

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Вятский государственный университет»
Факультет автоматики и вычислительной техники
Кафедра электронных вычислительных машин

Лабораторная работа № 2 по курсу
«Теория принятия решений»

Выполнил студент группы ИВТ-32 _____/Рзаев А. Э./
Проверил доцент кафедры ЭВМ _____/Ростовцев В. С./

Киров 2018

Задание на лабораторную работу:

Используя инструментальную систему (NeuroPro 0.25) выполнить прогнозирование ВВП России за май 1998 г. Величина прогноза 205.

ИСХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Месяц	Vx1	Vx2	Vx3	Vx4	Vx5	Vx6	Vx7	Vx8	Vx9	Vx10	Vx11	Vx12	Vx13	Выход
1996 г.														
январь	109,9	287,7	75,8	17,0	11,6	5,9	4,3	4,732	59,5	204,0	654,8	37,3	6,4	148
февраль	114,1	271,8	71,0	18,0	13,7	6,9	5,3	4,815	55,4	189,0	684,4	36,6	6,5	150
март	121,5	289,4	79,1	22,8	16,9	7,7	5,3	4,854	59,5	179,0	745,0	35,9	6,5	168
апрель	122,5	279,2	78,9	24,2	16,4	7,2	5,7	4,940	61,0	168,0	746,5	35,4	6,6	175
май	110,3	284,3	77,2	24,0	17,8	7,2	5,4	5,014	60,7	158,0	779,3	34,9	6,7	169
июнь	110,6	273,9	73,0	27,0	21,2	7,1	5,2	5,108	61,4	150,0	837,2	34,6	6,7	181
июль	111,3	274,8	74,4	27,3	22,1	7,3	5,5	5,191	62,4	144,0	842,8	34,0	6,7	188
август	113,1	271,6	76,4	27,9	20,5	7,1	5,2	5,345	63,5	137,0	831,0	33,5	6,8	200
сентябрь	116,3	272,7	76,2	30,0	22,2	7,3	4,8	5,396	65,2	132,0	848,1	33,2	6,8	201
октябрь	127,8	291,6	79,8	32,0	20,7	8,3	5,2	5,455	65,7	127,0	843,3	33,0	6,9	205
ноябрь	124,8	282,4	74,4	48,9	21,0	8,4	4,9	5,511	66,7	124,0	835,0	32,9	7,0	198
декабрь	132,0	292,9	72,4	76,9	21,7	8,7	5,5	5,560	75,4	122,0	1 017,0	32,5	7,2	217
1997 г.														
январь	119,8	283,1	68,9	19,7	14,0	7,0	4,7	5,629	68,8	120,0	812,0	31,9	7,1	172
февраль	122,9	266,9	67,6	20,8	15,8	6,7	5,0	5,676	64,4	118,0	821,0	31,7	7,5	175
март	134,1	288,5	76,3	26,5	18,3	7,3	5,6	5,726	67,9	117,0	903,0	31,6	7,6	194
апрель	130,7	272,9	73,5	25,2	16,7	6,9	6,2	5,762	69,5	115,0	901,0	31,3	7,8	202
май	125,7	267,3	72,4	25,5	18,8	6,5	5,5	5,773	68,5	114,6	920,0	31,5	7,9	205
июнь	128,0	255,8	71,3	29,0	22,2	6,6	5,5	5,782	68,2	114,5	993,2	31,1	7,9	213
июль	130,1	259,4	74,2	29,0	23,7	7,0	5,2	5,798	69,2	114,7	999,1	30,9	7,9	222
август	132,2	256,6	76,3	29,8	22,2	7,2	6,3	5,830	71,6	114,8	982,3	30,9	7,9	241
сентябрь	132,7	261,8	75,7	32,5	23,8	6,9	6,2	5,860	74,7	114,1	1 026,2	31,0	8,0	252
октябрь	140,9	274,4	79,3	33,0	22,5	8,2	6,2	5,887	75,1	112,9	1 006,1	31,0	8,1	242
ноябрь	136,3	279,2	74,9	53,3	22,2	8,2	5,8	5,919	76,6	111,5	997,8	31,1	8,1	226
декабрь	142,9	286,6	74,0	84,5	22,4	9,2	7,7	5,960	89,6	111,0	1 214,8	30,7	8,2	258
1998 г.														
январь	131,3	276,1	69,3	18,3	13,0	5,7	5,3	6,026	77,7	101,5	989,0	32,5	8,2	187
февраль	131,8	248,7	64,3	19,7	14,9	5,7	5,8	6,072	71,7	102,4	994,0	32,1	8,3	184
март	137,7	280,1	73,2	26,9	18,0	6,4	5,8	6,106	74,5	103,1	1066,0	32,0	8,3	198
апрель	131,0	262,1	71,7	25,9	17,2	5,6	5,9	6,133	74,9	103,5	1044,0	31,8	8,4	205
май	118,3	253,6	70,2	24,5	18,6	6,3	6,0	6,198	74,6	104,0	1047,0	31,9	8,3	205

В качестве входных используются следующие параметры:

1. Vx1 – объём промышленной продукции [млрд.руб.];
2. Vx2 – грузооборот предприятий транспорта [млрд.тонно-километров];
3. Vx3 – перевозки грузов железнодорожным транспортом [млн.тонн];
4. Vx4 – инвестиции в основной капитал [млрд.руб];
5. Vx5 – объём подрядных работ в фактических ценах [млрд.руб];
6. Vx6 – экспорт товаров [млрд.долларов США];
7. Vx7 – импорт товаров [млрд.долларов США];
8. Vx8 – официальный курс доллара США [рублей];
9. Vx9 – розничный товарооборот [млрд.руб];
10. Vx10 – индекс потребительских цен [в % к месяцу предшествующего года];
11. Vx11 – номинальная начисленная среднемесячная зарплата на 1-го работника [руб.];
12. Vx12 – численность населения с доходами ниже прожиточного минимума [млн.чел.];
13. Vx13 – общая численность безработных на конец периода [млн.чел.];

В качестве выходного параметра используется ВВП (Внутренний Валовой Продукт – все товары и услуги, произведенные на территории Российской Федерации) России в млрд.руб.

Источник : Основные социально-экономические показатели по Российской Федерации за 1996-1998 гг. (по материалам Госкомстата России) // журнал “Вопросы статистики” № 8, 1998 г.

Важное свойство нейронной сети – *способность к обобщению* полученных знаний. Сеть, натренированная на обучающей выборке может выдавать результаты при подаче на её вход данных, которые не участвовали в обучении. Для усиления способности к обобщению необходимо:

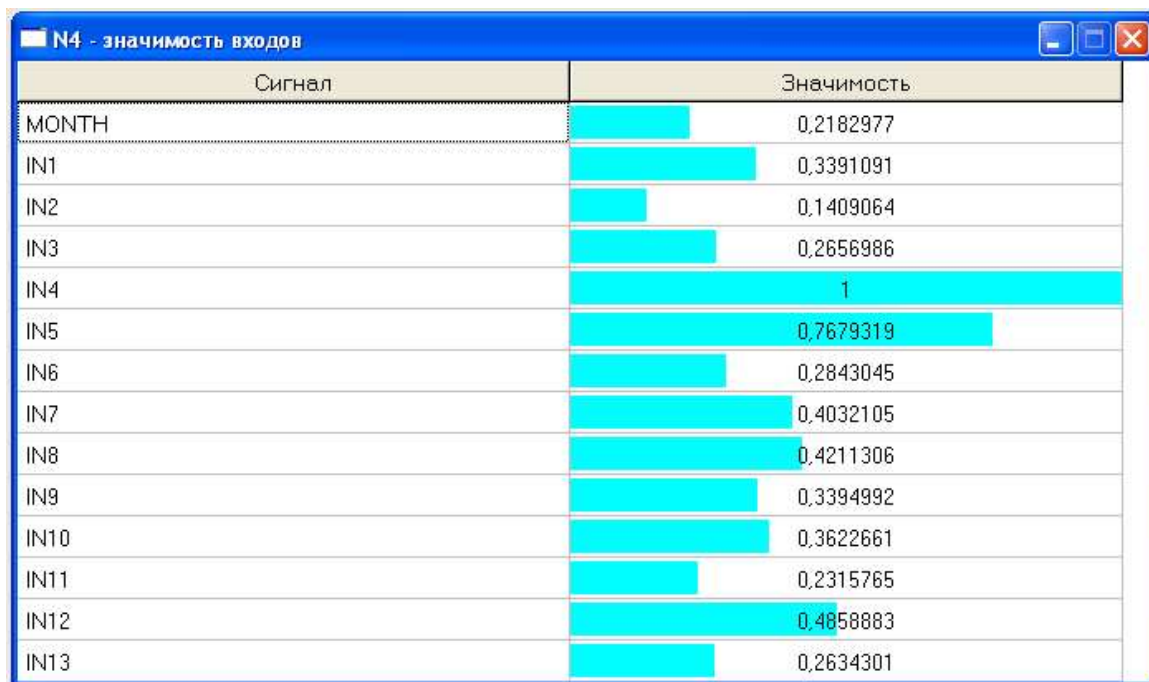
1. В задачнике не должны присутствовать вектора данных, у которых одинаковые входные сигналы и разные выходные. Нейронная сеть не может обучиться решению таких противоречивых задач.
2. Оптимизировать структуру нейронной сети и использовать избыточное обучающее множество L . Истинная цель обучения состоит в таком подборе архитектуры и параметров сети, которые обеспечивают минимальную погрешность распознавания тестового подмножества G , не участвующего в обучении. Со статической точки зрения погрешность обучения зависит от уровня погрешности обучения $E_L(W)$ и доверительного интервала ε .

Выбор оптимальной архитектуры:

Количество слоёв	Слой	Количество нейронов	Точность	Число циклов обучения	Прогноз	Средняя ошибка
7	1	22	11	17	185.6463	5.562058
	2	20				
	3	18				
	4	16				
	5	14				
	6	12				
	7	12				
6	1	20	11	5	215.169	10.07414
	2	18				
	3	16				
	4	14				
	5	12				
	6	12				
5	1	18	11	6	201.7504	9.694689
	2	16				
	3	15				
	4	12				
	5	12				
4	1	16	11	12	206.4488	8.984458
	2	14				
	3	13				
	4	10				
3	1	26	11	3	187.2152	10.04891
	2	20				
	3	20				
2	1	26	11	3	211.5011	11.41811
	2	13				

Оптимальной архитектурой является 4-слойная сеть с количеством нейронов на 1-и, 2-м, 3-м и 4-м слоях соответственно 16, 14, 13, 10.

Значимость входов для НС с выбранной архитектурой

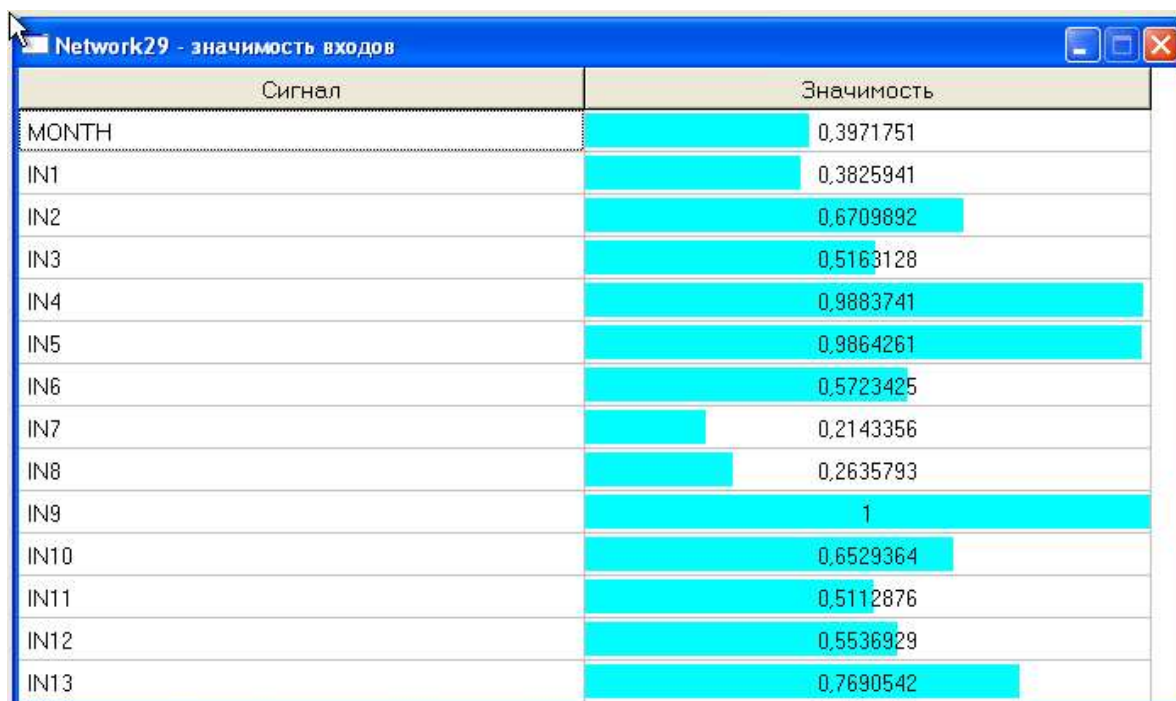


Упрощение нейронной сети

Метод упрощения	Число циклов обучения	Правильно решённых примеров	Удалено входов	Удалено нейронов	Удалено синапсов	Бинаризация синапсов	Прогноз и средняя ошибка
Сокращение числа входных сигналов	104	17 из 28	11 из 14	0 из 53	208 из 824	0 из 616	178.3972 11.94083
Сокращение числа нейронов	291	17 из 28	0 из 14	47 из 53	782 из 824	0 из 45	230.0342 11.79841
Равномерное упрощение сети	2975	28 из 28	4 из 14	12 из 53	649 из 824	0 из 175	213.8728 11.27729
Сокращение числа синапсов	3864	23 из 28	12 из 14	33 из 53	780 из 824	0 из 44	176.4951 12.54108
Сокращение неоднородных входов	297	28 из 28	0 из 14	0 из 53	53 из 824	0 из 771	197.3871 12.91698
Бинаризация синапсов и неоднородных входов	4931	17 из 28	0 из 14	0 из 53	0 из 824	785 из 824	171.1475 13.43194

Наиболее эффективным оказался метод сокращения неоднородных входов.

Значимость входов упрощённой нейронной сети:



Выбор метода оптимизации

Метод	Число циклов обучения	Кол-во обученных примеров	Средняя ошибка	Прогноз
Градиентный спуск	7	28	12.83115	196.5791
Модифицированный Par Tan	10	28	10.8284	209.4594
Сопряженные градиенты	5	28	12.86843	207.9268
BFGS	4	28	7.822987	211.3283

Анализ обучающего множества

The screenshot shows a software interface for neural network analysis. At the top, a window titled 'F:\Dropbox\Документы\Учеба\ТПП\Abs\Lab2\Lab2.npp' displays a list of neural networks (N2, N3, N4, N5, N6, N7) and their descriptions. The description for the selected network (N4) is as follows:

Описание сети:	
Число входных полей:	14
Число входов сети:	14
Число выходных полей:	1
Число выходов сети:	1
Слой 1:	16 нейронов
Слой 2:	14 нейронов
Слой 3:	13 нейронов
Слой 4:	10 нейронов

Buttons on the right include 'Новая сеть', 'Копия сети', 'Удалить сеть', and 'Параметры'. Below this, a window titled 'F:\Dropbox\Документы\Учеба\ТПП\Abs\Lab2\data.dbf' shows a table of data. A modal window titled 'Анализ обучающего множества' is overlaid, displaying the following information:

Выборочная оценка константы Липшица: 0,3154636
 при норме разности векторов входных сигналов: 0,9583532
 соответствует записям: 18, 21

Конфликтных примеров нет

Buttons: 'ОК', 'Открыть файл данных'

MONTH	IN1	IN2							
9611	124,8								
9612	132								
9701	119,8								
9702	122,9								
9703	134,1								
9704	130,7	272,9							
9705	125,7	267,3							
9706	128	255,8	71,3	29	22,2	6,6	5,5	5,7	
9707	130,1	259,4	74,2	29	23,7	7	5,2	5,7	
9708	132,2	256,6	76,3	29,8	22,2	7,2	6,3	5,7	
9709	132,7	261,8	75,7	32,5	23,8	6,9	6,2	5,7	

Вывод: оптимальной структурой сети в данном примере является 4-слойная НС с 16, 14, 13 и 10 нейронами соответственно на 1-м, 2-м, 3-м и 4-м слое. При выборе метода оптимизации самым точным оказался выбранный по умолчанию метод сопряжённых градиентов и модифицированный Рар Тап. Также в результате обучения НС одной и той же архитектуры может выдавать разные прогнозы. Наиболее влияют на прогнозирование ВВП России за май 1998 г инвестиции в основной капитал [млрд.руб], объём подрядных работ в фактических ценах [млрд.руб] и розничный товарооборот [млрд.руб]. Наименьшее влияние оказывает импорт товаров [млрд.долларов США].