ВВЕДЕНИЕ

Теория нейронных сетей включают широкий круг вопросов из разных областей науки: биофизики, математики, информатики, схемотехники и технологии. Поэтому понятие "нейронные сети" детально определить сложно.

Искусственные нейронные сети (НС) – совокупность моделей биологических нейронных сетей. Представляют собой сеть элементов – искусственных нейронов – связанных между собой синаптическими соединениями. Сеть обрабатывает входную информацию и в процессе изменения своего состояния во времени формирует совокупность выходных сигналов.

Работа сети состоит в преобразовании входных сигналов во времени, в результате чего меняется внутреннее состояние сети и формируются выходные воздействия. Обычно НС оперирует цифровыми, а не символьными величинами.

Большинство моделей НС требуют обучения. В общем случае, обучение – такой выбор параметров сети, при котором сеть лучше всего справляется с поставленной проблемой. Обучение – это задача многомерной оптимизации, и для ее решения существует множество алгоритмов.

Искусственные нейронные сети – набор математических и алгоритмических методов для решения широкого круга задач. Выделим характерные черты искусственных нейросетей как универсального инструмента для решения задач:

1. НС дают возможность лучше понять организацию нервной системы человека и животных на средних уровнях: память, обработка сенсорной информации, моторика;

2. НС – средство обработки информации:

1. гибкая модель для нелинейной аппроксимации многомерных функций;
2. средство прогнозирования во времени для процессов, зависящих от многих переменных;
3. классификатор по многим признакам, дающий разбиение входного пространства на области;
4. средство распознавания образов;
5. инструмент для поиска по ассоциациям;
6. модель для поиска закономерностей в массивах данных.

3. НС свободны от ограничений обычных компьютеров благодаря параллельной обработке и сильной связанности нейронов.

4. В перспективе НС должны помочь понять принципы, на которых построены высшие функции нервной системы: сознание, эмоции, мышление.

Существенную часть в теории нейронных сетей занимают биофизические проблемы. Для построения адекватной математической модели необходимо детально изучить работу биологических нервных клеток и сетей с точки зрения химии, физики, теории информации и синергетики.

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Нейронная сеть – совокупность нейронных элементов и связей между ними. Основной элемент нейронной сети – это формальный нейрон, который представляет собой единицу обработки информации в нейронной сети[1].

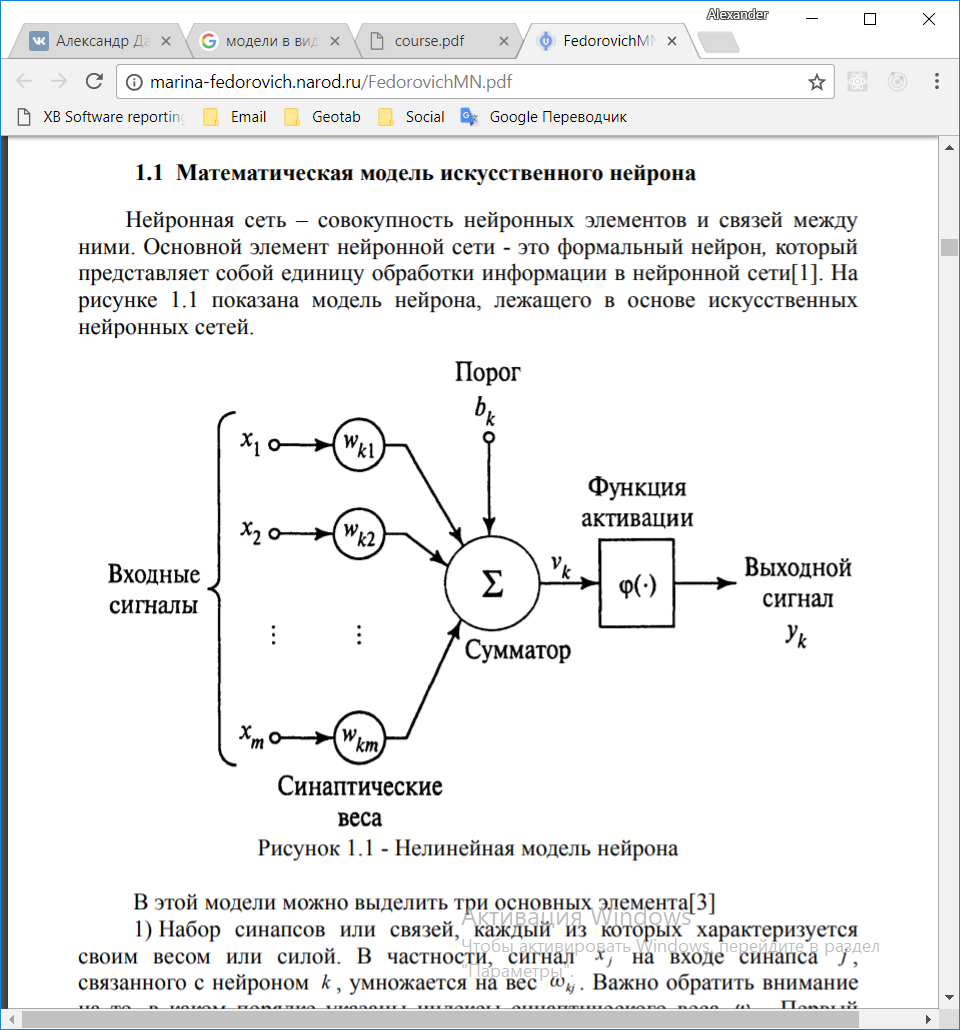


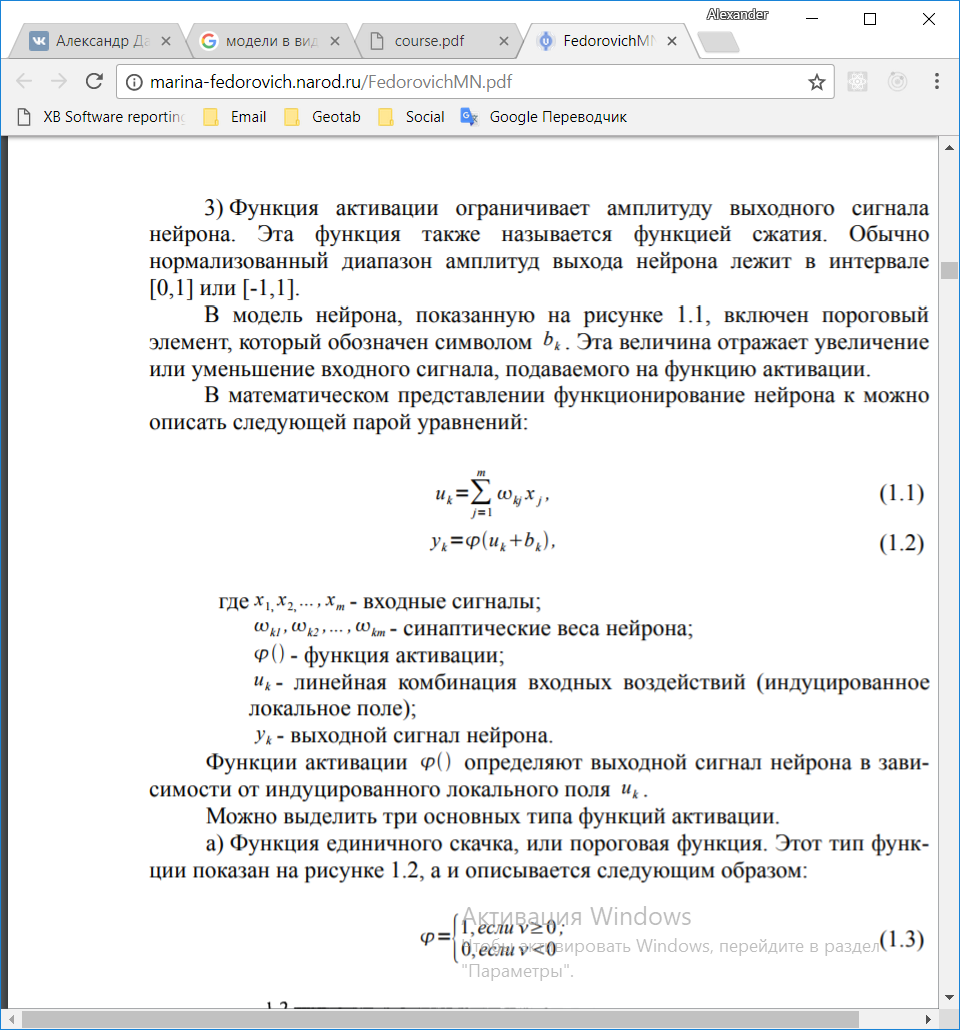
Рисунок 1.1 – Нелинейная модель нейрона

На рисунке 1.1 показана модель нейрона, лежащего в основе искусственных нейронных сетей. В этой модели можно выделить три основных элемента[3].

1) Набор синапсов или связей, каждый из которых характеризуется своим весом или силой. В частности, сигнал xj на входе синапса j, связанного с нейроном k , умножается на вес wkj . Важно обратить внимание на то, в каком порядке указаны индексы синаптического веса wkj. Первый индекс относится к рассматриваемому нейрону, а второй — ко входному окончанию синапса, с которым связан данный вес. В отличие от синапсов мозга синаптический вес искусственного нейрона может иметь как положительные, так и отрицательные значения.

2) Сумматор складывает, входные сигналы, взвешенные относительно соответствующих синапсов нейрона. Эту операцию можно описать как линейную комбинацию.

3) Функция активации ограничивает амплитуду выходного сигнала нейрона. Эта функция также называется функцией сжатия. Обычно нормализованный диапазон амплитуд выхода нейрона лежит в интервале [0,1] или [-1,1]. В модель нейрона, показанную на рисунке 1.1, включен пороговый элемент, который обозначен символом bk. Эта величина отражает увеличение или уменьшение входного сигнала, подаваемого на функцию активации. В математическом представлении функционирование нейрона к можно описать следующей парой уравнений:



где x1, x2, ... , xm - входные сигналы;

wk1, wk2, ..., wkm - синаптические веса нейрона;

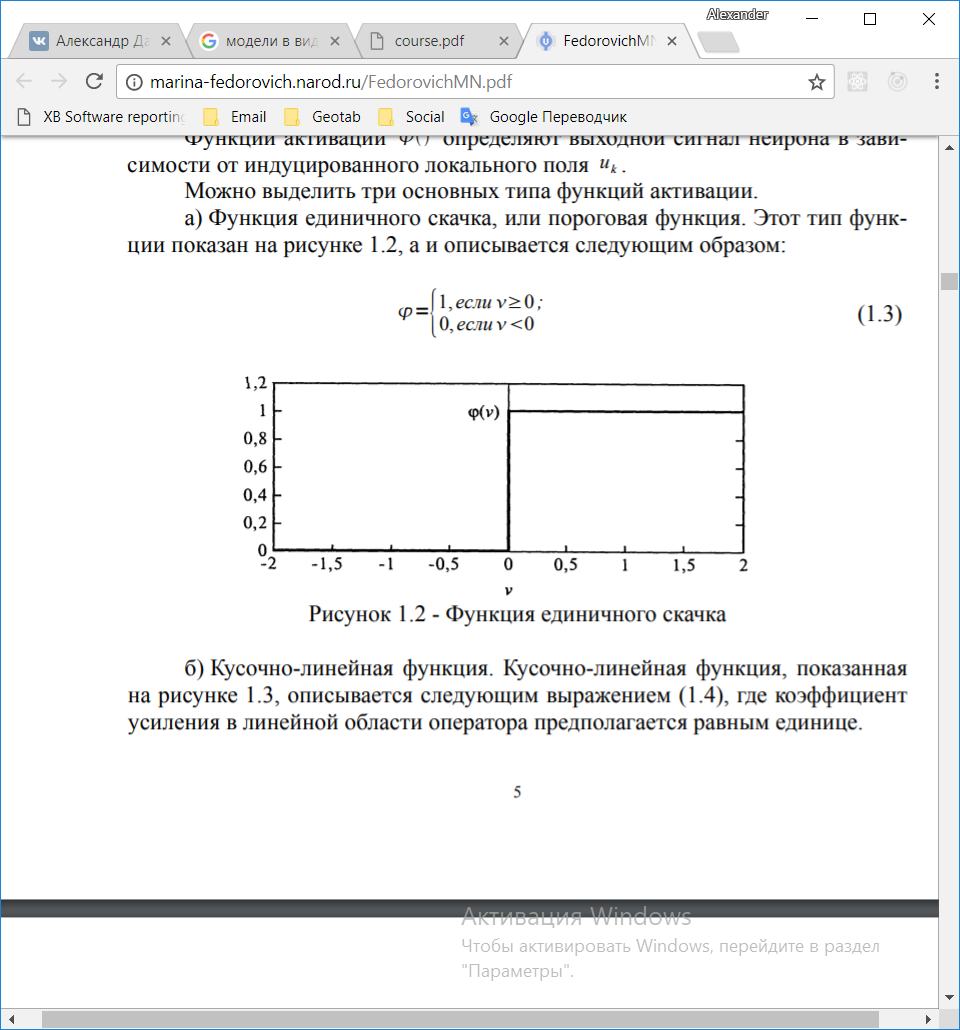
- функция активации;

uk - линейная комбинация входных воздействий (индуцированное локальное поле);

yk - выходной сигнал нейрона.

Функции активации определяют выходной сигнал нейрона в зависимости от индуцированного локального поля uk . Можно выделить три основных типа функций активации:

а) Функция единичного скачка, или пороговая функция. Этот тип функции показан на рисунке 1.2 и описывается следующим образом:



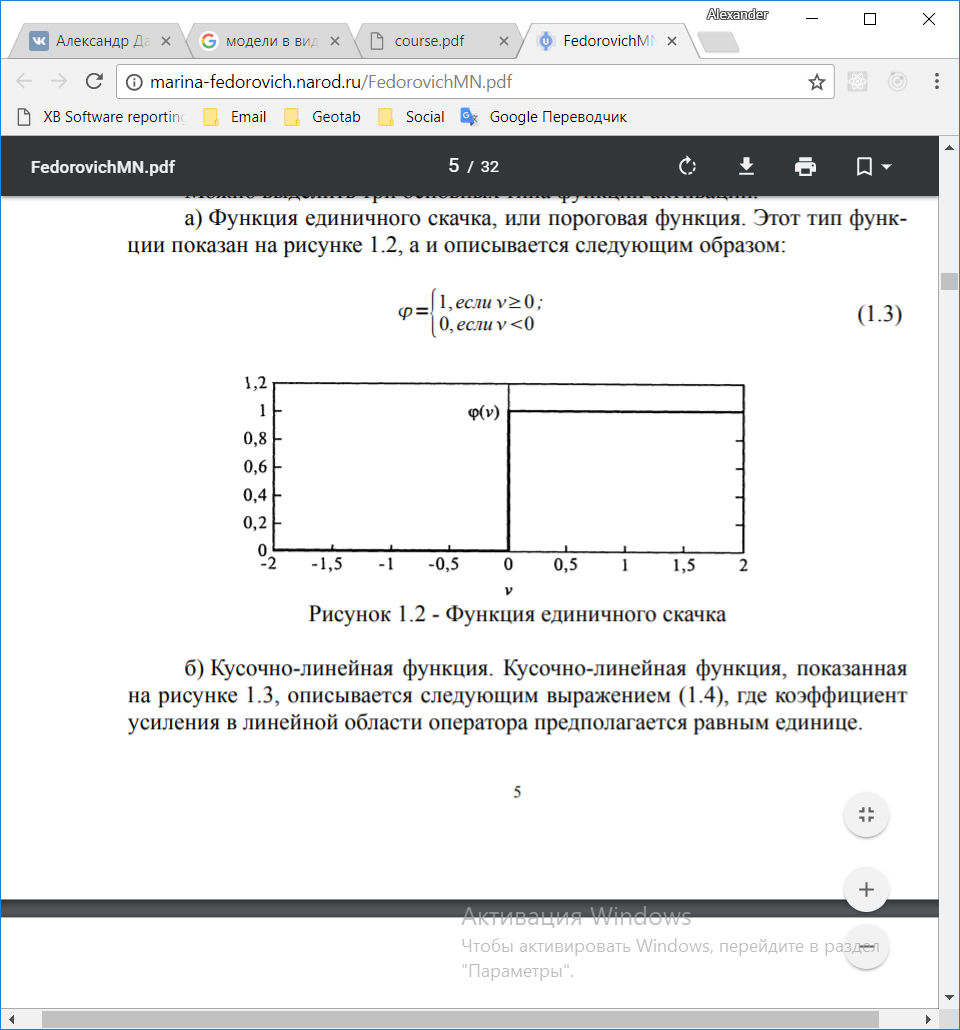
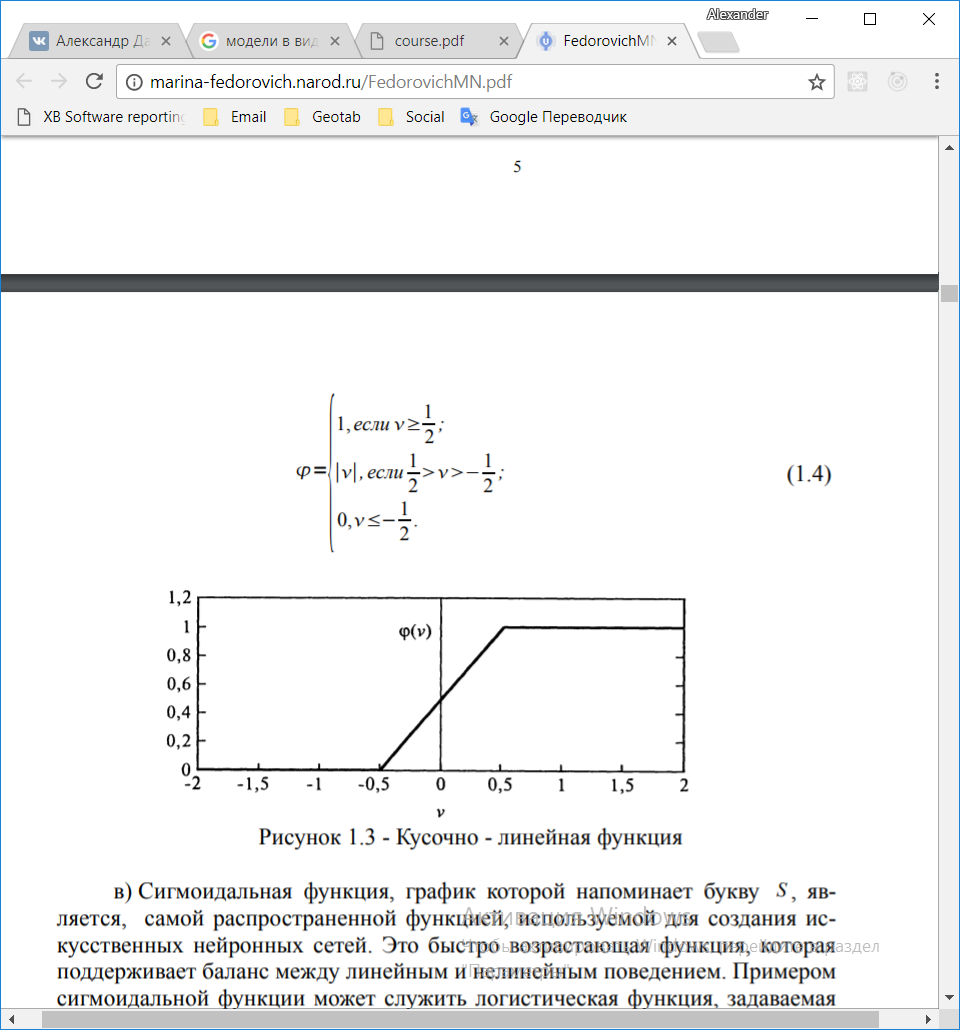


Рисунок 1.2 – Функция единичного скачка

б) Кусочно-линейная функция. Кусочно-линейная функция, показанная на рисунке 1.3, описывается следующим выражением, где коэффициент усиления в линейной области оператора предполагается равным единице.



в) Сигмоидальная функция, график которой напоминает букву S, является, самой распространенной функцией, используемой для создания искусственных нейронных сетей.

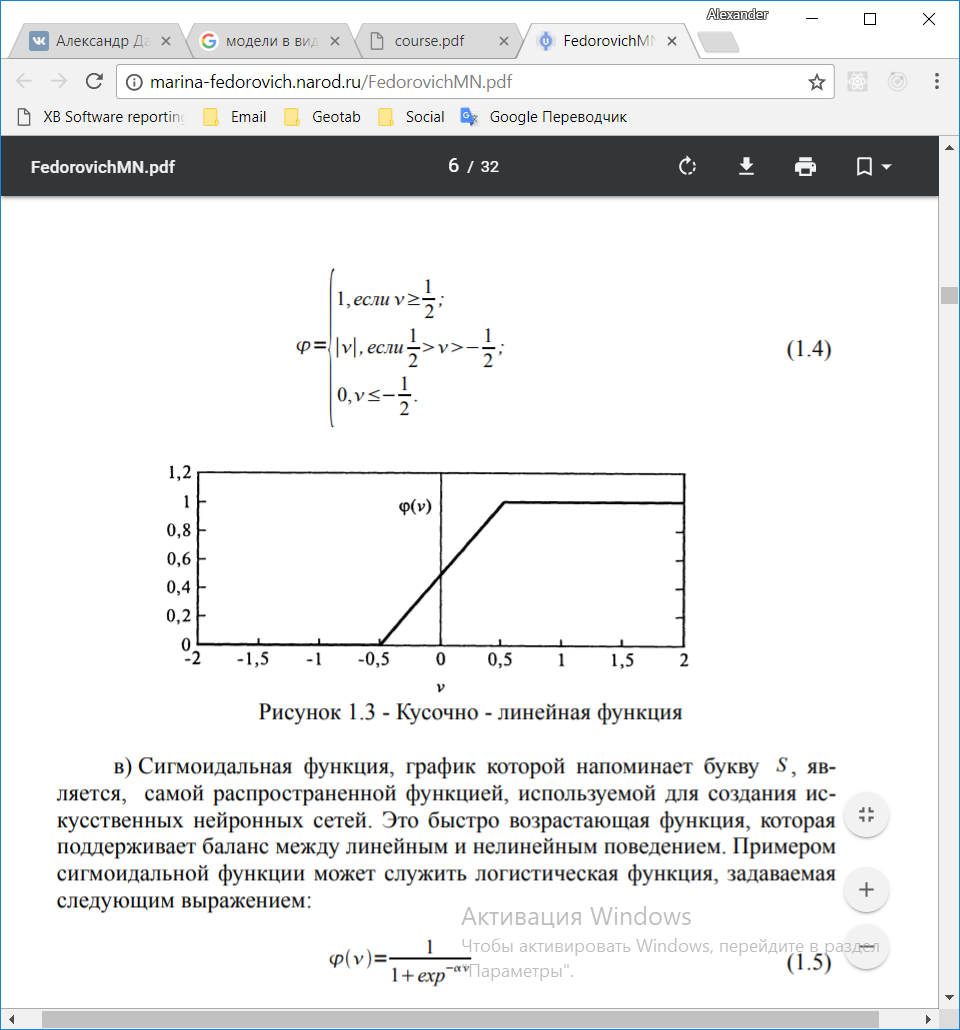
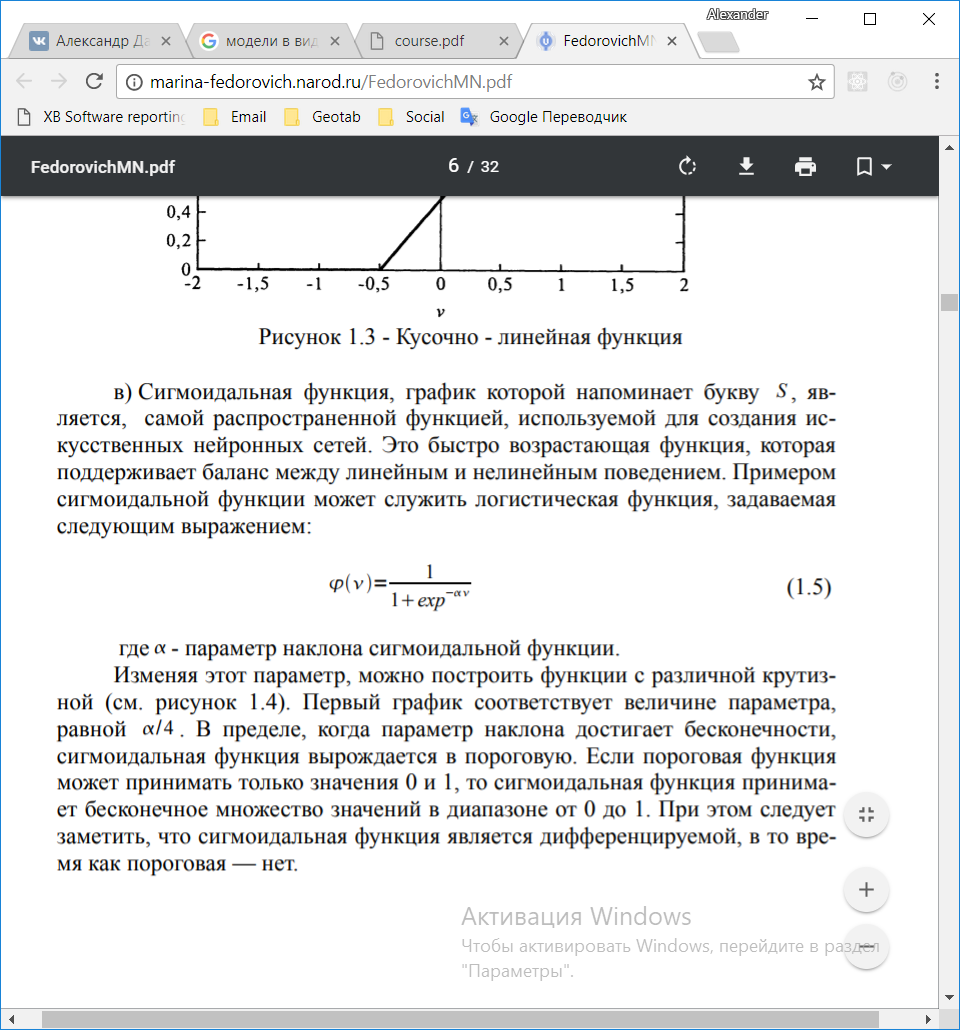


Рисунок 1.3 – Кусочно-линейная функция

Это быстро возрастающая функция, которая поддерживает баланс между линейным и нелинейным поведением. Примером сигмоидальной функции может служить логистическая функция, задаваемая следующим выражением:



где - параметр наклона сигмоидальной функции.

Изменяя этот параметр, можно построить функции с различной крутизной (см. рисунок 1.4). Первый график соответствует величине параметра, равной /4. В пределе, когда параметр наклона достигает бесконечности, сигмоидальная функция вырождается в пороговую. Если пороговая функция может принимать только значения 0 и 1, то сигмоидальная функция принимает бесконечное множество значений в диапазоне от 0 до 1. При этом следует заметить, что сигмоидальная функция является дифференцируемой, в то время как пороговая — нет.

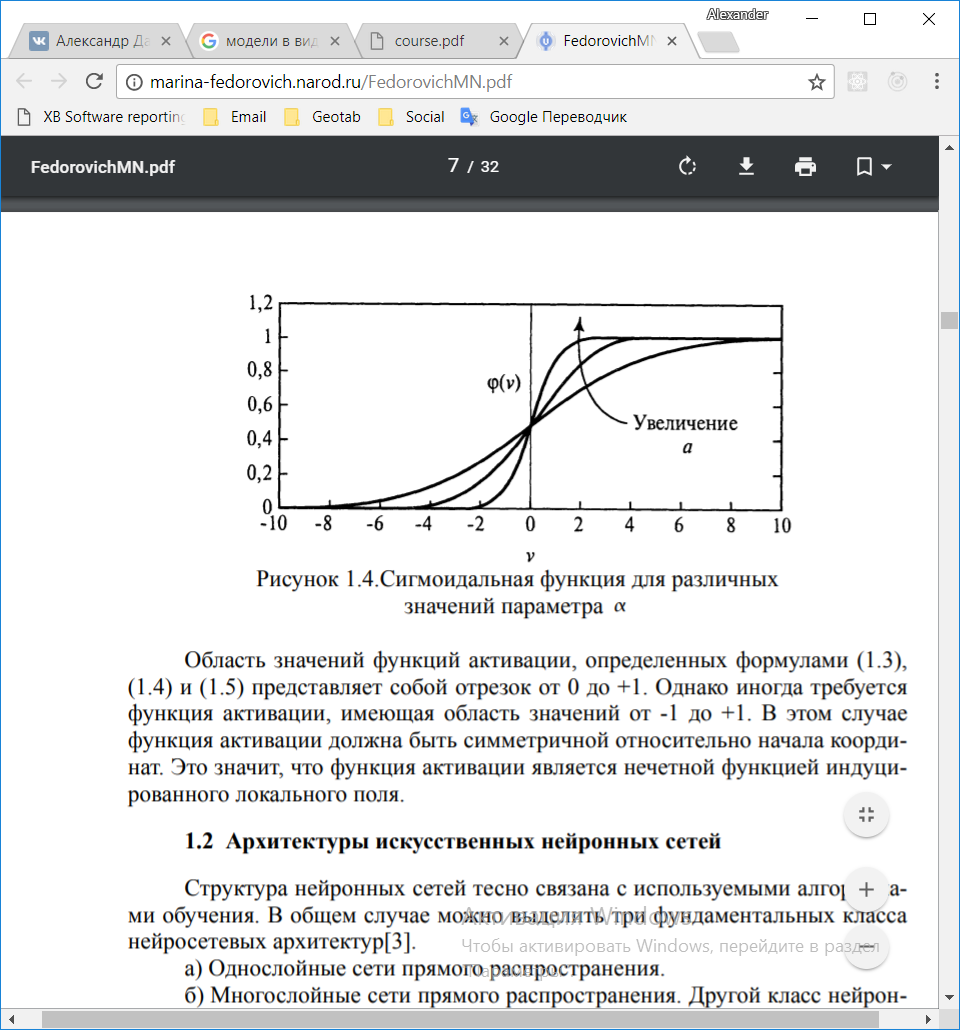


Рисунок 1.4 – Сигмоидальная функция для различных значений

Область значений функций активации, определенных формулами, приведенными выше, представляет собой отрезок от 0 до +1. Однако иногда требуется функция активации, имеющая область значений от -1 до +1. В этом случае функция активации должна быть симметричной относительно начала координат. Это значит, что функция активации является нечетной функцией индуцированного локального поля.

1. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Однонаправленные нейронные сети с сигмоидальной функцией активации широко применяются на практике, составляя важное звено процесса выработки решений. Далее приводится несколько приложений, позволяющим подчеркнуть универсальность и разнородность функций, которые искусственные нейронные сети могут выполнять.

2.1 Распознавание и классификация образов

Распознаванием и классификацией образа будем называть его идентификацию и отнесение к соответствующему классу данных. При решении этой задачи нейронная сеть может выполнять функцию как экстрактора свойств, так и классификатора, приписывающего образ конкретному классу. Однако чаще всего экстракция свойств производится на отдельном этапе предварительного преобразования данных. В качестве примера рассмотрим определение достоверности цифровой подписи.

Определение достоверности цифровой подписи – это последовательность действий, в результате которых дается ответ на вопрос: принадлежит данная подпись конкретному человеку или нет. В примере использован пакет STATISTICA Neural Networks.

Упростим задачу – рассмотрим одиночный символ, рукописная буква “А”. Как будет видно ниже, сложность данной задачи – в структуре данных и их представления для обучения нейронной сети.

В качестве исходных данных берётся набор картинок. Все картинки разделены на две группы:

1. подпись, принадлежащая конкретному человеку;
2. подпись, не принадлежащая конкретному человеку (искаженная подпись).

Внутри каждой группы картинки различны. Действительно, ни один человек не может расписаться два раза абсолютно одинаковым образом: изменяются стартовая точка, наклон, форма отдельных элементов. Также присутствуют изображения с “шумами”.

Приведём несколько примеров изображений для каждой группы.

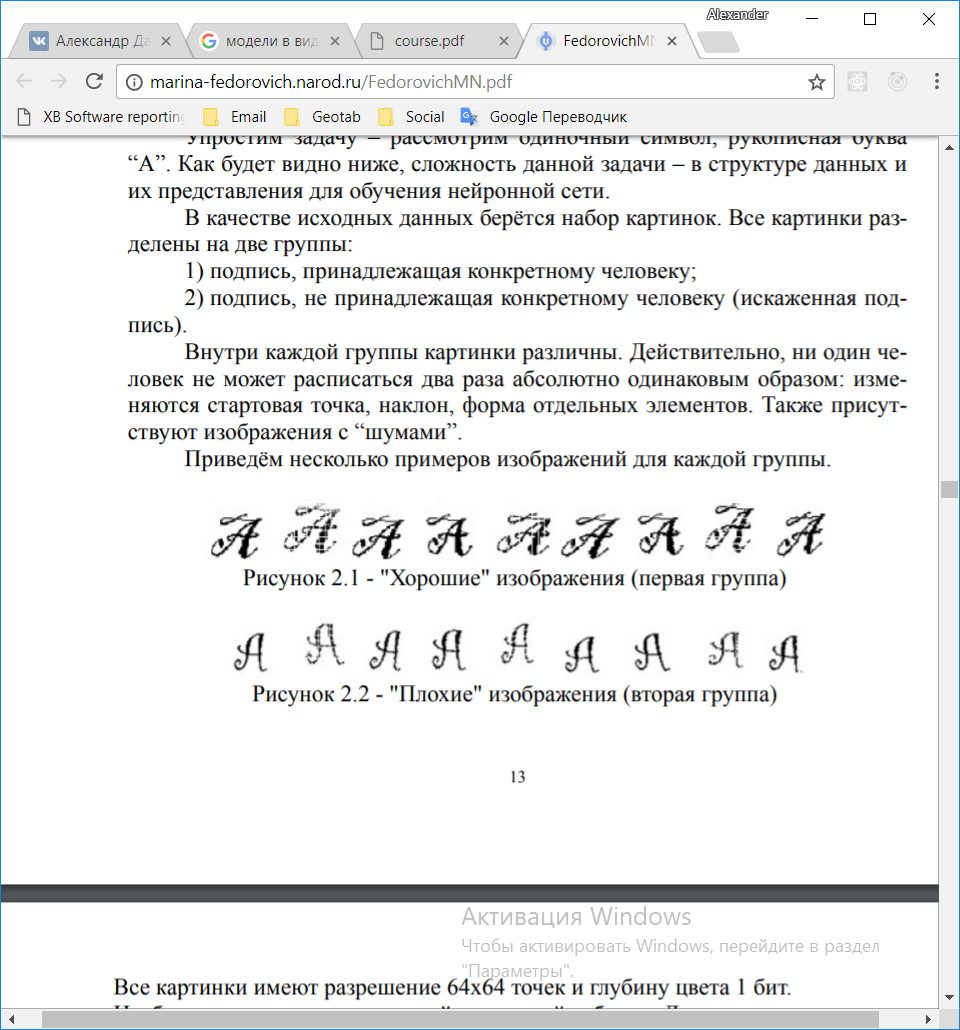


Рисунок 5 – «Хорошие» изображения

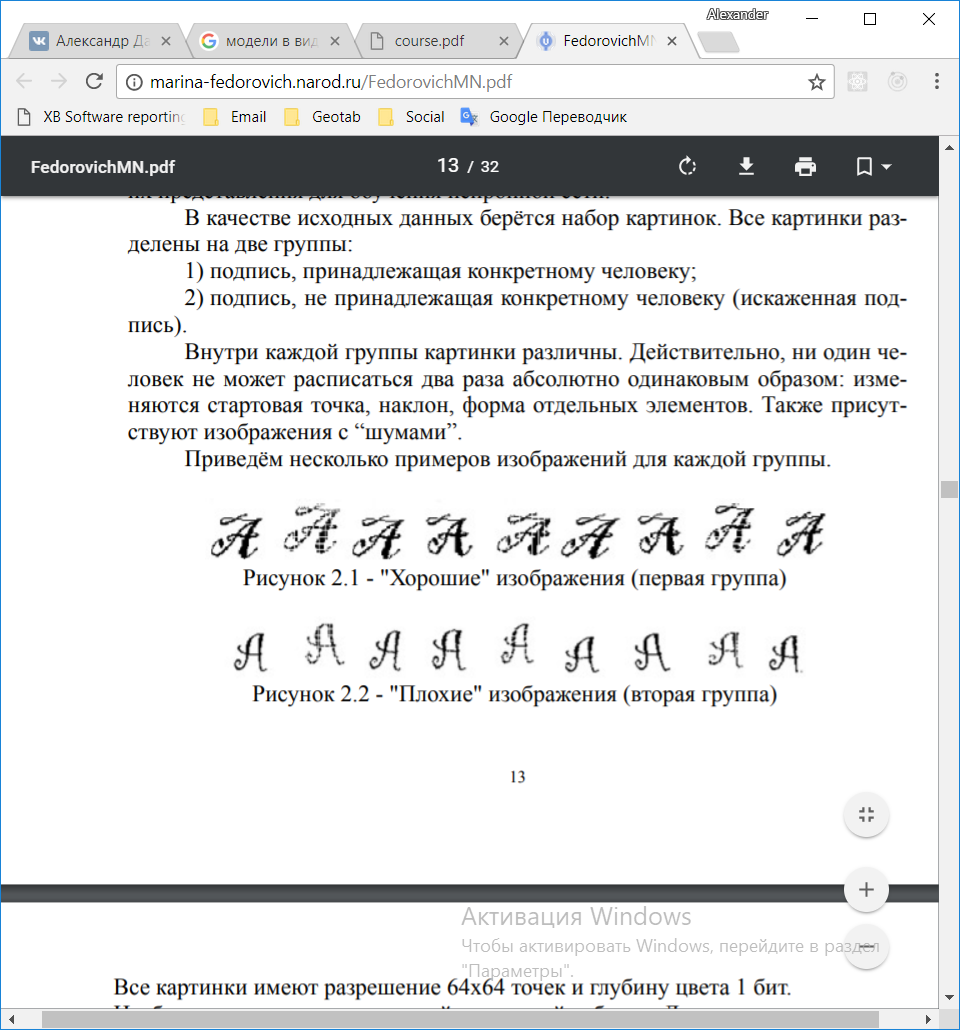


Рисунок 6 – «Плохие» изображения

Все картинки имеют разрешение 64х64 точек и глубину цвета 1 бит.

Изображения представим в одной двумерной таблице. Для этого применим простую развёртку: двумерный массив значений преобразуется в одномерный. Каждому изображению соответствует одно наблюдение – строка в таблице данных; элементы строки – значения соответствующих пикселей в исходном изображении.

В итоге имеем таблицу с 4096 столбцами (4096 = 64\*64) и 2275 наблюдениями. Была добавлена переменная Type, принимающая значение 1, если подпись правильная, 0 – если подпись неправильная.

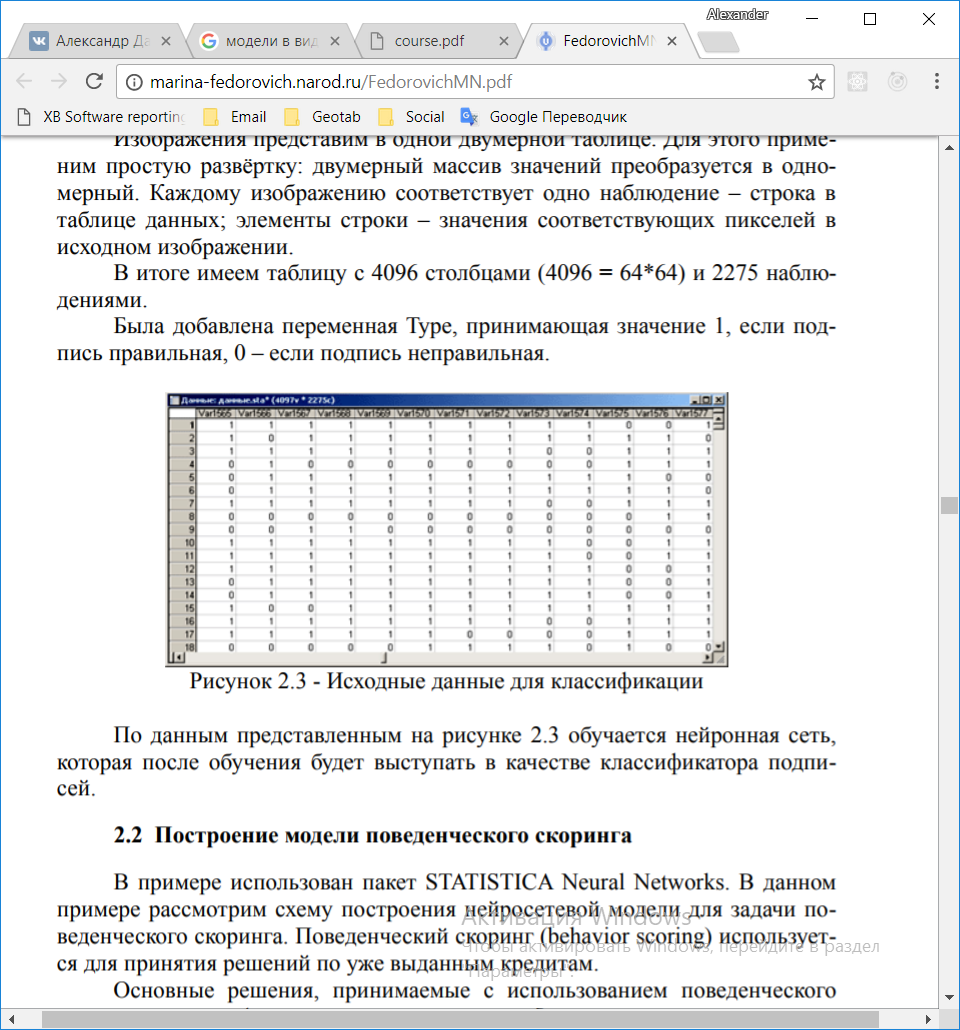


Рисунок 6 – Исходные данные для классификации

По данным представленным на рисунке 6 обучается нейронная сеть, которая после обучения будет выступать в качестве классификатора подписей.

2.2 Другие области использования искусственных нейронных сетей

Прогнозирование финансовых временных рядов (компания LBS Capital Management объявила о значительных успехах в финансовых операциях, достигнутых за счет прогнозирования цен акций с помощью многослойных персептронов).

Повышение эффективности процесса добычи полезных ископаемых (выделение значимых факторов, влияющих на показатели эффективности добычи).

Оптическое распознавание символов, включая распознавание подписи (например, система идентификации подписи, учитывающая не только окончательный ее рисунок, но и скорость движения пера на различных участках, что значительно затрудняет подделку чужой подписи).

Обработка изображений (например, система сканирует видеоизображения станций метро и определяет, насколько станция заполнена людьми, причем работа системы не зависит от условий освещенности и движения поездов).

Медицинская диагностика (например, прогнозирование эпилептических припадков, определение размеров опухоли простаты).

Синтез речи (знаменитая экспериментальная система Nettalk, способная произносить фонемы из написанного текста).

Лингвистический анализ (пример: сеть с неконтролируемым обучением используется для идентификации ключевых фраз и слов в языках туземцев Южной Америки).

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ИСКУССТВЕННЫМИ СЕТЯМИ
   1. Multiple Back-Propagation

Данное ПС является свободно распространяемым приложением для обучения нейронных сетей с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. На рисунке 7 представлено главное окно программы с созданной моделью нейронной сети прямого распространения, имеющей топологию 7- 11-4-1.

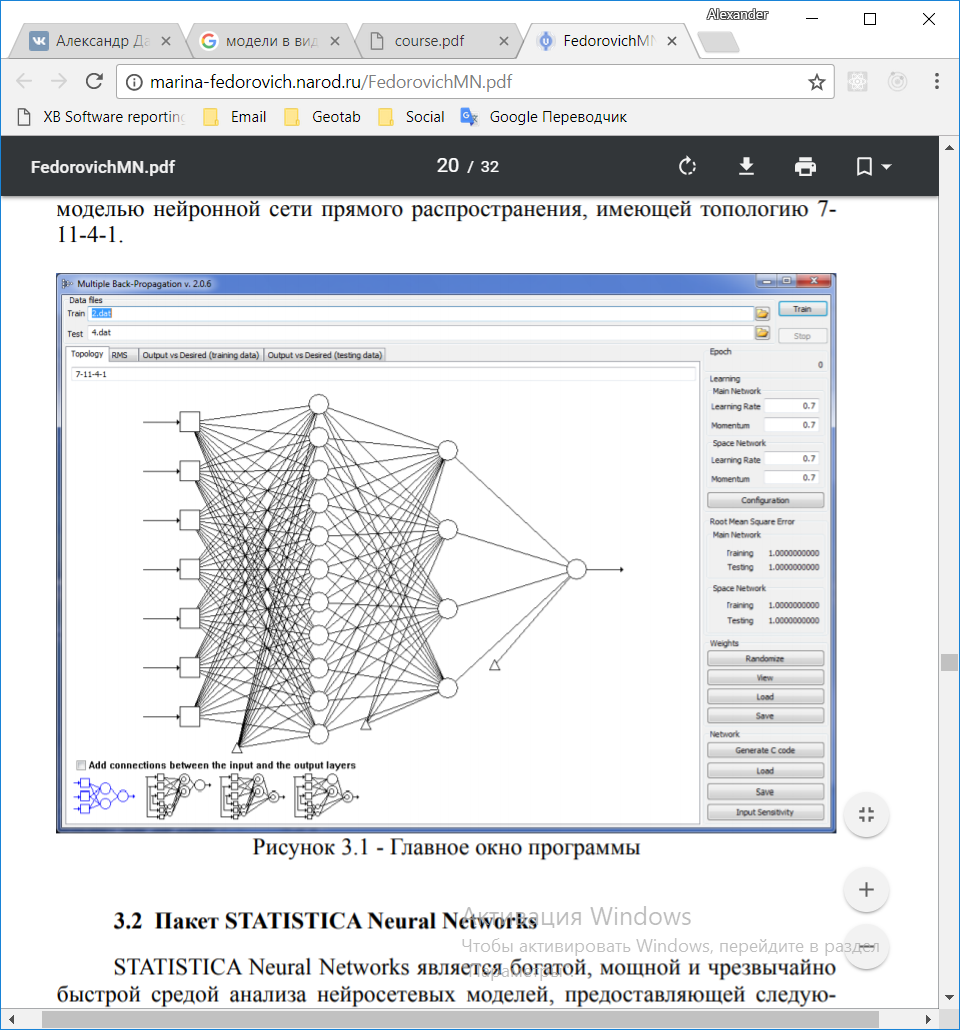


Рисунок 7 – Главное окно программы Multiple Back-Propagation

* 1. Пакет STATISTICA Neural Networks

STATISTICA Neural Networks является богатой, мощной и чрезвычайно быстрой средой анализа нейросетевых моделей, предоставляющей следующие возможности:

1. Пре- и постобработка, включая выбор данных, кодирование номинальных значений, шкалирование, нормализация, удаление пропущенных данных с интерертацией для классификации, регрессия и задачи временных рядов;
2. Исключительная простота в использовании плюс непревзойденная аналитическая мощность;
3. Мощные аналитические технологии, в том числе Анализ главных компонент и Понижение размерности для выбора нужных входных переменных в нейросетевом анализе данных;
4. Самые современные, оптимизированные и мощные алгоритмы обучения сети (включая методы сопряженных градиентов и Левенберга-Марквардта);
5. Полный контроль над всеми параметрами, влияющими на качество сети, такими как функции активации и ошибок, сложность сети;
6. Поддержка каскакадов нейросетей и нейросетевых архитектур практически неограниченного размера, созданных в Наборах сетей - Network Sets; выборочное обучение нейросетевых сегментов; объединение, и сохранение наборов сетей в отдельных файлах;
7. Полная интеграция с системой STATISTICA; все результаты, графики, отчеты и т.д. могут быть в дальнейшем модифицированы с помощью мощных графических и аналитических инструментов STATISTICA (например, для проведения анализа предсказанных остатков, создания подробного отчета и т.п.);
8. Полная интеграция с мощными автоматическими инструментами STATISTICA; запись полноценных макросов для любых анализов; создание собственных нейро-сетевых анализов и приложений с помощью STATISTICA Visual Basic, вызов STATISTICA Neural Networks из любого приложения, поддерживающего технологию СОМ (например, автоматическое проведение нейро-сетевого анализа в таблице MS Excel или объединение нескольких пользовательских приложений, написанных на С++, С#, Java и т.д.).
   1. Matlab Neural Network Toolbox

Neural Network Toolbox пакет для работы с нейронными сетями представляет собой полноценную среду MATLAB для решения прикладных задач. Пакет обеспечивает всестороннюю поддержку проектирования, обучения и моделирования множества известных сетевых парадигм, от базовых моделей персептрона до самых современных ассоциативных и самоорганизующихся сетей. Пакет может быть использован для исследования и применения нейронных сетей к таким задачам, как обработка сигналов, нелинейное управление и финансовое моделирование.

Основные свойства:

1. Неуправляемые сети: Хэбб, Кохан, конкурентные, карты признаков и самоорганизующиеся карты;
2. Неограниченное число элементов и взаимосвязей;
3. Настраиваемые на пользователя архитектуры и функции активации.

Пакет Neural Network предоставляет доступ к полному набору средств для исследования, проектирования и моделирования нейронных сетей. Средства анализа и моделирования MATLAB и SIMULINK позволяют быстро оценивать поведение сети и ее качество в смысле окончательного результата проектирования. С помощью Real-Time Workshop можно генерировать C код для автономных приложений и встроенных систем. Гибкий импорт данных и функции преобразования упрощают первичную подготовку входных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие нейронных сетей вызвало немало энтузиазма и критики. Некоторые сравнительные исследования оказались оптимистичными, другие – пессимистичными. Для многих задач, таких как распознавание образов, пока не создано доминирующих подходов. Нужно пытаться понять возможности, предпосылки и область применения различных подходов и максимально использовать их дополнительные преимущества для дальнейшего развития интеллектуальных систем.

Множество надежд в отношении нейронных сетей сегодня связывают именно с аппаратными реализациями, но пока время их массового выхода на рынок, видимо, еще не пришло. Они или выпускаются в составе специализированных устройств, или достаточно дороги, а зачастую и то и другое. На их разработку тратится значительное время, за которое программные реализации на самых последних компьютерах оказываются лишь на порядок менее производительными, что делает использование нейропроцессоров нерентабельным. Но все это только вопрос времени – нейронным сетям предстоит пройти тот же путь, по которому еще совсем недавно развивались компьютеры, увеличивая свои возможности и производительность, захватывая новые сферы применения по мере возникновения новых задач и развития технической основы для их разработки.

Сегодня нейронные сети используются для работы в относительно узких областях, и неизвестно, доверят ли им когда-нибудь решение вопросов, которые требуют понимания социального контекста. Между тем нейронные сети уверенно продолжают проникать в нашу жизнь, и примеров тому немало.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

[2] Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание / С. Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

[3] Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 287 с.

[4] Marquardt, D. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters / D. Marquardt // SIAM. – 1963. – C. 431- 442.

[5] Bishop, C. M. Neural network for pattern recognition / C.M. Bishop. – Oxford: Oxford University Press, 2005. – 482 с.