

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Вятский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВятГУ»)

Институт математики и информационных систем

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

«Теория принятия решений»
Отчёт по лабораторной работе №2

Выполнил студент группы ИВТб-4301-04-00 _____/Самылов Д.Л.
Проверил преподаватель _____/Крутиков А.К.

Киров 2025

1 Цель работы

Освоение нейросетевой технологии для решения задач классификации и прогнозирования с помощью программы NeuroPro 0.25.

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Обучение нейронных сетей с разным количеством нейронов

В ходе выполнения лабораторной работы обучено 6 нейронных сетей, с разным количеством нейронов в слоях.

Название сети	Число слоев	Число нейронов	Число циклов обучения	Макс.Ошибка	Сред.Ошибка	Прогноз	Ошибка прогноза
n1	3	15-15-5	22	21,65	7,08	55,30	7,30
n2	3	15-18-11	14	17,44	7,24	64,23	16,23
n3	3	22-22-7	16	21,46	7,77	67,12	19,12
n4	3	21-30-13	11	12,55	5,98	69,53	21,53
n5	3	9-10-5	22	13,66	4,91	51,07	3,07
n6	3	10-10-10	18	23,77	7,03	61,48	13,48

Рис. 1: Нейронный сети

По результатам тестирования выбирается сеть n5, имеющая наименьшую ошибку прогноза, среднюю ошибку и вторую наименьшую максимальную ошибку.

Значимость входных сигналов для выбранной сети представлена на рисунке 2.

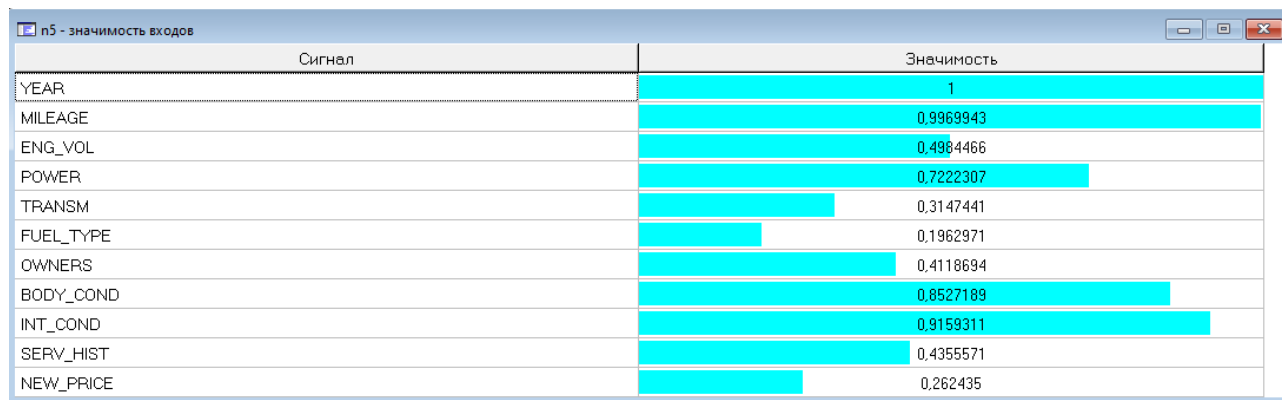


Рис. 2: Значимость входных сигналов

Тестирование проведенное для выбранной сети представлено на рисунках 3-4.

Обучение n5

Число циклов обучения: 22

Шаг: 0,02452

Средняя оценка: 0

Правильно решенных примеров: 100 из 100

Готово

Рис. 3: Тестирование n5

Тестирование n5			
Nº	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	31,59177	6,408232
2	47	51,64942	-4,649422
3	70	77,48209	-7,482094
4	38	38,79941	-0,7994118
5		51,07346	
6	4	16,12462	-12,12462
7	68	69,10641	-1,106407
8	11	17,16527	-6,165274
9	57	49,85387	7,146126
10	42	55,66616	-13,66616
11	43	39,54548	3,454521
12	67	75,21217	-8,212166
13	66	62,02781	3,972191
14	73	77,12667	-4,126671
15	21	28,51488	-7,514885
16	62	64,31795	-2,317947
17	41	42,97677	-1,976768
18	62	61,71353	0,2864685
19	13	13,60723	-0,6072311
20	9	10,44739	-1,44739
		Правильно:	17 (89,47369%)
		Неправильно:	2 (10,52632%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	4,919158
		Макс.ошибка:	13,66616

Рис. 4: Тестирование n5

2.2 Упрощение выбранной нейронной сети n5

Результаты прогнозирования полученные при упрощениях сети представлены на рисунке 5.

Метод упрощения сети	Прогноз	Сред ошибка	Макс ошибка
Сокращение числа входных сигналов	53,82	6,11	9,74
Сокращение числа нейронов	29,27	5,09	9,75
Равномерное упрощение сети	13,63	5,39	9,06
Сокращение числа синапсов	71,76	6,01	9,79
Сокращение числа неоднородных входов	47,38	5,37	9,61
Бинаризация весов синапсов и неоднородных входов	50,51	5,31	9,45

Рис. 5: Методы упрощения сети

Наиболее приемлемым вариантом упрощения сети является вариант сокращение числа неоднородных входов, при котором сеть имеет минимальную среднюю ошибку, низкую минимальную ошибку прогнозирования и наиболее точный к исходному (48) прогноз - 47.38. Значимость входных сигналов для упрощенной сети представлена на рисунке 6.

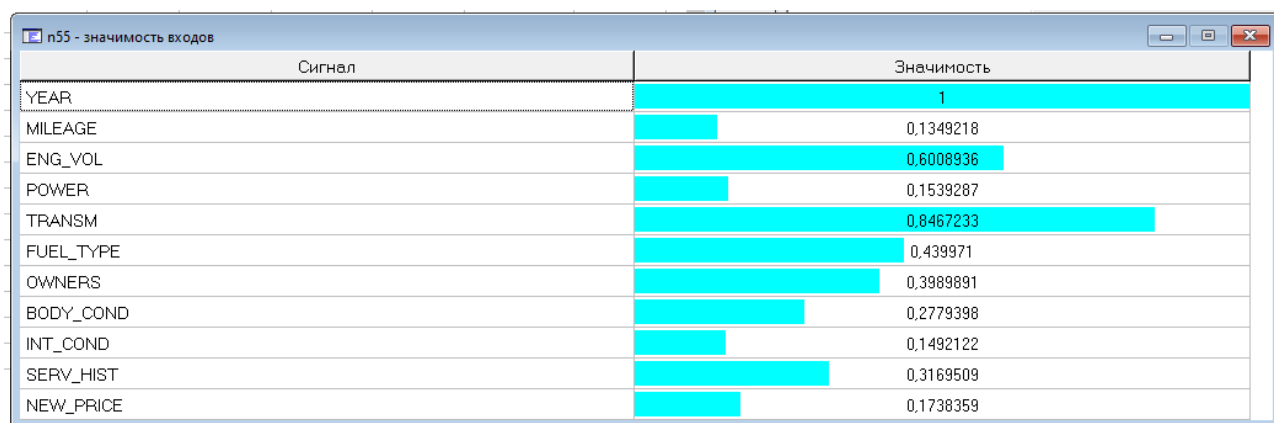


Рис. 6: Значимость входных сигналов

Экранные формы при выборе упрощений представлены далее:

Упрощение n51

Число циклов обучения: 291

Шаг: Zero step

Средняя оценка: 0,02416561

Правильно решенных примеров: 16 из 19

Удалено входов: 9 (9 из 11)

Удалено нейронов: 0 (0 из 24)

Удалено синапсов: 81 (81 из 269)

Бинаризовано синапсов: 0 (0 из 188)

Готово

Рис. 7: Сокращение входных сигналов

Тестирование n51			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	47,30489	-9,304893
2	47	56,1058	-9,105804
3	70	67,31763	2,682365
4	38	45,41953	-7,419525
5		53,82102	
6	4	11,41845	-7,418446
7	68	65,66287	2,337128
8	11	11,5778	-0,5778008
9	57	54,80761	2,192387
10	42	48,20882	-6,208824
11	43	52,36052	-9,360516
12	67	57,25166	9,748344
13	66	57,25166	8,748344
14	73	65,65811	7,341888
15	21	12,19583	8,804166
16	62	57,53626	4,463737
17	41	48,402	-7,401997
18	62	59,29252	2,707478
19	13	12,10752	0,8924789
20	9	18,42134	-9,421339
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	6,112498
		Макс.ошибка:	9,748344

Рис. 8: Тестирование копии n5 - Сокращение входных сигналов

Упрощение n52

Число циклов обучения: 176
Шаг: 3E-5
Средняя оценка: 0.08733374
Правильно решенных примеров: 6 из 19

Удалено входов: 0 (0 из 11)
Удалено нейронов: 20 (20 из 24)
Удалено синапсов: 238 (238 из 269)
Бинаризовано синапсов: 0 (0 из 31)

Готово

Рис. 9: Сокращение числа нейронов

Тестирование n52			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	34,07478	3,925217
2	47	56,21995	-9,219952
3	70	62,6965	7,303505
4	38	38,36272	-0,3627205
5		29,27212	
6	4	11,51259	-7,512586
7	68	62,86844	5,131561
8	11	11,6775	-0,6775017
9	57	60,22371	-3,223713
10	42	48,32228	-6,322285
11	43	50,58433	-7,584328
12	67	62,94799	4,052006
13	66	58,64971	7,350292
14	73	63,24224	9,757759
15	21	12,00471	8,995285
16	62	58,17024	3,829762
17	41	33,67251	7,327488
18	62	61,79038	0,2096214
19	13	11,4438	1,556204
20	9	11,55349	-2,553486
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	5,099751
		Макс.ошибка:	9,757759

Рис. 10: Тестирование копии n5 - Сокращение числа нейронов

Упрощение n53

Число циклов обучения: 917

Шаг: 0,003679464

Средняя оценка: 0,01287861

Правильно решенных примеров: 19 из 19

Удалено входов: 2 (2 из 11)

Удалено нейронов: 4 (4 из 24)

Удалено синапсов: 183 (183 из 269)

Бинаризовано синапсов: 0 (0 из 86)

Готово

Рис. 11: Равномерное упрощение сети

Тестирование n53			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	36,62318	1,376816
2	47	49,61562	-2,615616
3	70	62,23395	7,766048
4	38	30,2829	7,717096
5		13,63856	
6	4	12,75411	-8,754107
7	68	66,97507	1,024925
8	11	18,45276	-7,452759
9	57	64,7673	-7,767296
10	42	51,07	-9,069996
11	43	51,10724	-8,107243
12	67	65,88068	1,119316
13	66	66,92264	-0,9226379
14	73	66,19131	6,808685
15	21	12,34182	8,658178
16	62	55,85601	6,143993
17	41	40,99397	0,006031036
18	62	53,04452	8,955482
19	13	12,5781	0,421896
20	9	16,85609	-7,856091
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	5,397064
		Макс.ошибка:	9,069996

Рис. 12: Тестирование копии n5 - Равномерное упрощение сети

Упрощение n54

Число циклов обучения: 1923

Шаг: Zero step

Средняя оценка: 0,003534527

Правильно решенных примеров: 11 из 19

Удалено входов: 6 (6 из 11)

Удалено нейронов: 14 (14 из 24)

Удалено синапсов: 242 (242 из 269)

Бинаризовано синапсов: 0 (0 из 27)

Готово

Рис. 13: Сокращение числа синапсов

Тестирование n54			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	33,71218	4,287819
2	47	54,70183	-7,701828
3	70	72,81042	-2,810417
4	38	33,79989	4,200111
5		71,76598	
6	4	11,56782	-7,567823
7	68	73,0725	-5,072502
8	11	13,15052	-2,150523
9	57	60,81311	-3,813107
10	42	51,39631	-9,396313
11	43	35,6494	7,350597
12	67	73,12425	-6,124252
13	66	73,04513	-7,045128
14	73	71,92819	1,071808
15	21	11,94973	9,050275
16	62	53,1481	8,851898
17	41	49,91863	-8,918629
18	62	52,20364	9,796356
19	13	17,95389	-4,953892
20	9	13,03481	-4,034814
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	6,010426
		Макс.ошибка:	9,796356

Рис. 14: Тестирование копии n5 - Сокращение числа синапсов

Упрощение n55

Число циклов обучения: 162

Шаг: 0,002583371

Средняя оценка: 0,008674485

Правильно решенных примеров: 19 из 19

Удалено входов: 0 (0 из 11)

Удалено нейронов: 0 (0 из 24)

Удалено синапсов: 24 (24 из 269)

Бинаризовано синапсов: 0 (0 из 245)

Готово

Рис. 15: Сокращение числа неоднородных входов

Тестирование n55			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	28,89656	9,103441
2	47	49,94372	-2,943722
3	70	62,23209	7,76791
4	38	34,95099	3,049011
5		47,38995	
6	4	13,56015	-9,560147
7	68	63,16115	4,838852
8	11	17,32219	-6,322189
9	57	60,07425	-3,074249
10	42	40,50418	1,495819
11	43	51,29609	-8,296085
12	67	61,08087	5,919128
13	66	57,66396	8,336044
14	73	65,1315	7,8685
15	21	15,12181	5,878193
16	62	63,50065	-1,500648
17	41	40,17327	0,8267326
18	62	52,38215	9,617851
19	13	13,70615	-0,7061491
20	9	14,01224	-5,012243
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	5,374574
		Макс.ошибка:	9,617851

Рис. 16: Тестирование копии n5 - Сокращение числа неоднородных входов

Упрощение n56

Число циклов обучения: 1552
Шаг: Zero step
Средняя оценка: 0,001033538
Правильно решенных примеров: 15 из 19

Удалено входов: 0 (0 из 11)
Удалено нейронов: 0 (0 из 24)
Удалено синапсов: 0 (0 из 269)
Бинаризовано синапсов: 263 (263 из 269)

Готово

Рис. 17: Бинаризация весов синапсов и неоднородных входов

Тестирование n56			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	47,39798	-9,397976
2	47	47,30495	-0,3049507
3	70	65,25883	4,741173
4	38	46,82037	-8,82037
5		50,51678	
6	4	13,05167	-9,051675
7	68	64,36246	3,637543
8	11	20,38347	-9,383474
9	57	65,26323	-8,263229
10	42	50,90762	-8,907616
11	43	46,52712	-3,527122
12	67	64,5834	2,416603
13	66	64,38666	1,613342
14	73	64,14518	8,85482
15	21	11,54853	9,451468
16	62	61,66883	0,3311653
17	41	44,31598	-3,315983
18	62	65,25094	-3,250938
19	13	10,96474	2,035263
20	9	12,58551	-3,585507
		Правильно:	19 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	5,310011
		Макс.ошибка:	9,451468

Рис. 18: Тестирование копии n5 - Бинаризация весов синапсов и неоднородных входов

2.3 Методы оптимизации

Метод	Число циклов обучения	Макс.Ошибка	Сред.Ошибка	Прогноз	Ошибка прогноза
Градиентный спуск	575	27,56	10,47	69,56	21,56
Модифицированный Рунге-Кутты	120	20,97	6,68	66,86	18,86
Сопряженные градиенты	29	14,76	14,76	63,18	15,18
BFGS	31	11,88	6,43	67,27	19,27

Рис. 19: Методы оптимизации

Наилучшей оптимизацией оказался метод BFGS, имеющий более точный прогноз и наименьшие ошибки.

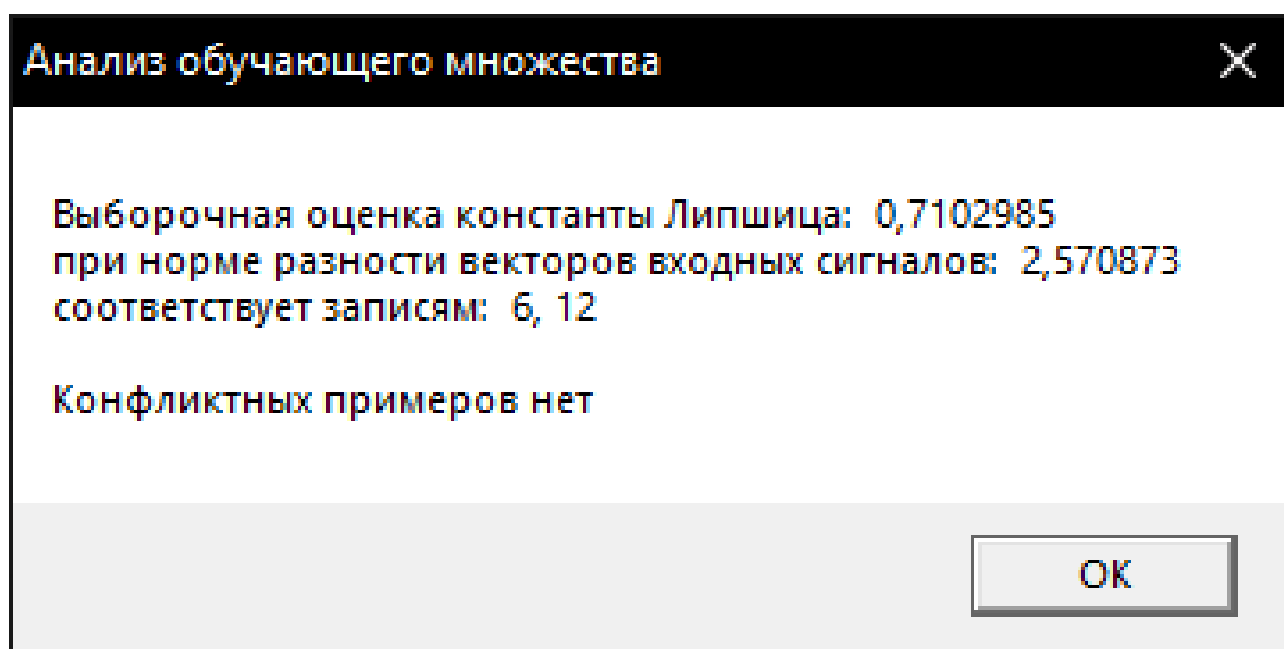


Рис. 20: Анализ обучающего множества

Результаты тестирования при различных метода оптимизации представлены далее.

Тестирование nn1			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	34,84505	3,154949
2	47	69,09361	-22,09361
3	70	81,44112	-11,44112
4	38	49,63844	-11,63844
5		69,56012	
6	4	19,64149	-15,64149
7	68	79,68453	-11,68453
8	11	12,63565	-1,635648
9	57	61,21257	-4,212566
10	42	35,76003	6,239971
11	43	46,06322	-3,063221
12	67	79,24036	-12,24036
13	66	49,90612	16,09388
14	73	69,62477	3,375229
15	21	12,44326	8,556737
16	62	56,60352	5,396477
17	41	13,43454	27,56546
18	62	51,33932	10,66068
19	13	20,46941	-7,46941
20	9	25,92775	-16,92775
		Правильно:	7 (36,84211%)
		Неправильно:	12 (63,15789%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	10,4785
		Макс.ошибка:	27,56546

Рис. 21: Тестирование при оптимизации методом градиентного спуска

Тестирование nn2			
Nº	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	34,12957	3,87043
2	47	58,05056	-11,05056
3	70	67,87031	2,129692
4	38	41,98696	-3,986958
5		66,86468	
6	4	24,97691	-20,97691
7	68	64,52494	3,47506
8	11	9,03288	1,96712
9	57	45,12505	11,87495
10	42	49,38176	-7,381763
11	43	38,88565	4,114349
12	67	69,95621	-2,956207
13	66	64,7953	1,204704
14	73	66,81371	6,186287
15	21	10,05391	10,94609
16	62	57,25166	4,748341
17	41	33,99192	7,008083
18	62	61,25602	0,7439766
19	13	28,18568	-15,18568
20	9	16,18574	-7,185736
		Правильно:	11 (57,89474%)
		Неправильно:	8 (42,10526%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	6,683836
		Макс.ошибка:	20,97691

Рис. 22: Тестирование при оптимизации методом модифицированных Par Tan

Тестирование пп3			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	31,75396	6,246038
2	47	58,02658	-11,02658
3	70	61,88057	8,119427
4	38	39,51891	-1,518909
5		63,18863	
6	4	18,76345	-14,76345
7	68	65,04218	2,957825
8	11	11,30801	-0,3080082
9	57	54,87391	2,126095
10	42	49,9995	-7,9995
11	43	45,92618	-2,926178
12	67	73,52898	-6,528976
13	66	62,94859	3,051414
14	73	76,71088	-3,710876
15	21	21,39265	-0,3926487
16	62	52,20849	9,791508
17	41	36,51946	4,480541
18	62	63,15509	-1,155087
19	13	14,91309	-1,913092
20	9	18,87627	-9,876274
		Правильно:	13 (68,42105%)
		Неправильно:	6 (31,57895%)
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	5,204865
		Макс.ошибка:	14,76345

Рис. 23: Тестирование при оптимизации методом сопряженные градиенты

Тестирование nn4			
№	RATING	Прогноз сети	Ошибка
1	38	30,33762	7,662376
2	47	55,79599	-8,79599
3	70	66,03752	3,962479
4	38	35,80035	2,19965
5		67,27842	
6	4	15,73638	-11,73638
7	68	69,63197	-1,631973
8	11	7,176883	3,823117
9	57	57,98532	-0,9853172
10	42	46,22087	-4,220871
11	43	48,30076	-5,300758
12	67	75,58359	-8,583588
13	66	54,30576	11,69424
14	73	81,85548	-8,855484
15	21	15,69466	5,305335
16	62	66,38602	-4,386017
17	41	29,11651	11,88349
18	62	57,24226	4,757744
19	13	7,693458	5,306542
20	9	20,16831	-11,16831
		Правильно:	11 (57,8947
		Неправильно:	8 (42,10526
		Всего:	19
		Ср.ошибка:	6,434719
		Макс.ошибка:	11,88349

Рис. 24: Тестирование при оптимизации методом BFGS

3 Выводы по работе

В рамках данной лабораторной работы были освоены нейросетевые технологии для решения задач классификации и прогнозирования с помощью программы NeuroPro 0.25.

На подготовительном этапе был изучен интерфейс программного обеспечения и приобретены навыки загрузки и обработки данных. Ключевым результатом стала самостоятельная разработка и формирование обучающей выборки в формате DBF.

Практическая значимость работы заключается в успешном прохождении полного цикла создания прогнозной модели — от сбора и подготовки данных до конфигурирования архитектуры сети, её обучения, оптимизации и анализа полученных результатов. В итоге были проведены сравнения полученных нейронных сетей и выбраны сети, которые наиболее точно предсказывают результат.

В результате лабораторной работы были получено базовое представление о простых нейронных сетях и этапах их обучения. Полученные знания пригодятся при дальнейшем изучении перемета теория принятия решений.