

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники»  
Кафедра интеллектуальных информационных технологий

Отчет по лабораторной работе №3  
по курсу:  
**«Методы решения задач в интеллектуальных системах»**

Выполнил:

1. студент гр. 021703  
Колосовский Е.С.

Проверил:

Жук А.А.

Минск 2022

## **Тема**

Предсказание числовых последовательностей нейросетевыми методами.

## **Цель**

Ознакомиться, проанализировать и получить навыки реализации модели нейронной сети для задачи предсказания числовых последовательностей.

## **Задание**

Реализовать модель сети Элмана с экспоненциальной линейной функцией активации (ELU).

## Ход работы

Сеть Элмана можно изобразить следующим образом:

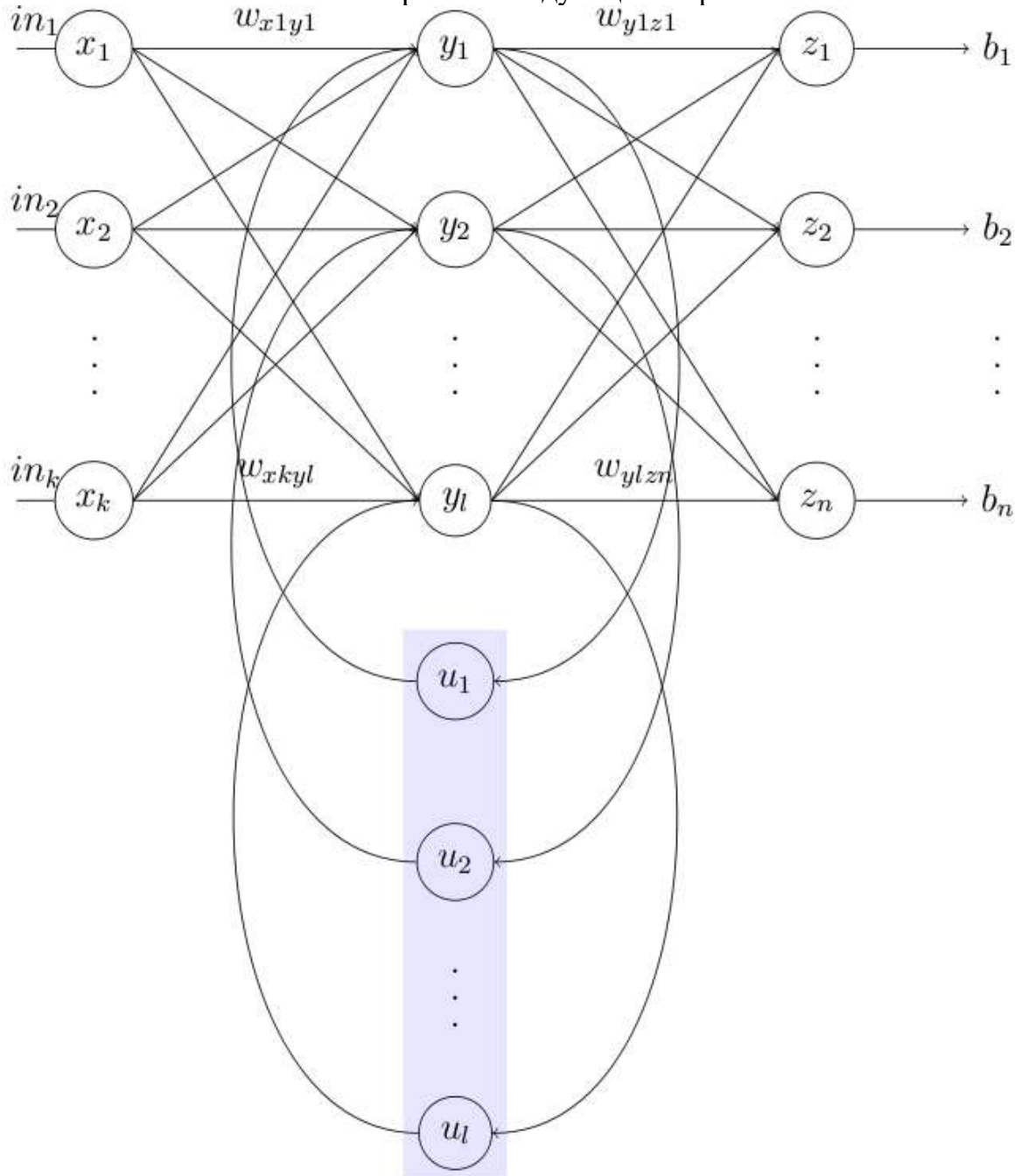


Рисунок 1 – Схема работы сети Элмана

Задается числовая последовательность, для которой нужно спрогнозировать n-ое количество элементов. Также указываются следующие параметры:

- размер окна
- количество элементов скрытого слоя
- минимальная среднеквадратическая ошибка

После чего нейронная сеть на основании заданных параметров формирует обучающую выборку следующим образом:

- 1) Есть последовательность: 1 2 3 4 5
- 2) На основании размера окна, предположим  $p = 3$ , формируется множество входных векторов:
  - 1 2 3
  - 2 3 4
  - 3 4 5

Нейронная сеть Элмана будет иметь 4 матрицы весовых коэффициентов:

- 1) Между входным и скрытым слоем
- 2) Между контекстным с предыдущими значениями скрытого и скрытым слоем
- 3) Между контекстным с предыдущим значением выходного и скрытым слоем
- 4) Между скрытым и выходным слоем

Следующим этапом нейронной сети является инициализация значений весов. Каждый весовой коэффициент устанавливаем равным случайному значению в диапазоне от -1 до 1.

Также устанавливаются 2 пороговых коэффициента между входным и скрытым и между скрытым и выходным слоями со значениями -1.

### Алгоритм работы сети

Пока среднеквадратичная ошибка больше минимальной выполняем следующие действия:

- 1) Производим прямое распространение сети:

А) Для каждого вектора из обучающей выборки вычисляем значение вектора скрытого слоя используя следующие формулы:

$$S_i(t) = \sum_{j=1}^n w_{ji} x(t-j+1) + w_{yi} y(t-1) + \sum_{l=1}^m w_{li} p_l(t-1) - T_i, \quad (4.9)$$

$$y_i = \ln(S_i + \sqrt{S_i^2 + 1}),$$

Б) Вычисляем значение выходного слоя воспользовавшись следующими формулами:

$$y = \sum_i v_i y_i - T$$

$$y_i = \ln(S_i + \sqrt{S_i^2 + 1}),$$

В) Копируем текущие значения скрытого и выходного слоя в контекст.

2) Производим обратное распространение ошибки:

А) Корректируем значения весовых коэффициентов по следующим формулам:

$$\Delta v_i(t+1) = -\alpha (y(t) - x(t+1)) \cdot p_i(t)$$

$$\Delta T(t) = \alpha (y(t) - x(t+1))$$

$$\Delta w_{ji}(t+1) = -\alpha (y(t) - x(t+1)) \cdot v_i p'_i(t) x(t-j+1)$$

$$\Delta w_i(t+1) = -\alpha (y(t) - x(t+1)) \cdot v_i p'_i(t) y(t-1)$$

$$\Delta w_{bi}(t+1) = -\alpha (y(t) - x(t+1)) \cdot v_i p'_i(t) p_i(t-1)$$

$$\Delta T_i(t+1) = \alpha (y(t) - x(t+1)) \cdot v_i p'_i(t)$$

3) Проверяем не меньше ли текущая среднеквадратичная ошибка минимальной, если нет, то пункт 1, в противном случае заканчиваем обучение сети.

## Результаты работы сети

Ниже представлены результаты работы реализованной сети Элмана. В качестве входных данных на сеть подавались целочисленные последовательные и периодические числовые ряды.

### Пример 1.

Ряд: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Количество нейронов скрытого слоя: 5

Минимальная ср.кв. ошибка: 0.00001

Количество прогнозируемых элементов: 4

Результат: 13.145 14.023 14.894 15.433 – правильный результат

### **Пример 2.**

*Ряд:* 0 2 4 2 0 -2 -4 -2 0

*Количество нейронов скрытого слоя:* 5

*Минимальная ср.кв. ошибка:* 0.00001

*Количество прогнозируемых элементов:* 4

*Результат:* 1.894 3.943 2.067 0.331 – правильный результат

### **Пример 3.**

*Ряд:* 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89

*Количество нейронов скрытого слоя:* 5

*Минимальная ср.кв. ошибка:* 0.01

*Количество прогнозируемых элементов:* 3

*Результат:* 114.244 153.009 242.566 411.019 – неправильный результат

## **Вывод**

В данной работе была реализована сеть Джордана-Элмана для прогнозирования числовых последовательностей, которая обучается по алгоритму обратного распространения ошибки.

В ходе работы возникли трудности с прогнозированием сложных числовых последовательностей, в основном возрастающих/убывающих. Какой бы последовательность не была, прогнозируемые значения стремились к последнему элементу в обучающей выборке.

Для решения данной проблемы было предложено несколько вариантов:

1. Нормализовать входные значения
2. Добавить пороговые коэффициенты
3. Подавать на вход сети не исходные входные значения, а значения, вычисленные при помощи функции активации.

Нормализация входных значений и добавление пороговых коэффициентов ничем особо не помогли, т.к. прогнозируемые значения выходили неверными, но последний вариант частично решил проблему. Правда для таких последовательностей как факториал и фибоначчи проблема осталась нерешенной, вычисления проходили очень долго, а количество итераций было больше 6 млрд.