

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Инфокогнитивные технологии»

Практические и лабораторные занятия по дисциплине
«Проектирование интеллектуальных систем»

Лабораторная работа № 2
«Распознавание изображений с помощью персептрона»

Группа	224-322
Студент	Леонов Владислав Денисович
Преподаватель	Кружалов Алексей Сергеевич

Москва 2023

Цель

Изучить принципы работы и алгоритм обучения простейших искусственных нейронных сетей (НС).

Краткое описание

Разработка программы, которая обучает искусственную нейронную сеть (персептрон) распознавать два или более черно-белых изображения.

Требования к функциональности компьютерной программы

- В программе должна быть реализована возможность задания обучающей выборки из внешних файлов изображений.
- Изображения должны быть черно-белыми (bitmap) и размером не менее 9 (3x3) пикселей.
- Программа должна иметь два режима работы: обучения и распознавания.
- Обучение должно производиться по стандартному алгоритму обучения персептрона с использованием дельта-правила.
- В программе должны задаваться следующие настройки:
 - количество входов нейрона, которое соответствует общему числу пикселей изображения,
 - коэффициент скорости обучения (если его значение постоянно),
 - правильные варианты элементов обучающей выборки,
 - размер ошибки, при котором обучение персептрона завершается (опционально).

На экранной форме режима обучения должны отображаться:

- элементы обучающей выборки (изображения),
- настройки алгоритма обучения,
- текущие (итоговые) веса нейронов и значение порога активационной функции,

– протоколы результатов обучения (значения весов для каждой итерации).

На экранной форме режима распознавания должны отображаться:

- распознаваемое изображение (должно выбираться из всего множества),
- результат распознавания,
- веса нейронов и значение порога активационной функции,
- значения выходов всех нейронов до и после применения активационной функции.

Содержание отчета

- Название и цель работы.
- Задание, краткое описание предметной области и выбранной задачи.
- Блок-схема алгоритмов обучения и распознавания.
- Протоколы проведенных экспериментов (5+), представленные в графиков (допускаются скриншоты в случае программной реализации функциональности).
- Выводы и рекомендации по использованию НС для решения задач распознавания.

Выполнение работы

1. В программе должна быть реализована возможность задания обучающей выборки из внешних файлов изображений. Выполнение данного пункта показано на рисунке 1.

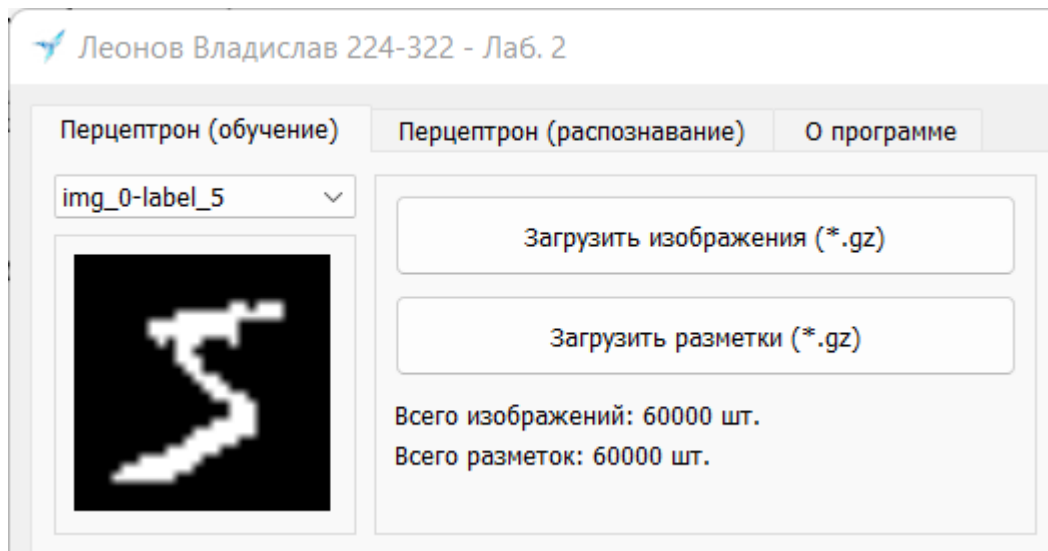


Рисунок 1 – Возможность задания обучающей выборки из внешних файлов

2. Изображения должны быть черно-белыми (bitmap) и размером не менее 9 (3x3) пикселей. Исходные изображения хранятся в архиве формата *.gz в формате изображений 28x28 пикселей. Выполнение данного пункта показано на рисунке 2.

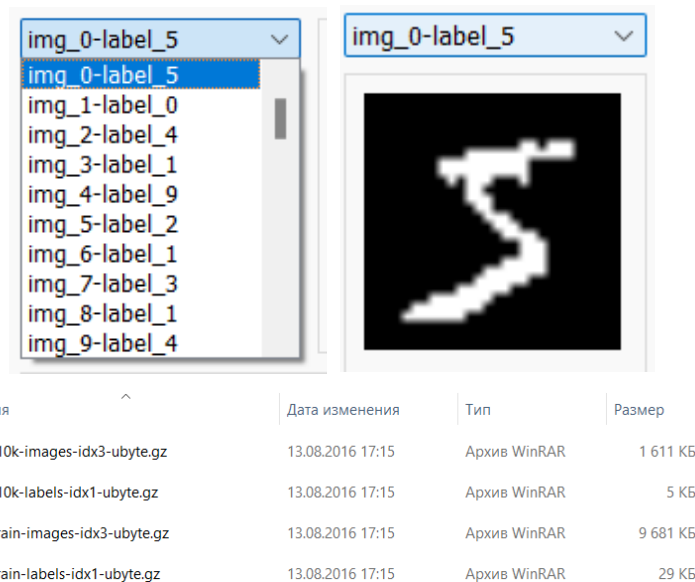


Рисунок 2 – Загруженные изображения в программу

3. Программа должна иметь два режима работы: обучения и распознавания. Режим распознавания будет работать после обучений перцептрона. Выполнение данного пункта показано на рисунке 3.

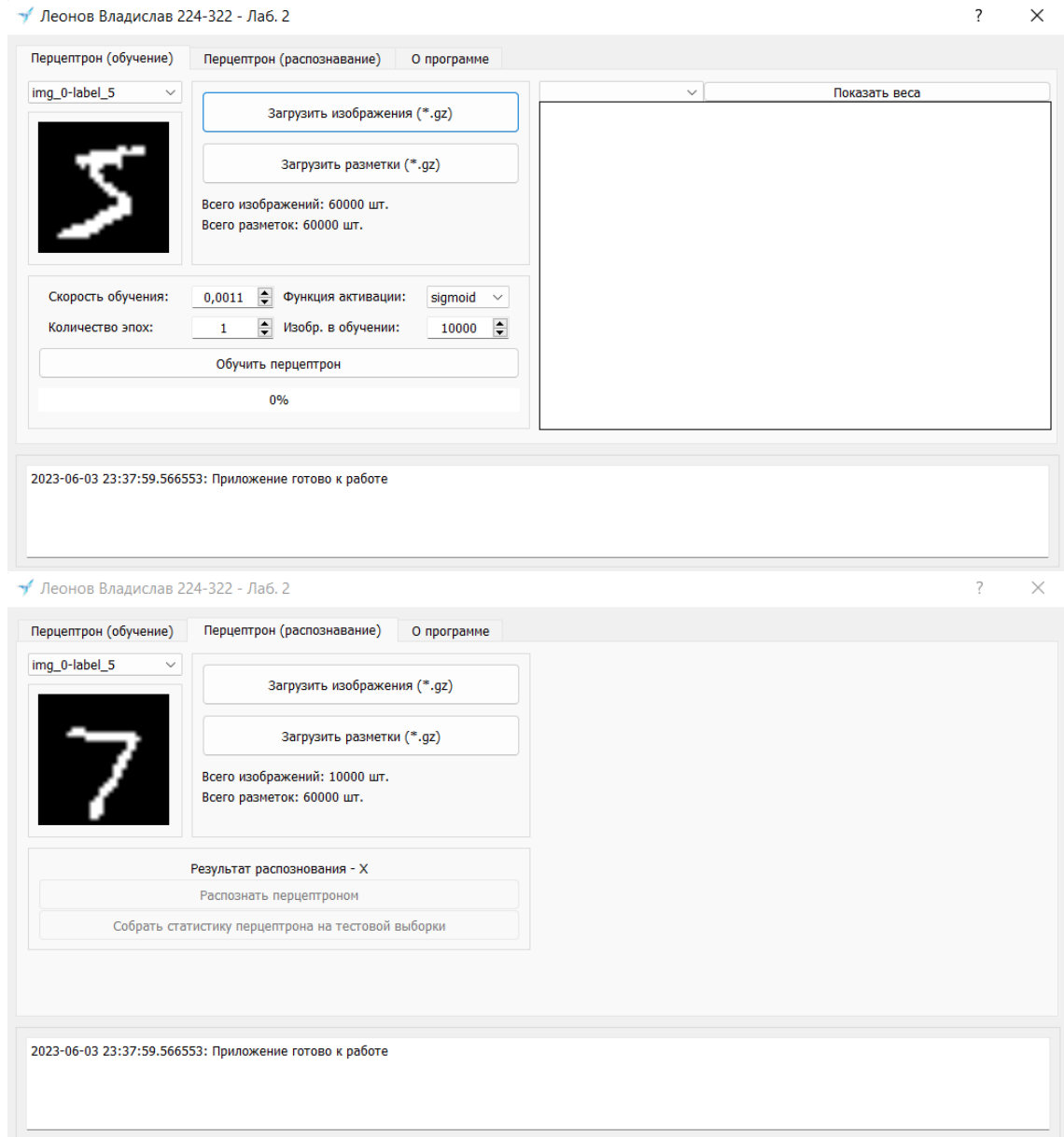


Рисунок 3 – Окна обучения и распознавания

4. Обучение должно производиться по стандартному алгоритму обучения перцептрона с использованием дельта-правила. Выполнение данного пункта показано на рисунке 4.

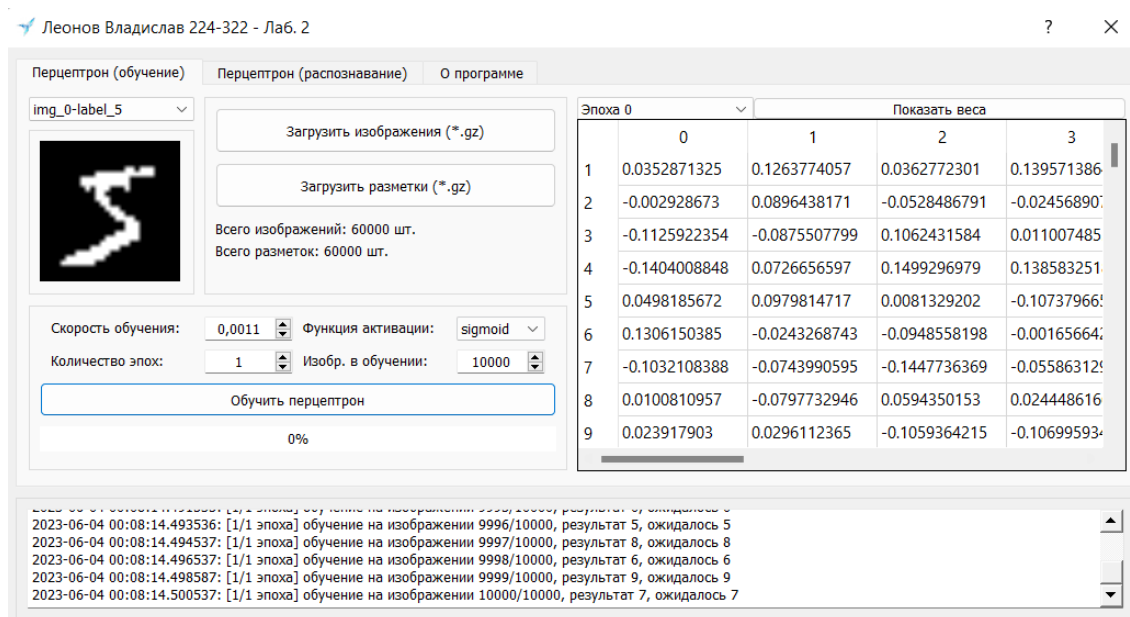


Рисунок 4 – Приложение после обучения перцептрона

5. После обучения в приложении разблокируется возможность распознать изображение в вкладке «Перцептрон (распознавание)». Распознавание изображения показано на рисунке 5.

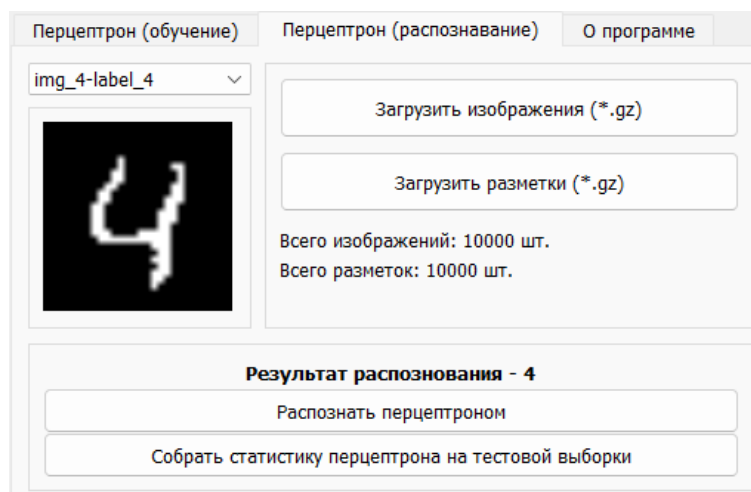
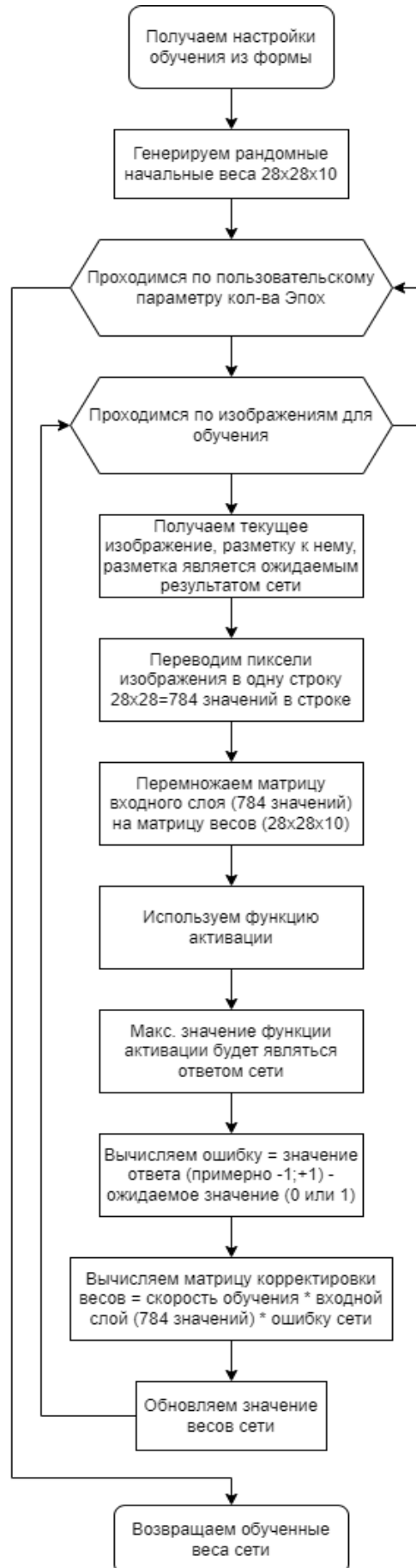


Рисунок 5 – Распознавание и ответ сети

Блок-схема алгоритма обучения



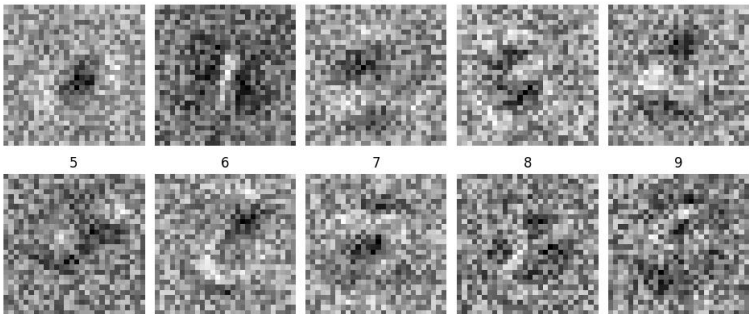
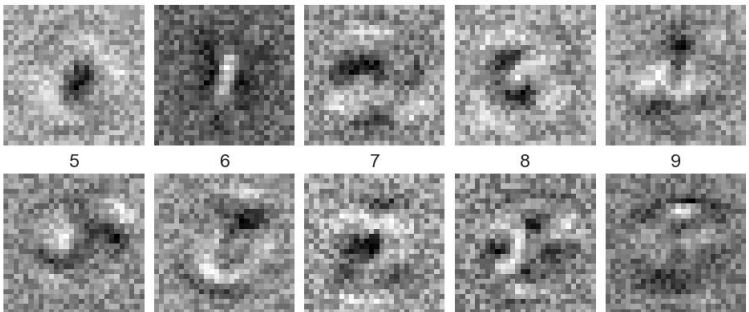
Блок-схема алгоритма распознавания

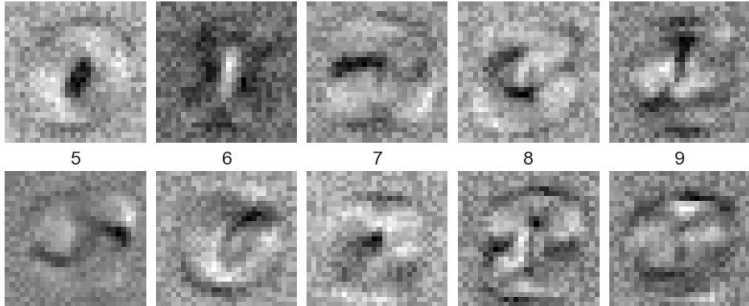
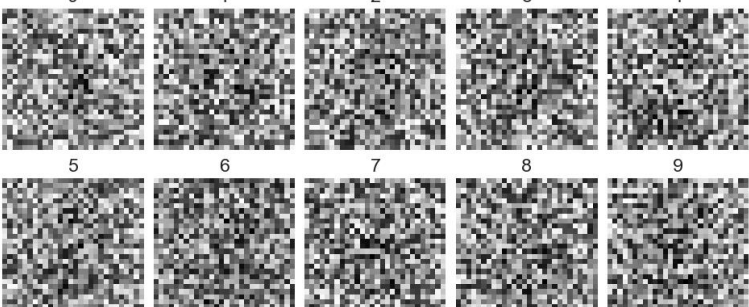


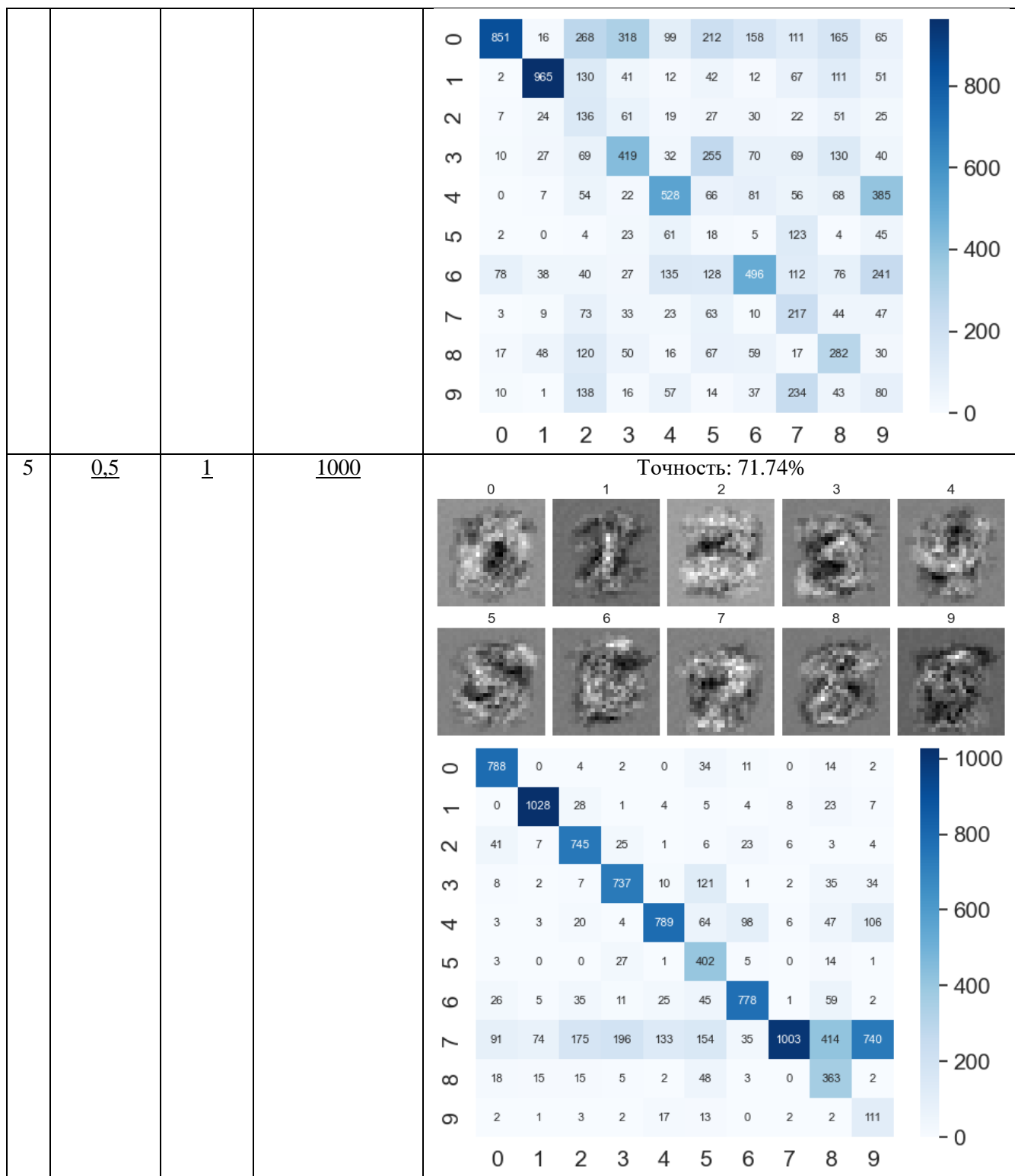
Эксперименты и их результаты

Результаты экспериментов приведены в таблице 1. Подчёркнутые значения являются измененными в таблице, чтобы легче было найти изменяющиеся данные.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

№	Скорость обучения	Кол-во эпох	Кол-во изображений в обучении	Результат																																																																																																																									
1	0,0011	1	10000	<div>Точность: 83.17%</div> <div></div> <div><table><tr><td>0</td><td>941</td><td>0</td><td>21</td><td>12</td><td>4</td><td>51</td><td>30</td><td>4</td><td>11</td><td>16</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1068</td><td>38</td><td>7</td><td>12</td><td>13</td><td>2</td><td>37</td><td>25</td><td>12</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>7</td><td>806</td><td>32</td><td>13</td><td>8</td><td>16</td><td>27</td><td>12</td><td>8</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>7</td><td>34</td><td>868</td><td>3</td><td>131</td><td>0</td><td>3</td><td>50</td><td>17</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>13</td><td>1</td><td>786</td><td>19</td><td>10</td><td>11</td><td>5</td><td>65</td></tr><tr><td>5</td><td>0</td><td>8</td><td>1</td><td>17</td><td>2</td><td>487</td><td>14</td><td>0</td><td>7</td><td>7</td></tr><tr><td>6</td><td>19</td><td>6</td><td>27</td><td>7</td><td>29</td><td>32</td><td>870</td><td>2</td><td>12</td><td>9</td></tr><tr><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>20</td><td>16</td><td>5</td><td>12</td><td>1</td><td>901</td><td>16</td><td>52</td></tr><tr><td>8</td><td>17</td><td>38</td><td>67</td><td>37</td><td>32</td><td>108</td><td>15</td><td>11</td><td>810</td><td>22</td></tr><tr><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>13</td><td>96</td><td>31</td><td>0</td><td>32</td><td>26</td><td>801</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td></td></tr></table><div>1000 800 600 400 200 0</div></div>	0	941	0	21	12	4	51	30	4	11	16	1	0	1068	38	7	12	13	2	37	25	12	2	1	7	806	32	13	8	16	27	12	8	3	1	7	34	868	3	131	0	3	50	17	4	0	0	13	1	786	19	10	11	5	65	5	0	8	1	17	2	487	14	0	7	7	6	19	6	27	7	29	32	870	2	12	9	7	1	1	20	16	5	12	1	901	16	52	8	17	38	67	37	32	108	15	11	810	22	9	0	0	5	13	96	31	0	32	26	801	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	941	0	21	12	4	51	30	4	11	16																																																																																																																			
1	0	1068	38	7	12	13	2	37	25	12																																																																																																																			
2	1	7	806	32	13	8	16	27	12	8																																																																																																																			
3	1	7	34	868	3	131	0	3	50	17																																																																																																																			
4	0	0	13	1	786	19	10	11	5	65																																																																																																																			
5	0	8	1	17	2	487	14	0	7	7																																																																																																																			
6	19	6	27	7	29	32	870	2	12	9																																																																																																																			
7	1	1	20	16	5	12	1	901	16	52																																																																																																																			
8	17	38	67	37	32	108	15	11	810	22																																																																																																																			
9	0	0	5	13	96	31	0	32	26	801																																																																																																																			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																				
2	0,0011	1	<u>60000</u>	<div>Точность: 88.57%</div> <div></div>																																																																																																																									

				<div><div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div><div>9</div></div><div><table><tr><td>950</td><td>0</td><td>10</td><td>6</td><td>2</td><td>16</td><td>15</td><td>2</td><td>12</td><td>12</td></tr><tr><td>0</td><td>1104</td><td>19</td><td>1</td><td>7</td><td>9</td><td>3</td><td>22</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>853</td><td>18</td><td>5</td><td>6</td><td>5</td><td>29</td><td>8</td><td>8</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>30</td><td>895</td><td>1</td><td>50</td><td>4</td><td>5</td><td>33</td><td>15</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>15</td><td>1</td><td>867</td><td>19</td><td>9</td><td>13</td><td>11</td><td>45</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>2</td><td>31</td><td>0</td><td>691</td><td>20</td><td>2</td><td>31</td><td>7</td></tr><tr><td>11</td><td>4</td><td>20</td><td>6</td><td>14</td><td>21</td><td>892</td><td>2</td><td>14</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>17</td><td>14</td><td>1</td><td>10</td><td>0</td><td>901</td><td>12</td><td>22</td></tr><tr><td>10</td><td>19</td><td>54</td><td>24</td><td>15</td><td>53</td><td>10</td><td>2</td><td>819</td><td>12</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>12</td><td>14</td><td>70</td><td>17</td><td>0</td><td>50</td><td>16</td><td>873</td></tr></table></div><div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div><div>9</div></div><div><div>1000</div><div>800</div><div>600</div><div>400</div><div>200</div><div>0</div></div></div>	950	0	10	6	2	16	15	2	12	12	0	1104	19	1	7	9	3	22	18	10	2	2	853	18	5	6	5	29	8	8	2	3	30	895	1	50	4	5	33	15	2	0	15	1	867	19	9	13	11	45	0	2	2	31	0	691	20	2	31	7	11	4	20	6	14	21	892	2	14	5	2	0	17	14	1	10	0	901	12	22	10	19	54	24	15	53	10	2	819	12	1	1	12	14	70	17	0	50	16	873
950	0	10	6	2	16	15	2	12	12																																																																																															
0	1104	19	1	7	9	3	22	18	10																																																																																															
2	2	853	18	5	6	5	29	8	8																																																																																															
2	3	30	895	1	50	4	5	33	15																																																																																															
2	0	15	1	867	19	9	13	11	45																																																																																															
0	2	2	31	0	691	20	2	31	7																																																																																															
11	4	20	6	14	21	892	2	14	5																																																																																															
2	0	17	14	1	10	0	901	12	22																																																																																															
10	19	54	24	15	53	10	2	819	12																																																																																															
1	1	12	14	70	17	0	50	16	873																																																																																															
3	0,0011	<u>5</u>	60000	<div><div>Точность: 90.12%</div><div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div></div><div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div><div>9</div></div><div></div></div> <div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div><div>9</div></div> <div><table><tr><td>958</td><td>0</td><td>9</td><td>5</td><td>1</td><td>14</td><td>10</td><td>2</td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td>0</td><td>1106</td><td>12</td><td>0</td><td>3</td><td>7</td><td>3</td><td>18</td><td>13</td><td>9</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>875</td><td>18</td><td>6</td><td>1</td><td>4</td><td>22</td><td>6</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>22</td><td>909</td><td>1</td><td>43</td><td>3</td><td>7</td><td>26</td><td>14</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>15</td><td>1</td><td>894</td><td>12</td><td>8</td><td>8</td><td>9</td><td>42</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>30</td><td>0</td><td>726</td><td>17</td><td>2</td><td>33</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>4</td><td>16</td><td>5</td><td>9</td><td>20</td><td>904</td><td>0</td><td>11</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>15</td><td>11</td><td>1</td><td>9</td><td>1</td><td>922</td><td>13</td><td>27</td></tr><tr><td>7</td><td>18</td><td>59</td><td>22</td><td>15</td><td>49</td><td>8</td><td>3</td><td>845</td><td>15</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>8</td><td>9</td><td>52</td><td>11</td><td>0</td><td>44</td><td>10</td><td>884</td></tr></table></div> <div><div>1000</div><div>800</div><div>600</div><div>400</div><div>200</div><div>0</div></div>	958	0	9	5	1	14	10	2	8	9	0	1106	12	0	3	7	3	18	13	9	1	2	875	18	6	1	4	22	6	1	2	3	22	909	1	43	3	7	26	14	1	0	15	1	894	12	8	8	9	42	2	1	1	30	0	726	17	2	33	6	7	4	16	5	9	20	904	0	11	2	2	0	15	11	1	9	1	922	13	27	7	18	59	22	15	49	8	3	845	15	0	1	8	9	52	11	0	44	10	884
958	0	9	5	1	14	10	2	8	9																																																																																															
0	1106	12	0	3	7	3	18	13	9																																																																																															
1	2	875	18	6	1	4	22	6	1																																																																																															
2	3	22	909	1	43	3	7	26	14																																																																																															
1	0	15	1	894	12	8	8	9	42																																																																																															
2	1	1	30	0	726	17	2	33	6																																																																																															
7	4	16	5	9	20	904	0	11	2																																																																																															
2	0	15	11	1	9	1	922	13	27																																																																																															
7	18	59	22	15	49	8	3	845	15																																																																																															
0	1	8	9	52	11	0	44	10	884																																																																																															
4	0,0011	5	<u>100</u>	<div><div>Точность: 31.07%</div><div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div></div><div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div><div>9</div></div><div></div></div>																																																																																																				



Вывод:

Однослойный перцептрон отлично решает задачу распознавания изображений, однослойную нейронную сеть (НС) можно обучить до точности больше 90% верных ответов на тестовой выборке, которая не была задействована в процессе обучения.

Рекомендации для распознавания:

- 1) Данные для распознавания и для обучения следует делать в одном формате, например, 28x28 пикселей, фон черный, цифры белые, цифры располагаются в середине картинки.
- 2) Данные для обучения должны быть одинаково распределены, например, классов цифр 10, всего изображений 6000 тысяч, значит изображений каждого класса должно быть около 600.