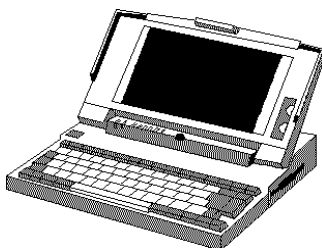


ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра систем автоматизированного проектирования
и информационных систем

**РЕШЕНИЕ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫХ ЗАДАЧ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ НА
ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине «Нейросетевые
технологии» для студентов направления 09.03.02
«Информационные системы и технологии»
очной формы обучения



Воронеж 2019

РЕШЕНИЕ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫХ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1.1. Цель работы: изучение математических моделей и алгоритмов функционирования искусственных нейронных сетей (ИНС), получение практических навыков по проектированию, обучению, анализу и оптимизации ИНС в пакете прикладных программ NeuroPro.

1.2. Содержание работы

Лабораторная работа состоит из домашнего и лабораторного заданий. Домашнее задание заключается в изучении основных положений искусственных нейронных сетей, принципов их функционирования и моделирования, алгоритмов обучения, возможностей нейросетевой постановки неформализованных задач прогнозирования, классификации и аппроксимации зависимостей. Лабораторное задание включает подготовку исходных данных для нейросетевого моделирования и практическое использование средств пакета NeuroPro для решения конкретных задач прогнозирования.

2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

2.1. Краткие теоретические сведения

Под ИНС понимается некоторое вычислительное устройство обработки информации, состоящее из большого числа параллельно работающих простых процессорных элементов – нейронов, связанных между собой линиями передачи информации – связями или синапсами. У ИНС выделена группа связей, по которым она получает информацию из внешнего мира, и группа выходных связей, с которых снимаются выдаваемые сетью сигналы. ИНС применяются для решения различных задач классификации и прогнозирования. ИНС обучается решению задачи на основании некоторой обучающей выборки – "задачника", состоящего из набора пар "вход–требуемый выход", и далее способна решать примеры, не входящие в обучающую выборку

Среди всего множества нейросетевых архитектур можно выделить две базовых архитектуры – *слоистые* и *полносвязные* сети.

Слоистые сети. нейроны расположены в несколько слоев. Нейроны первого слоя получают входные сигналы, преобразуют их и через точки ветвления передают нейронам второго слоя. Далее срабатывает второй слой и т.д. до k -го слоя, который выдает выходные сигналы. Если не оговорено противное, то каждый выходной сигнал i -го слоя подается на вход всех нейронов $i+1$ -го. Число нейронов в каждом слое может быть любым и никак заранее не связано с количеством нейронов в других слоях. Стандартный способ подачи входных сигналов: каждый нейрон первого слоя получает все входные сигналы.

Можно выделить два класса задач, решаемых обучаемыми нейронными сетями. Это задачи предсказания и классификации. Задачи предсказания или прогнозирования являются, задачами построения регрессионной зависимости выходных данных от входных. ИНС могут эффективно строить сильно нелинейные регрессионные зависимости.

На веса синапсов сети обычно наложены требования принадлежности некоторому диапазону значений. Наиболее часто используемые нелинейные функции нейронов также обычно выдают значения из некоторого диапазона. Это приводит к тому, что обычно нельзя подавать сети входные сигналы в их истинном диапазоне величин и получать от сети выходные сигналы в требуемом диапазоне. Поэтому перед подачей сети входных сигналов их необходимо нормировать, например, в диапазон значений $[-1,1]$ или $[0,1]$ в тех случаях, когда существенна положительность сигнала, либо делать так, чтобы входные сигналы не слишком сильно выходили за пределы этих отрезков. При нормировке каждая компонента входного вектора данных x_i заменяется величиной

$$x_i = \frac{x_i - (\max x_i + \min x_i)/2}{(\max x_i - \min x_i)/2},$$

где $\max x_i$ и $\min x_i$ – соответственно максимальное и минимальное значение для данной компоненты, вычисленные по всей обучающей выборке. По этой же формуле пересчитываются и компоненты векторов ответов.

Обучение нейронной сети означает минимизацию функционала невязки между выходными сигналами сети (действительными выходами) и сигналами, которые требуется получить (желаемыми

выходами). Минимизация производится путем такой подстройки обучаемых параметров нейронов сети (весовых коэффициентов синапсов), чтобы сеть на некоторый входной вектор сигналов X выдавала такой ответ Y' , который был бы по возможности ближе к требуемому ответу Y .

После обучения нейронной сети необходимо провести ее тестирование на тестовой выборке для определения точности решения не входивших в обучающую выборку задач. Точность правильного решения очень сильно зависит от репрезентативности обучающей выборки.

Упрощение (контрастирование) нейронной сети строится как последовательный процесс исключения из сети наименее значимого элемента и дальнейшего обучения ИНС.

После того, как сеть обучилась решению некоторой задачи, обычно не ясно, какие же правила используются сетью для получения правильных ответов. ИНС производит из задачника (таблицы данных) скрытое знание – формирует некоторый навык прогнозирования или классификации, но логическая структура этого навыка осталась непонятной пользователю. Этот факт называется логической непрозрачностью ИНС. Логически прозрачной называется ИНС у которой легко можно сформировать понятный пользователю алгоритм решения задачи.

После того, как сеть приведена к логически прозрачному виду, необходимо вербализовать навык, заложенный в ИНС, в понятном пользователю виде. Это делается на основе графического визуального либо текстового представления структуры нейронной сети. Вербализация проводится как процесс восстановления симптом-синдромной структуры понятий предметной области

Программа NeuroPro представляет собой менеджер обучаемых искусственных нейронных сетей, работающий в среде операционной системы Windows и позволяющий производить следующие базовые операции:

1. Создание нейропроекта;
2. Подключение к нейропроекту файла (базы) данных в формате dfb (dBase, FoxBase, FoxPro, Clipper) или db (Paradox);
3. Редактирование файла данных – изменение существующих значений и добавление новых записей в базу данных; сохранение файла данных в другом формате;

4. Добавление в проект нейронной сети слоистой архитектуры с числом слоев нейронов от 1 до 10, числом нейронов в слое – до 100;
5. Обучение нейронной сети решению задачи прогнозирования или классификации. ИНС может одновременно решать как несколько задач прогнозирования (прогнозирование нескольких чисел), так и несколько задач классификации, а также одновременно задач и прогнозирования, и классификации.
6. Тестирование нейронной сети на файле данных, получение статистической информации о точности решения задачи;
7. Вычисление показателей значимости входных сигналов сети, сохранение значений показателей значимости в текстовом файле на диске;
8. Упрощение нейронной сети;
9. Генерация и визуализация вербального описания нейронной сети, сохранение вербального описания в текстовом файле на диске;
10. Выбор алгоритма обучения, назначение требуемой точности прогноза, настройка нейронной сети.

В качестве файлов данных (содержащих обучающую выборку для нейронных сетей) используются файлы форматов DBF (форматы пакетов Dbase, FoxBase, FoxPro, Clipper) и DB (Paradox). Возможно чтение и редактирование этих файлов и сохранение измененных файлов на диске. Программа не накладывает ограничений на число записей (строк) в файле данных.

Файлы нейропроекта имеют уникальный формат, поддерживаемый только настоящей программой. Файлы вербального описания сети, результатов тестирования нейросети, показателей значимости входных сигналов имеют стандартный ASCII-формат текстовых файлов данных и могут читаться всеми программами-редакторами текстов и импортироваться в электронные таблицы.

В данной программе имеется возможность работы только со слоистыми и слоистыми монотонными нейронными сетями с числом слоев нейронов от 1 до 10, числом нейронов в слое – до 100. Число нейронов в слое не зависит от числа входных сигналов и числа выходных сигналов. После последнего слоя нейронов сеть имеет слой адаптивных сумматоров с числом сумматоров, равных числу выходных сигналов, с которых и снимаются выходные сигналы сети.

Число входных и выходных сигналов сети ограничено максимальным числом полей в файле данных и не может в сумме превышать 255 или 511 (в зависимости от файла данных) сигналов. Каждому входному и выходному сигналу соответствует поле в файле данных. Веса синапсов при обучении могут изменяться в диапазоне $[-1,1]$, при создании сети иницируются случайными числами.

Нелинейная функция активации нейрона имеет вид $f(A)=A/(c+|A|)$, где c - параметр крутизны переходного участка сигмоидной функции, который задается при создании сети в диапазоне $[0.0001,1]$ и не изменяется при обучении. Параметр крутизны можно задавать отдельно для каждого слоя сети.

Обрабатываемые поля могут быть непрерывными (количественными) и дискретнозначными (качественными).

Каждое количественное поле в файле данных будет соответствовать одному входному или выходному сигналу сети. Перед подачей количественных входных полей нейронной сети происходит их нормировка в диапазон значений $[-1,1]$ по каждому полю. Выходные сигналы сети нормируются в диапазон истинных значений.

Для прогнозируемого качественного признака точность означает максимально допустимое отклонение прогноза сети от истинного значения признака. Желательно задавать как можно менее жесткие требования к точности. Это ускорит как процесс обучения, так и процесс упрощения сети. Также задачу можно будет решить на основе нейронной сети с меньшим числом слоев или нейронов, и, обычно, на основании меньшего числа входных сигналов.

Обучение нейронной сети на некотором задатнике производится градиентными методами оптимизации, градиент вычисляется по принципу двойственности. В программе реализованы четыре алгоритма оптимизации:

- Градиентный спуск.
- Модифицированный ParTan.
- Метод сопряженных градиентов.
- Квазиньютоновский BFGS-метод.

При создании нейропроекта в качестве алгоритма по умолчанию принимается ParTan.

Примеру задачника соответствует запись (строка) файла данных. Для включения записи файла данных в задачник в записи должны присутствовать данные для всех полей, используемых нейронной сетью в качестве входных и выходных.

Обучение прекращается при достижении заданной точности решения задачи либо при невозможности дальнейшей оптимизации.

В NeuroPro предоставляются следующие возможности по упрощению сети:

- сокращение числа входных сигналов;
- сокращение числа нейронов сети;
- сокращение числа синапсов сети;
- сокращение числа неоднородных (пороговых) входов нейронов сети.
- равномерное упрощение сети, чтобы на каждый нейрон сети приходило не более n сигналов.
- бинаризация весов синапсов и неоднородных входов сети.

Сокращение входных сигналов и нейронов может достигаться и при выполнении других операций по упрощению сети, а не только при целенаправленном сокращении именно входных сигналов и нейронов.

Нейрон сети считается удаленным, если у него удалены все выходы или его сигнал не используется нейронами следующего слоя.

Входной сигнал считается удаленным, если удалены все синапсы, по которым этот сигнал поступал на нейроны первого слоя сети.

Удаленные при упрощении элементы физически остаются в нейронной сети, но при генерации вербального описания сети не вносятся в вербальное описание.

При генерации вербального описания в тексте перечисляются используемые поля файла данных, правила их предобработки для подачи сети, описание нелинейных функций нейронов, функционирование нейронной сети послойно и понейронно, правила нормировки выходных сигналов сети в диапазон истинных значений. Сигналам, генерируемым нейронами сети, присваиваются некоторые имена и в дальнейшем пользователь при анализе сети может именовать эти сигналы в терминах проблемной области.

Получив вербализованное описание нейронной сети, пользователь может попытаться восстановить правила, сформированные сетью для решения задачи – записать на естественном языке алгоритм решения неформализованной задачи предсказания или классификации.

Работа с нейронными сетями возможна только в рамках некоторого проекта. Для того, чтобы создать проект, необходимо выбрать пункт меню *Файл->Создать* или нажать кнопку "*Создать*" в панели кнопок. После создания нейропроекта в окне нейропроекта в него можно вставлять ИНС и работать с последними. Созданный нейропроект может быть сохранен на диске при помощи команд меню *Файл->Сохранить*, *Файл->Сохранить как* или нажатием на кнопку "*Сохранить*".

В дальнейшем возможна работа с сохраненными файлами нейропроекта – для этого необходимо выбрать пункт меню *Файл->Открыть* или нажать кнопку "*Открыть*" и далее выбрать в диалоговом окне имя нужного нейропроекта.

Окно нейропроекта (рис. 2.1) содержит следующие элементы:

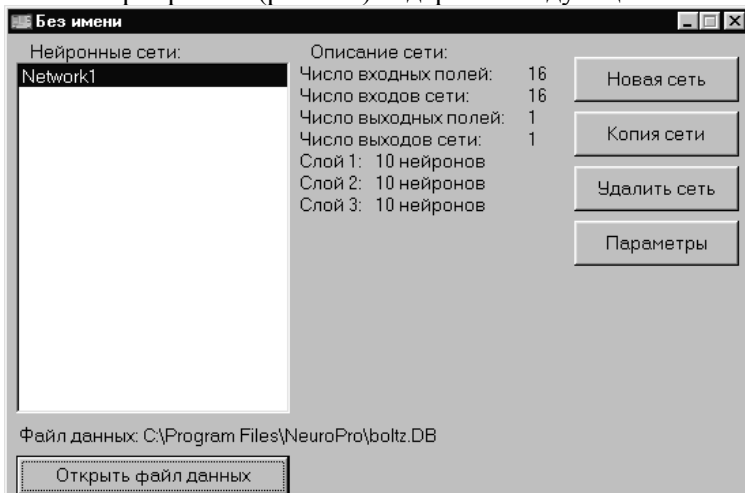


Рис.2.1. Окно нейропроекта

ИНС – список имеющихся в проекте нейронных сетей. Работа ведется с выбранной в настоящий момент нейронной сетью. Перемещение по списку изменяет активную нейронную сеть.

Описание сети – информация о структуре активной нейронной сети – числе слоев и нейронов в сети, числе входных и выходных сигналов. Эта информация отражает начальную структуру.

Файл данных – имя подключенного к проекту файла данных.

Открыть файл данных – вызов диалога открытия файла для смены подключенного к проекту файла данных.

Новая сеть – вызов диалога создания новой нейронной сети.

Копия сети – создание новой ИНС, по структуре совпадающей с текущей.

Удалить сеть – удаление активной нейронной сети из проекта.

Параметры – диалог смены параметров активной нейронной сети, который позволяет менять только точность решения задачи и параметры крутизны характеристики нейронов.

Большинство операций с нейронными сетями требуют присутствия подключенного к нейропроекту файла данных. Для подключения файла данных или его замены необходимо нажать кнопку *Открыть файл данных* в окне нейропроекта и далее выбрать имя необходимого файла данных. Открытый файл данных отображается в собственном окне, где предоставляется возможность его редактирования.

ИНС, созданные для этого файла данных, обучаются только на том множестве строк файла, где для входных и выходных полей имеются все данные. Тестирование нейронных сетей происходит по тем строкам файла, где имеются все данные во входных полях. При закрытии окна файла данных подключение к нейропроекту завершается.

При подключенном файле данных можно проводить операции создания новых нейросетей, их обучения, тестирования и упрощения.

Для создания новой нейронной сети необходимо нажать кнопку *Новая сеть* в окне нейропроекта и заполнить *Диалог создания нейронной сети*. Созданную нейронную сеть можно далее обучать, тестировать, упрощать и сохранять на диске вместе с нейропроектом.

Поле является выходным для сети – ИНС обучается прогнозировать значения этого поля.

Входы и выходы – лист для определения использования нейронной сетью имеющихся в файле данных полей (рис.2.2).

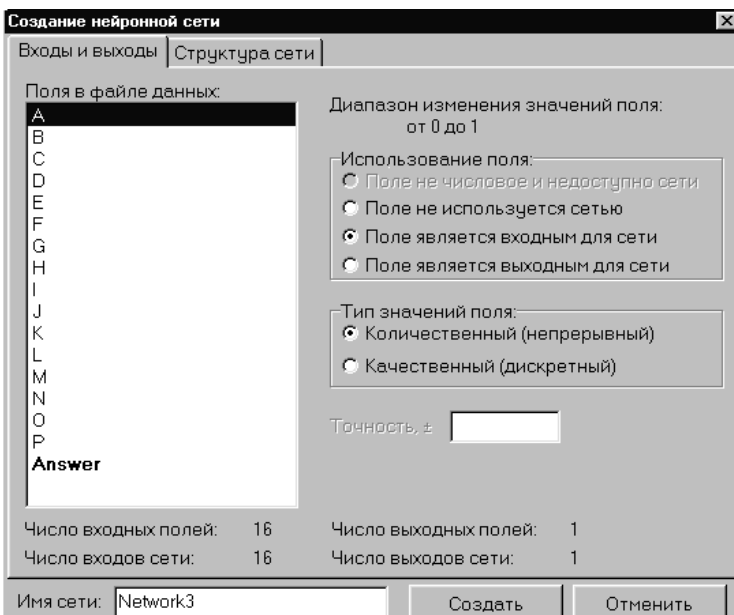


Рис.2.2. Диалог создания нейронной сети (входы и выходы)

Поля в файле данных – список полей в файле данных.

Использование поля – использование текущего поля нейронной сетью.

Поле не числовое и недоступно сети – поле не является числовым и не может обрабатываться нейронной сетью.

Поле не используется сетью – данное числовое поле не используется сетью.

Поле является входным для сети – значения данного поля подаются на входы сети.

Тип значений поля – определение значений, которые принимает текущий признак:

Количественный (непрерывный) – признак принимает значения из некоторого непрерывного диапазона значений.

Качественный (дискретный) – признак принимает значения из конечного набора дискретных значений. Для определения набора дискретных состояний появляется лист Дискретные состояния (см. далее).

Диапазон изменения значений поля – минимальное и максимальное значение поля в файле данных.

Надежность или *Точность* – требования к точности решения задачи.

Для количественного признака точность может изменяться от 0 (максимальная точность, не должно быть отличий прогноза сети от известного значения) до ширины диапазона изменения значений этого поля (минимальная точность). По умолчанию предлагается точность в 10% от ширины диапазона, при этом сеть должна обучиться предсказывать значения данного поля с точностью $\pm 10\%$ от ширины диапазона изменения значений. Чем меньше величина допустимой точности, тем более точно сеть должна научиться предсказывать известные значения.

Число входных полей – число полей в файле данных, используемых сетью в качестве входных.

Число входов сети – число входных сигналов сети.

Число выходных полей – число полей в файле данных, используемых сетью в качестве выходных.

Число выходов сети – число выходных сигналов сети.

Структура сети – лист для задания структуры нейронной сети (рис. 2.3).

Создание нейронной сети

Входы и выходы | Структура сети

Число слов в нейронах: 3 | Монотонность:

	Число нейронов:	Нелинейность:	Характеристика:
Слой 1:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 2:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 3:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 4:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 5:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 6:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 7:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 8:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 9:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1
Слой 10:	10	Сигмоида $f(x)=x/(c+ x)$	0,1

Имя сети: Network3 | Создать | Отменить

Рис. 2.3. Диалог создания нейронной сети (структура сети)

Монотонность – создание сети монотонной архитектуры.

Число слоев нейронов – число слоев нейронов в сети. Изменяется от 1 до 10. По умолчанию предлагается 3 слоя нейронов. Для каждого слоя нейронов возможно задание следующих характеристик:

Число нейронов – число нейронов в слое. Изменяется от 1 до 100. По умолчанию предлагается 10 нейронов в слое.

Нелинейность – вид нелинейного преобразователя нейронов данного слоя - сигмоидная функция вида $f(A)=A/(c+|A|)$, где c - характеристика нейрона.

Характеристика – значение необучаемой константы, используемой нелинейным преобразователем. Может изменяться в диапазоне от 0,0001 до 1 для описанной выше сигмоидной нелинейности. По умолчанию предлагается значение характеристики, равное 0,1.

Имя сети – имя нейронной сети в списке сетей нейропроекта.

Создать/Изменение – создание нейронной сети или внесение изменений в ее параметры.

Отменить – отмена создания или изменения параметров нейронной сети.

После создания нейронной сети она появляется в списке сетей нейропроекта и становится активной.

Для обучения активной в данный момент в нейропроекте нейронной сети необходимо выбрать пункт меню *ИНС/Обучение*. При этом на экран выводится *Окно обучения и упрощения сети*, где пользователь имеет возможность наблюдать процесс обучения и при необходимости самостоятельно завершить обучение нажатием кнопки *Завершить*.

В окне обучения и упрощения нейронной сети отображаются следующие характеристики (рис. 2.4.).

Число циклов обучения – общее число шагов обучения (шагов градиентного спуска, РaгТаn-шагов, шагов метода сопряженных градиентов или BFGS-метода).

Шаг – величина шага в направлении оптимизации. При невозможности оптимизации в этом поле отображается строка *Zero step* или *Infinite step* – соответственно при нулевом или бесконечном шаге в направлении оптимизации.

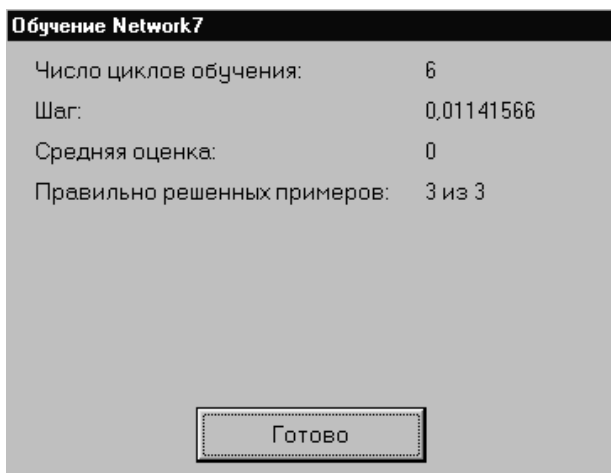


Рис. 2.4. Окно обучения и упрощения сети

Средняя оценка – средняя оценка на обучающем множестве.

Правильно решенных примеров – число примеров с нулевой оценкой из общего числа примеров, по которым производится обучение сети.

Удалено входов – число удаленных входных сигналов сети.

Удалено нейронов – число удаленных у сети нейронов.

Удалено синапсов – число удаленных синапсов и неоднородных входов нейронов сети.

Бинаризовано синапсов – число бинаризованных синапсов и неоднородных входов нейронов сети.

Завершить/Готово – кнопка прекращения процесса обучения или упрощения сети.

Обучение прекращается автоматически при достижении нулевого значения средней оценки на задачнике, в случае невозможности дальнейшего улучшения оценки либо при аварийных ситуациях (нулевой или бесконечный шаг в направлении оптимизации).


Упрощение прекращается автоматически при невозможности достижения нулевого значения средней оценки после очередного акта упрощения сети. При этом сеть возвращается к предыдущему состоянию полной обученности.

Имея нейронную сеть, можно посмотреть, насколько точно она прогнозирует значения выходных полей в файле данных. Для

тестирования нейронной сети необходимо выбрать пункт меню *ИНС/Тестирование*. Результат тестирования сети выводится в *Окно тестирования сети*.

В окне тестирования сети (рис. 2.5.) выводится значения полей файла данных, которые являются выходными для нейронной сети, и значения прогноза этих полей нейронной сетью. Если для какой-либо строки в файле неизвестно значение выходного поля, то для этой записи будет выведен только прогноз сети.

Содержимое окна прогноза можно сохранить в текстовом файле для последующей обработки в другой программе (например, Microsoft Excel).



№	OUT	Прогноз сети	Ошибка
1	1	1,058994	-0,05899429
2	0,9	0,9544077	-0,05440769
3	0	0,08908436	-0,08908436
		Правильно:	3 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	3
		Ср.ошибка:	0,06749544
		Макс.ошибка:	0,08908436

Рис. 2.5. Окно тестирования сети

Для каждого выходного поля информация выводится в три колонки:

1. *"Значение"* – значения исходных данных для этого поля. Для количественных данных выводятся собственно значения данных, для качественных – принадлежность их к тому или иному классу.

2. *"Прогноз"* – прогноз сети для этого поля. Для количественных данных выводятся собственно значения данных, для качественных – принадлежность их к тому или иному классу.

3. *"Уверенность"* или *"Ошибка"* – невязка между исходным и спрогнозированным значением ("Ошибка").

Информация в столбцах "Прогноз" и "Уверенность"/"Ошибка" выделяется следующими цветами:

Черный – исходные значения (для поля исходных значений) и правильный ответ.

Синий – правильный ответ сети, однако не со 100% уверенностью (при решении задачи классификации).

Красный – неправильный ответ сети (при решении задачи классификации) либо отличие прогноза сети более чем на требуемое значения точности от исходного значения (для задачи прогнозирования).

Зеленый – прогноз отсутствующего в файле данных значения.

В конце таблицы для каждого поля выводится статистика правильности решения:

"Правильно" – число правильных прогнозов (и % от общего числа строк таблицы, для которых возможен прогноз этого поля).

"Неуверенно" – число правильных, но не 100%-уверенных прогнозов (и % от общего числа строк таблицы, для которых возможен прогноз этого поля) – только для задач классификации.

"Неправильно" – число неправильных прогнозов (и % от общего числа строк таблицы, для которых возможен прогноз этого поля).

«Всего» – общее число сделанных сетью прогнозов значений для этого поля.

При решении задачи прогнозирования дополнительно выводятся следующие показатели:

"Ср.ошибка" – средняя (по модулю) ошибка прогноза.

"Макс.ошибка" – максимальная (по модулю) ошибка прогноза.

Возможно тестирование сети на другом файле данных. Для этого необходимо сначала подключить к проекту другой файл данных, а затем протестировать сеть.

Для вычисления показателей значимости входных сигналов нейронной сети необходимо выбрать пункт меню *ИНС/Значимость входов*. Вычисленные показатели значимости выводятся в *Окно значимости входных сигналов сети* (рис. 2.6.).

Сигнал	Значимость
MODE	0,986311
TRANSPORTA	0,83167
PRICE	0,0413979
USER	1
ANSWERBACK	0,6324252
FEEDING	0,7744566
ELECTRICIT	0,4338454
LOUDNESS	0,3033225
REPETITION	0,04093014

Рис. 2.6. Окно значимости входных сигналов сети

Окно значимости входов сети отображает текущую значимость входных сигналов для принятия сетью правильного решения. Значимость каждого из входов также отображается и в виде отнормированного на единицу числа. Для удаленных в ходе упрощения входных сигналов значимость равна 0.

Если окно значимости входов отображено на экране и для данной нейронной сети запускается процесс упрощения, то окно значимости динамически изменяет отображаемые данные после каждого перерасчета показателей значимости входных сигналов.

Не все входные сигналы сети и синапсы нейронов необходимы для правильного решения сетью задачи. Часто можно достаточно сильно упростить сеть без ухудшения точности решения задачи.

Для упрощения нейронной сети имеются следующие операции в меню ИНС:

Сокращение числа входных сигналов – удаление наименее значимых входных сигналов.

Сокращение числа нейронов – удаление наименее значимых нейронов сети.

Сокращение числа синапсов – удаление наименее значимых синапсов сети.

Сокращение числа неоднородных входов – удаление наименее значимых неоднородных входов нейронов сети.

Равномерное упрощение сети – сокращение числа приходящих на нейроны сети сигналов до задаваемого пользователем. Диалог равномерного упрощения сети в этом случае содержит следующие элементы: *Максимальное число сигналов на нейрон* – максимальное число сигналов, приходящих на нейрон. У каждого нейрона сети

последовательно будут контрастироваться наименее значимые синапсы до тех пор, пока число оставшихся у нейрона синапсов не будет превышать заданного числа. По умолчанию максимальное число сигналов на нейрон принимается равным 3. *Упрощение* – запускает процесс равномерного упрощения сети с заданным максимальным числом сигналов. *Отменить* – отменяет запуск процесса упрощения.

Бинаризация синапсов сети – приведение значений весов синапсов и неоднородных входов нейронов к выделенным значениям.

Упрощение нейронной сети проводится до тех пор, пока возможно обучение нейронной сети до нулевой средней оценки. Текущая информация выводится в Окно обучения и упрощения сети. Упрощение может прекратиться, когда уже все синапсы, подлежащие упрощению или бинаризации, соответственно удалены или бинаризованы.

Для получения вербального описания текущей нейронной сети необходимо выбрать пункт меню *ИНС/Вербализация*. Вербальное описание сети выводится в *Окно вербального описания сети*.

Окно вербального описания сети содержит текст, описывающий нейронную сеть. Отконтрастированные входные сигналы, синапсы и нейроны сети в тексте не описываются. В текст включены следующие разделы:

Поля базы данных (исходные симптомы) – имена полей файла данных, которые используются сетью в качестве входных.

Поля базы данных (конечные синдромы) – имена полей базы данных, значения которых прогнозирует ИНС.

Предобработка входных полей БД для подачи сети – правила нормирования входных сигналов в диапазон $[-1,1]$ для подачи нейронной сети.

Функциональные преобразователи – описания используемых на каждом слое сети функциональных преобразователей нейронов.

Синдромы первого уровня – описание преобразования входных сигналов сети нейронами первого слоя сети.

Синдромы второго уровня – описание преобразования входных сигналов сети нейронами второго слоя сети (если у сети два и более слоев нейронов).

Конечные синдромы – описание вычисления значений прогнозируемых полей файла данных.

Постобработка конечных синдромов – правила нормирования количественных выходных сигналов сети из диапазона [-1,1] в диапазон истинных значений.

Ниже приведен пример вербального описания нейросети.

---ВХОДЫ НЕЙРОСЕТИ-----

Поля базы данных (исходные симптомы):

X

Y

---ВЫХОД НЕЙРОСЕТИ-----

Поля базы данных (конечные синдромы):

Z

---НОРМАЛИЗАЦИЯ ВХОДОВ НЕЙРОСЕТИ-----

Преобразование входных полей БД для подачи сети:

$$X=(X-0,5)/0,5$$

$$Y=(Y-0,5)/0,5$$

ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ НЕЙРОНОВ 1-го 2-го 3-го СЛОЕВ

Функциональные преобразователи:

$$\text{Сигмоида1}(A)=A/(0,1+|A|)$$

$$\text{Сигмоида2}(A)=A/(0,1+|A|)$$

$$\text{Сигмоида3}(A)=A/(0,1+|A|)$$

---ВЫХОДЫ НЕЙРОНОВ 1-го СЛОЯ-----

Синдромы 1-го уровня:

$$\text{Синдром1}_1=\text{Сигмоида1}(0,1*X+0,4*Y+0,4)$$

$$\text{Синдром1}_2=\text{Сигмоида1}(0,2*X+0,2*Y-0,1)$$

---ВЫХОДЫ НЕЙРОНОВ 2-го СЛОЯ-----

Синдромы 2-го уровня:

$$\text{Синдром2}_1=\text{Сигмоида2}(0,2*\text{Синдром1}_2-0,1)$$

$$\text{Синдром2}_2=\text{Сигмоида2}(0,4*\text{Синдром1}_1+0,1)$$

$$\text{Синдром2}_3=\text{Сигмоида2}(0,2)$$

---ВЫХОДЫ НЕЙРОНОВ 3-го СЛОЯ-----

Синдромы 3-го уровня:

$$\text{Синдром3}_1=\text{Сигмоида3}(0,2*\text{Синдром2}_1-0,2*\text{Синдром2}_2+0,3*\text{Синдром2}_3+0,01483843)$$

$$\text{Синдром3}_2=\text{Сигмоида3}(0,3*\text{Синдром2}_1-0,2*\text{Синдром2}_2+0,3*\text{Синдром2}_3+0,03120456)$$

---НОРМАЛИЗОВАННЫЙ ВЫХОД НЕЙРОСЕТИ-----

Конечные синдромы:

$$Z=-0,9*\text{Синдром3}_1-0,7*\text{Синдром3}_2+0,1$$

---ВЫХОД НЕЙРОСЕТИ-----

Постобработка конечных синдромов:

$$Z=((Z*1)+1)/2$$

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Лабораторная работа № 1

В работе требуется на основе предлагаемой статистики создать ИНС, провести обучение и тестирование ИНС.

Выполнение лабораторной работы:

1. Запустить NeuroPro.
2. Создать новый проект (Файл -> Создать).
3. Выбрать файл со статистикой задачи (Открыть файл данных); в случае удачного открытия файла статистики он отображается на экране в виде таблицы.
4. Переключиться на окно проекта (окно с таблицей не закрывать).
5. Создать новую нейросеть(“Новая сеть”-> “Создание нейронной сети”).
6. Настроить параметры ИНС («Входы и выходы», «Структура сети»).
7. Сохранить проект в файл (Файл -> Сохранить).
8. Произвести поиск конфликтных примеров в обучающей выборке (Нейросеть -> Анализ обучающего множества); в случае обнаружения конфликтных примеров удалить их, затем повторить проверку;
9. Провести обучение ИНС (Нейросеть -> Обучение);
10. Провести тестирование ИНС (Нейросеть -> Тестирование)

Указания по оформлению отчета

Отчет должен содержать:

1. Наименование и цель работы.
2. Описание создания нейросети в пакете NeuroPro.
3. Описание структуры созданной нейросети.
4. Описание обучения и тестирования нейросети в пакете NeuroPro.
5. Объяснение результатов обучения и тестирования.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Объясните термины: нейрон, передаточная функция, входной нейрон, выходной нейрон, нейросеть, слоистая нейросеть, многослойная нейросеть.

2. Назначение и возможности пакета NeuroPro.
3. Действия, необходимые для создания нейросети в пакете NeuroPro.
4. Какие параметры можно настроить при создании нейросети в NeuroPro, и на что они влияют?
5. Чем ограничен предел точности решения задачи нейросетью?
6. Объясните термины: обучающая выборка, контрольная выборка, шаг обучения.
7. В чем заключается обучение нейросети и зачем оно необходимо?
8. Когда возникает конфликт примеров?
9. От чего зависит успешность обучения?
10. Зачем требуется тестирование по контрольной выборке?

3.2. Лабораторная работа №2

В работе требуется провести анализ структуры ИНС, необходимой для решения задач прогнозирования и классификации, получить вербальное описание ИНС, восстановить набор правил, определяющих функциональное преобразование, упростить ИНС, реализовать упрощенное вербальное описание на одном из алгоритмических языков высокого уровня.

Выполнение лабораторной работы

1. Запустить NeuroPro;
2. Открыть проект с ранее обученной ИНС (Файл - >Открыть).
3. Выбрать файл со статистикой нашей задачи (Открыть файл данных).
4. Определить степень влияния каждого входа на выход (Нейросеть -> Значимость входных сигналов сети).
5. Получить вербальное описание (Нейросеть -> Вербализация).
6. Провести структурную оптимизацию ИНС (Нейросеть -> Сокращение числа входных сигналов; Нейросеть -> Сокращение числа нейронов; Нейросеть -> Равномерное упрощение нейросети; Нейросеть -> Бинаризация весов синапсов и неоднородных входов)

7. Получить вербальное описание упрощенной нейросети (Нейросеть -> Вербальное описание) и сравнить его с вербальным описанием, полученным до оптимизации нейросети.

8. Разработать программный модуль на одном из языков высокого уровня, реализующий набор правил упрощенного вербального описания.

Указания по оформлению отчета

Отчет должен содержать:

1. наименование и цель работы;
2. описание получения вербального описания нейросети в пакете NeuroPro;
3. описание набора правил, используемых сетью для решения задачи;
4. описание проведения анализа значимости входов нейросети;
5. описание упрощения нейросети в пакете NeuroPro;
6. объяснение результатов оптимизации нейросети, на примере вербального описания;
7. листинг программного модуля, реализующего упрощенное вербальное описание ИНС;
8. результаты работы программы.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Что такое вербализация ИНС?
2. В чем заключается предобработка входных полей БД для подачи сети и постобработка конечных синдромов?
3. Объясните термины «нормализация», «синдромы 1-го уровня», «конечные синдромы»?
4. Как оценивается значимость входных сигналов сети?
5. Определите структуру ИНС до и после ее оптимизации (упрощения).
6. Какие процедуры упрощения нейросети Вы использовали в работе?
7. Когда применяется равномерное упрощение нейросети?
8. Когда возможно уменьшить количество входов нейросети?
9. В каких случаях применяется приведение весов синапсов и неоднородных входов нейронов сети к выделенным значениям?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Новосибирск: Наука, 1996. 276 с.
2. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей / А.Н. Горбань. М.: Параграф, 1990. 160 с.
3. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети: теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов. М.: Горячая линия, Телеком, 2001. 382 с.
4. Питолин А.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика: учеб. пособие / А.В. Питолин. Воронеж: ВГТУ, 2007. 124с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания по выполнению работы.....	1
2. Домашнее задание.....	1
3. Лабораторные работы.....	18
Библиографический список.....	21