряда входных узлов, которые образуют входной слой, нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов и одного выходного слоя. Входной сигнал распространяется по сети в прямом направлении от слоя к слою. Для реализации процесса «обучения с учителем» был использован алгоритм обратного распространения ошибки. В этом случае сигналы ошибки распространяются от выходов нейросети к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Для обучения нейросети с помощью этого алгоритма определялись веса в многослойном персептроне.

Многослойный персептрон имеет три отличительных признака:

1. Каждый нейрон имеет нелинейную функцию активации. Данная функция должна быть гладкой (то есть всюду дифференцируемой). Нами была использована сигмоидальная функция.
2. Сеть содержит один или несколько слоев скрытых нейронов. Эти нейроны позволяют сети обучаться решению сложных задач, последовательно извлекая наиболее важные признаки из входного вектора.
3. Сеть обладает высокой степенью связности, реализуемой посредством синаптических соединений.

Данный метод реализован в программном комплексе «Нейроимитатор 1.0». Этот комплекс позволяет при наличии данных обучения провести обучающий эксперимент, выбрать информативные параметры, задать граничные значения, провести классификацию по двум классам (годные и негодные) и, собственно, само прогнозирование качества. В данной работе получены вероятностные показатели для оценки качества критичных элементов. В качестве критичных элементов были использованы биполярные микросхемы. Разработаны прогнозная модель и рабочая методика прогнозирования.

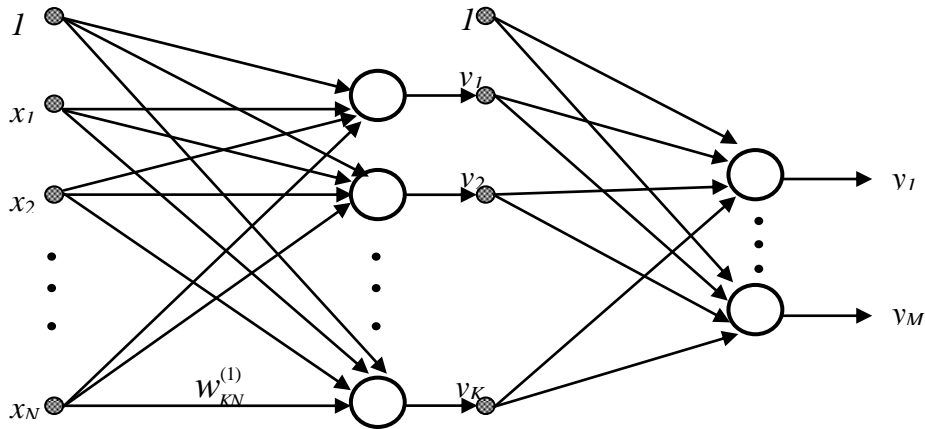


Рисунок1. Структура многослойного персептрона

Разработка модели включает в себя следующие этапы:

1. Обучающий эксперимент – испытание обучающей выборки в течение времени прогноза  $t_{пр}$ . На данном этапе измеряются значения всех информативных параметров и прогнозируемого параметра, затем проводится сравнение измеренного значения параметра с граничным значением и определяется фактическая принадлежность к классу  $K_s$  или фактическое значение прогнозируемого параметра.

2. Обучение – обработка результатов обучающего эксперимента в соответствии с выбранным оператором прогнозирования. Определяется принадлежность к классу  $K_s$ , найденная с помощью алгоритма прогнозирования.

3. Экзамен – проверка соответствия прогнозируемого состояния каждого экземпляра фактическому, известному по данным обучающего эксперимента. Эффективность распознавания оценивали по величинам вероятностей правильных решений, ошибочных решений, рисков потребителя и изготовителя, априорной вероятности принятия решения об отнесении экземпляра к годным по результатам прогноза.

4. Прогнозирование – определение принадлежности к классу  $K_s$  вновь предъявленного экземпляра по совокупности значений информативных параметров каждого экземпляра.

Установлено, что параметры точности, достоверности прогнозирования и риски потребителя удовлетворяют заданным требованиям.