МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«**Вятский государственный университет**»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА С ОБУЧЕНИЕМ ПО МЕТОДУ С ОБРАТНЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ОШИБКИ

Вариант №9

Отчёт по лабораторной работе №3 дисциплины

«Системы обработки знаний»

Выполнил студент группы ИВТ-42\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Щесняк Д.С./

Проверил преподаватель кафедры ЭВМ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Куваев А.С./

Киров 2018

1. **Цель**

Целью выполнения лабораторной работы является изучение алгоритма обратного распространения ошибки в процессе обучения нейронной сети. Работа выполняется с помощью программы bp.exe.

1. **Задание**

Вариант задания №7. На рисунке 1 изображена экранная форма программы со входными данными.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 1 – Входные данные

1. **Ход работы**

a)

Число входов: 3

Число выходов: 1

Циклов обучения: 10 000

Скорость обучения: 0,1

В таблице 1 представлены общие данные по результатам экспериментов, а в таблицах 2-9 настройки нейронных сетей.

*Таблица 1 – Сводная таблица по результатам экспериментов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***№***  ***сети*** | ***Структура***  ***НС*** | ***Настройки*** | ***Нормали-***  ***зация*** | ***MAX ошибка*** | ***MIN ошибка*** | ***Средняя ошибка*** | ***СКО*** |
| 1 | 3 - 5 - 1 | Табл.2 | [0;1] | 0.540188 | 0.073234 | 0.086235 | 0.342379 |
| 2 | 3 - 5 - 1 | Табл.2 | [-0,5;0,5] | 2.950612 | 1.702418 | 2.737157 | 170.6529 |
| 3 | 3 - 5 - 1 | Табл.2 | [-1;1] | 2.928507 | 1.725786 | 2.711633 | 170.633 |
| 4 | 3 - 5 - 1 | Табл.2 | [0;1] | 0.512617 | 0.003959 | 0.170147 | 0.345398 |
| 5 | 3 - 5 - 1 | Табл.3 | [0;1] | 0.504302 | 0.035985 | 0.115277 | 0.261183 |
| 6 | 3 - 5 - 1 | Табл.4 | [0;1] | 0.605361 | 0.038071 | 0.118062 | 0.390146 |
| 7 | 3 - 5 - 1 | Табл.5 | [0;1] | 0.573065 | 0.079678 | 0.112502 | 0.323424 |
| 8 | 3 - 5 - 1 | Табл.6 | [0;1] | 0.530831 | 0.062285 | 0.149642 | 0.266994 |
| 9 | 3 - 5 - 1 | Табл.7 | [0;1] | 1.026479 | 0.075293 | 0.197143 | 1.538447 |
| 10 | 3 - 5 - 5 - 1 | Табл.8 | [0;1] | 1.06383 | 0.087574 | 0.241155 | 1.807164 |
| 11 | 3 - 5 - 5 - 5 - 1 | Табл.9 | [0;1] | 1.006777 | 0.086945 | 0.238549 | 1.819433 |

*Таблица 2*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 3*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,7 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,7 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 4*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,3 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,7 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 5*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 5,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 6*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 3,0 | 0 | 5,0 |

*Таблица 7*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 5,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 3,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 8*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 9*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 3 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

b)

Число входов: 3

Число выходов: 1

Циклов обучения: 100 000

Скорость обучения: 0,1

В таблице 10 представлены общие данные по результатам экспериментов, а в таблицах 2-9 настройки нейронных сетей.

*Таблица 10 – Сводная таблица по результатам экспериментов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***№***  ***сети*** | ***Структура***  ***НС*** | ***Настройки*** | ***Нормали-***  ***зация*** | ***MAX ошибка*** | ***MIN ошибка*** | ***Средняя ошибка*** | ***СКО*** |
| 12 | 3 - 5 - 1 | Табл.11 | [0;1] | 0.261788 | 0.027394 | 0.029088 | 0.078658 |
| 13 | 3 - 5 - 5 - 1 | Табл.12 | [0;1] | 0.174511 | 0.020955 | 0.080375 | 0.072256 |
| 14 | 3 - 5 - 5 - 5 - 1 | Табл.13 | [0;1] | 0.372769 | 0.097958 | 0.082733 | 0.143681 |
| 15 | 3 - 5 - 1 | Табл.14 | [0;1] | 0.183326 | 0.004687 | 0.070372 | 0.079442 |
| 16 | 3 - 5 - 5 - 1 | Табл.15 | [0;1] | 0.135245 | 0.072919 | 0.079178 | 0.066764 |
| 17 | 3 - 5 - 5 - 5 - 1 | Табл.16 | [0;1] | 0.083655 | 0.026896 | 0.061754 | 0.059143 |
| 18 | 3 - 5 - 1 | Табл.17 | [0;1] | 0.148299 | 0.080292 | 0.01501 | 0.095913 |
| 19 | 3 - 5 - 5 - 1 | Табл.18 | [0;1] | 0.158479 | 0.077711 | 0.036038 | 0.060933 |
| 20 | 3 - 5 - 5 - 5 - 1 | Табл.19 | [0;1] | 0.261788 | 0.027394 | 0.029088 | 0.078658 |

*Таблица 11*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 12*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 13*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 3 | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 14*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 15*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 16*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 3 | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | рациональный сигмоид | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 17*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 18*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

*Таблица 19*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Слой*** | ***Активационная***  ***функция*** | ***Крутизна*** | ***Смещение*** | ***Момент*** | ***Вес*** |
| 1 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 2 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| 3 | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |
| выход | гиперболический тангенс | 0,5 | 1,0 | 0 | 1,0 |

1. **Вывод**

В данной лабораторной работе были исследованы многослойные нейронные сети с различными настройками.

Первоначально производилось 10 000 циклов обучения. Лучшей моделью из представленных оказалась модель под номером 5, среднеквадратичная ошибка, которой равна 0.261183. Наиболее эффективная нормализация лежит в промежутке от [0;1], другие вариации нормализации пагубно влияли на качество модели. При 10000 циклов обучения, сети с большим числом слоев, больше 3, не могут достаточно обучится, чтобы производить точные прогнозы.

При произведении 100000 лучшими моделями оказались сети с большим количеством слоев. Это обуславливается тем, что они могут «запоминать» более сложные функции за счет увеличения числа нейронов в слое. Наиболее эффективной моделью оказалась модель под номером 17, она имеет среднеквадратичную ошибку равную 0.059143.