

УДК 004.896 + 004.032.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ ФИЛЬТРАЦИИ ОДНОМЕРНОГО СИГНАЛА

Я.О. Анисимов

Рассматривается задача фильтрации сигнала при нелинейном уравнении измерения. Приводится модель шума, уравнения измерения и нейронной сети. Проведен сравнительный анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: нейронная сеть, нелинейная фильтрация.

В настоящее время одним из актуальных направлений в обработки сигналов являются методы нелинейной фильтрации. К традиционным методов в области нелинейной фильтрации относят фильтры калманова типа. К недостатку таких фильтров можно отнести необходимость априорной информации как о модели динамической системы, в которой производятся измерения, так и о модели шумов, присутствующих в измерительном канале. Этих недостатков лишены методы, основанные на использовании аппарата «мягких вычислений», и, в частности, нейронных сетей [1–2]. Оценке возможности использования этих методов посвящена эта статья.

Рассматривается задача выделения фильтрации сигнала снимаемого с датчика. Математическая модель измерения описывается уравнением:

$$y=f(x, v), \quad (1)$$

где y – измеряемый сигнал; x – истинное значение сигнала; v – помеха, возникающая в измерительном канале; $f(x, v)$ – модель, в общем случае нелинейная, измерений.

Введем понятие полярности сигнала, под однополярным сигналом будем понимать такой сигнал, для которого выполняется одно из условий:

$$x(t) > 0, \forall t, \text{ или} \quad (1)$$

$$x(t) < 0, \forall t. \quad (2)$$

Для простоты в следующих рассуждениях и моделировании будет рассматриваться сигнал, для которого выполняется условие (2).

В качестве модели исследуемого сигнала рассматривается гармонический сигнал с фиксированной частотой. С учетом наложенного ограничения (2) модель сигнала примет вид:

$$x(t) = \sin(2\pi\omega t) + 1.5. \quad (3)$$

Рассматриваются следующие модели помех.

- стационарный белый шум. Особенность такого шума заключается в том, что его автокорреляционная функция описывается дельта-функцией Дирака, т.е. белый шум не коррелирован по времени;

• винеровский процесс. Особенностью такого сигнала является то, что он во временной области он описывается дифференциальным уравнением.

Сделаем допущение, что все описанные модели шума являются гауссовскими, и имеют нулевое математическое ожидание и $\sigma=1$.

В качестве уравнения измерения рассматриваются следующие модели:

• аддитивная помеха, модель которой описывается следующим уравнением:

$$y=x+v; \quad (4)$$

• мультипликативная помеха, модель которой имеет вид:

$$y=xv. \quad (5)$$

В качестве фильтрующего устройства рассматривается нейронная сеть. Нейронные сети показали свою эффективность для решения задач распознавания образов, за счет своих аппроксимационных свойств. Нейронные сети способны обучаться на основе соотношений «вход-выход», поэтому они могут обеспечить более простые решения для сложных задач. Кроме того, нейроны могут быть нелинейными элементами; следовательно, нейронные сети могут выступать в качестве нелинейных фильтров.

Базовой структурой фильтра выбрана многослойная нейронная сеть («многослойный персептрон»). Математическая модель этой сети описывается уравнением [3]:

$$NN(y)=f^{(2)}\left(W^{(2)}\left(f^{(1)}\left(W^{(1)}\left[y(k)y(k-1)\dots y(k-m)\right]^T+b^{(1)}\right)\right)\right) \quad (6)$$

где $W^{(i)}$ – матрица весов i -го слоя нейронной сети, $b^{(i)}$ – вектор смещения i -го слоя нейронной сети, $f^{(i)}()$ – функция активации i -го слоя нейронной сети, – входной вектор нейронной сети, $NN(y)$ – выходной вектор нейронной сети.

После проведенного моделирования мы получили результаты, отраженные в таблице.

Таблица

Результаты моделирования

			Модель при обучении			
			Аддитивная помеха		Мультипликативная помеха	
			ССБ	ВП	ССБ	ВП
Модель при работе	Аддитивная помеха	ССБ	0,92	0,88	0,78	0,71
		ВП	0,95	0,98	0,93	0,71
	Мультипликативная помеха	ССБ	0,84	0,83	0,92	0,75
		ВП	0,77	1,13	0,86	0,94

Как видно из таблицы, в большинстве случаев идёт уменьшение случайной составляющей. И более отчетливо это видно при нелинейном характере измерения на этапе обучения. Данное обстоятельство может быть учтено при проектировании алгоритмов фильтрации с априорно неполным нелинейным уравнением измерений.

Библиографический список

1. Безмен, Г.В. Анализ возможности использования нейронных сетей для решения задач фильтрации навигационной информации / Г.В. Безмен // Навигация и управление движением: Сборник докладов IV конференции молодых ученых. – 2002.
2. Васильев, В.А. Сравнение нейросетевых и нечетких алгоритмов на примере решения простейшей задачи байесовского нелинейного оценивания / В.А. Васильев // Навигация и управление движением. Материалы XI конференции молодых ученых. – СПб.РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ электроприбор», 2009.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: ИПРЖР, 2000.