

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ

В случае присутствия в сигнале шумовой составляющей затрудняются его последующий анализ и получение достоверной информации. Это обуславливает актуальность задачи подавления шума в сигнале. Подавить шум в сигнале предлагается путём его преобразований, сводящих шумовую составляющую к минимуму. Сигнал с нулевым шумом далее обозначается как «чистый» сигнал. Применение искусственных нейронных сетей (ИНС) является одним из вариантов решения данной задачи [1]. В представленной работе для ИНС, подавляющей шум произвольных сигналов, предлагается использовать архитектуру автоэнкодера [2]. Автоэнкодер состоит из двух частей: энкодера и декодера, соединённых между собой. Количество нейронов в слоях энкодера уменьшается от входного слоя к выходному. В слоях декодера, напротив, количество нейронов увеличивается от входного слоя к выходному (рис. 1).

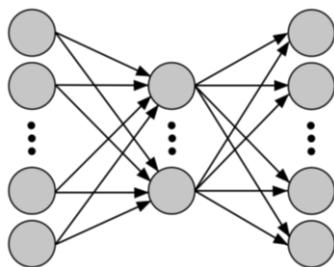


Рис. 1. Схема архитектуры автоэнкодера

Выход энкодера (слой с наименьшим количеством нейронов) называется скрытым пространством модели. Обучение модели подразумевает, что энкодер стремится сохранить в компонентах скрытого пространства самую ценную информацию, а декодер, в свою очередь, стремится восстановить из компонент

скрытого пространства сигнал, поступивший на вход модели. Размерность скрытого пространства подбирается эмпирически и не превышает размерности данных на входе автоэнкодера. Сведение шумовой составляющей к минимуму производится путём оптимизации следующей функции потерь:

$$L = \sum (u_{\text{пред}} - u_{\text{чист}})^2 \rightarrow \min ,$$

где $u_{\text{пред}}$, о.е. – сигнал, восстановленный моделью; $u_{\text{чист}}$, о.е. – чистый сигнал. Таким образом, архитектура и принцип обучения автоэнкодера препятствуют попаданию шумовой компоненты в сигнал, получаемый на выходе модели.

В работе рассматриваются сигналы, описываемые следующим выражением:

$$u(t) = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где A , о.е. – амплитуда; δ , 1/с – коэффициент затухания; ω , рад/с – частота; φ , рад – начальная фаза; $\varepsilon(t)$ – шумовая составляющая. Предполагаем, что шумовая составляющая сигнала $\varepsilon(t)$, распределена нормально и имеет нулевое математическое ожидание

$$\varepsilon(t) \sim N(0, \sigma^2).$$

Обучающая и тестовая выборки, сформированные для проведения эксперимента, состоят из 100000 сигналов, сгенерированных в соответствии с выражением (1). Параметры сигналов получены с использованием генератора псевдослучайных чисел с равномерным распределением. Диапазоны параметров генерации сигнала представлены в таблице.

Таблица. Диапазоны параметров сигнала

Параметр	Диапазон
A , о.е.	0,5 ... 1
δ , 1/с	10 ... 50
ω , рад/с	300 ... 400
φ , рад	0 ... 2π
σ	0,1 ... 0,2

Сигнал поступает на вход модели в виде вектора из 100 значений, полученных в промежутке времени от 0 до 0,05 с. Раз-

мерность скрытого пространства соответствует количеству параметров, описывающих «чистый» сигнал (A , δ , ω , φ).

После обучения ИНС способна подавить шум в произвольно заданном сигнале с параметрами, близкими к параметрам генерации обучающей выборки. Результат работы ИНС представлен на графике (рис. 2).

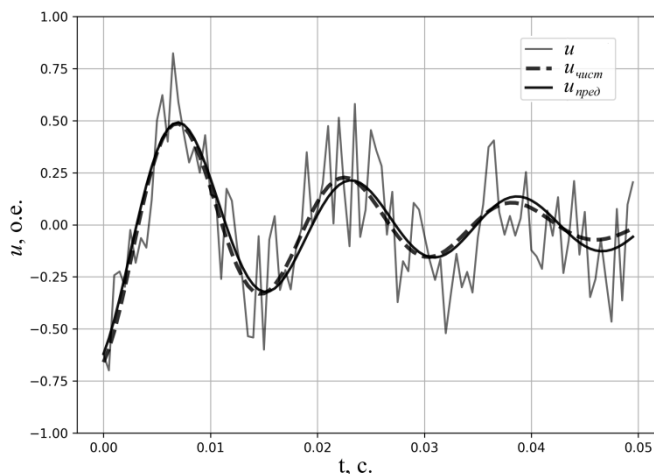


Рис. 2. Результат эксперимента

Предложенный метод позволяет подавить шум произвольных сигналов. Представлена модель (автоэнкодер), обученная на специально сгенерированной выборке. Произвольный сигнал, восстановленный такой моделью, с достаточной точностью повторяет «чистый».

Литература

1. Славутский Л. А., Славутская Е. В. Выбор структуры нейронной сети для обработки сигналов как планирование эксперимента // Вестник чувашского университета. 2021. № 3. С. 123–132.

2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Auto-encoders. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.deeplearningbook.org (дата обращения 20.03.2022).