

Введение в нейронные сети. Решение задачи классификации

Лекции 9, 10 (2 часа)

Емельянова М.Г.

Понятие нейронной сети

Нейронная сеть – это самообучающаяся система, способная анализировать вновь поступающую информацию, находить в ней закономерности, производить прогнозирование и пр.

Под нейронными сетями подразумеваются вычислительные структуры, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга.

Нейросеть – разновидность машинного обучения, при котором программа работает по принципу человеческого мозга.

Понятие нейронной сети

Искусственные нейронные сети представляют собой **систему** соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (**искусственных нейронов**). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам.

Базовые компоненты нейронной сети

Нейроны – вычислительные единицы, которые получают информацию, обрабатывают её и передают дальше. Множество нейронов – это **слой**.

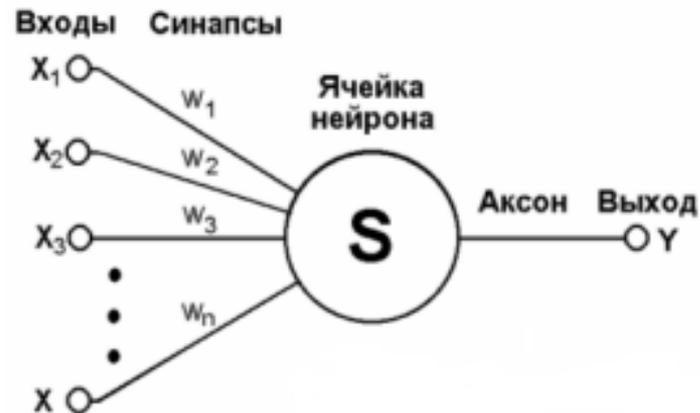
Главная функция искусственного нейрона – формировать выходной сигнал в зависимости от сигналов, поступающих на его входы.

Синапс – связь между нейронами. У каждого синапса есть вес – он определяет, будет усилен или ослаблен сигнал, передаваемый между нейронами. Благодаря весам входная информация обрабатывается и превращается в результат.

Входные данные – то, что нужно обработать программой.

Выходные данные – результат обработки входящих данных.

Схема нейрона



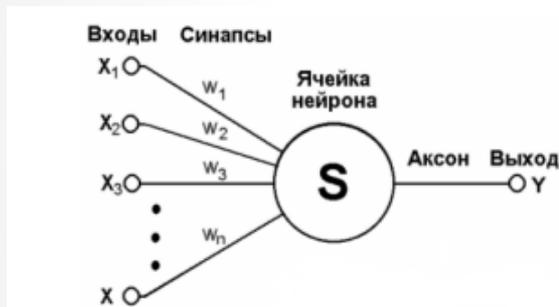
$x_1 \dots x_n$ – входные сигналы нейрона, приходящие от других нейронов.

$w_1 \dots w_n$ – синаптические веса.

Базовые компоненты нейронной сети

Умножители (синапсы) осуществляют связь между нейронами, умножают входной сигнал на число, характеризующее силу связи.

Сумматор – сложение сигналов, поступающих по синапсическим связям от других нейронов. Состояние нейрона определяется по формуле:



$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i,$$

где

x_i – значение i -го входа нейрона,

w_i – вес i -го синапса,

n – число входов нейрона.

Обучение нейронной сети

В самой распространенной конфигурации входные сигналы обрабатываются адаптивным сумматором, затем выходной сигнал сумматора поступает в **нелинейный преобразователь**, где преобразуется функцией активации, и результат подается на выход.

Нелинейный преобразователь – это элемент искусственного нейрона, преобразующий текущее состояние нейрона (выходной сигнал адаптивного сумматора) в выходной сигнал нейрона по некоторому нелинейному закону (активационной функции).

Например, сигмоидальная (логистическая функция).

Нейрон имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал поступает на синапсы следующих нейронов.



Обучение нейронной сети

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они **обучаются**. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении **коэффициентов связей между нейронами**. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые **отсутствовали** в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумлённых», частично искажённых данных.

Обучение нейронной сети

Работа нейронной сети состоит в преобразовании входного вектора в выходной вектор, причем это преобразование задается **весами** нейронной сети.

Процесс обучения заключается в **подстройке весов нейронов**.

Целью обучения является **поиск состояния весов**, которые минимизируют выходную ошибку сети в обучающем и тестовых множествах.

Работа нейронных сетей напоминает «чёрный ящик» со входами и выходами.



Обучение нейронной сети

Для обучения применяются специальные алгоритмы. Наибольшее распространение получили градиентные методы обучения – алгоритм обратного распространения ошибки (Back Propagation), сопряженных градиентов, RProp и другие. Для проверки адекватности построенной нейронной сети используется специальный приём – тестовое подтверждение.

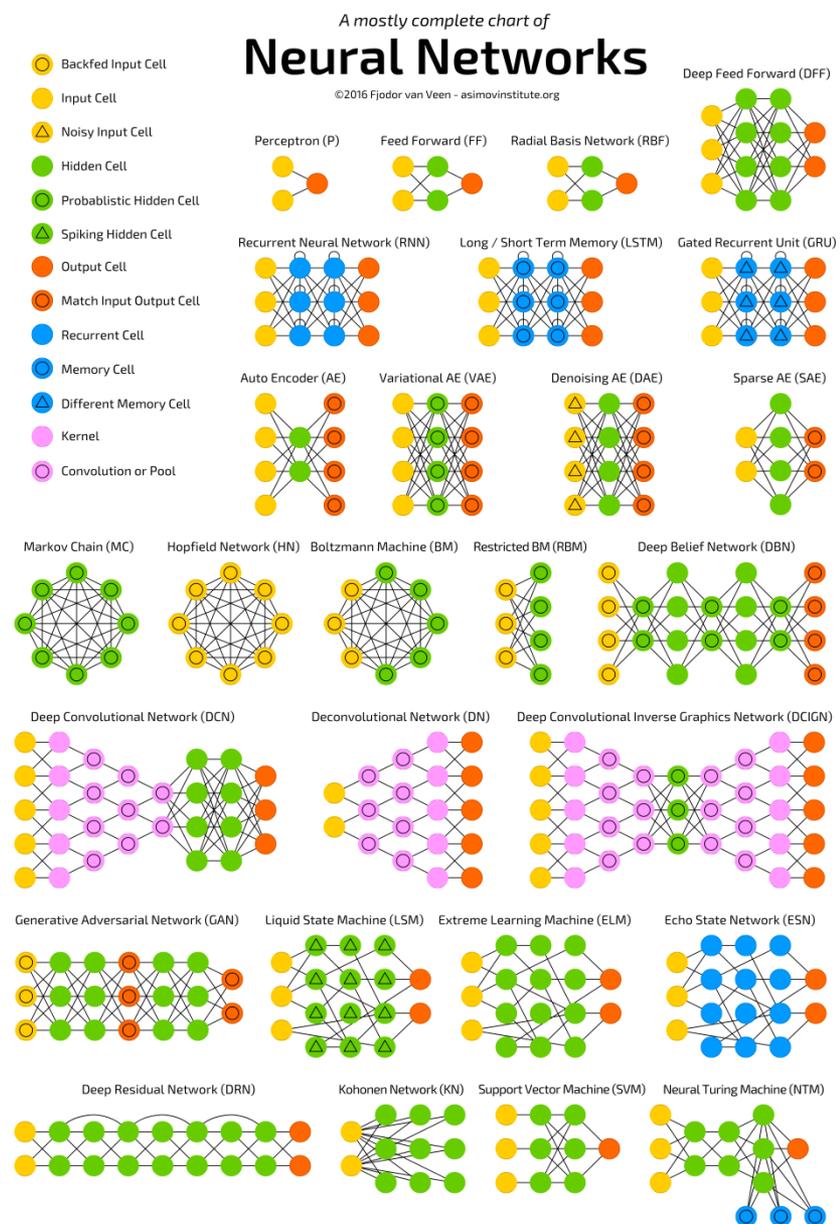
Обучение нейронной сети

Для обучения применяются специальные алгоритмы. Наибольшее распространение получили градиентные методы обучения – алгоритм обратного распространения ошибки (Back Propagation), сопряженных градиентов, RProp и другие. Для проверки адекватности построенной нейронной сети используется специальный приём – тестовое подтверждение.

Архитектуры нейронных сетей

Сети прямого распространения (Feed forward neural networks, FF or FFNN) и перцептроны (perceptrons, P) очень просты – они передают информацию от входа к выходу. Считается, что у нейронных сетей есть слои, каждый из которых состоит из входных, скрытых или выходных нейронов. Нейроны одного слоя между собой не связаны, при этом каждый нейрон этого слоя связан с каждым нейроном соседнего слоя.

<https://habr.com/ru/company/wunderfund/blog/313696/>



Многослойный персептрон

Многослойный персептрон – это разновидность нейронной сети. Согласно её архитектуре, нейроны объединены в слои, которые взаимосвязаны друг с другом. Такая сеть имеет входной слой, несколько скрытых и выходной. Например, в многослойном персептроне с одним скрытым слоем каждый нейрон входного слоя связан с каждым нейроном в скрытом слое, в свою очередь, нейроны скрытого слоя связаны с нейронами выходного.

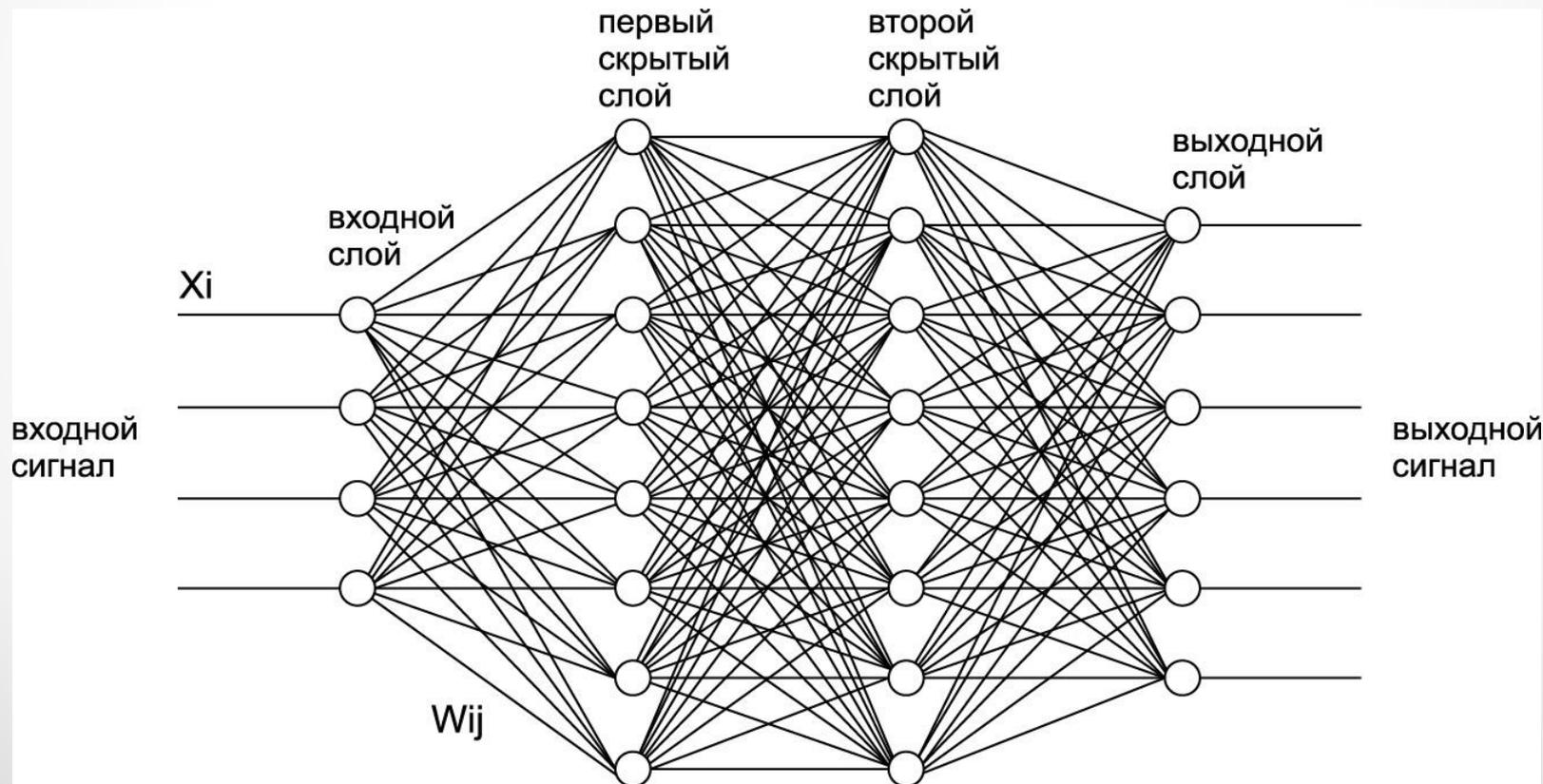
При решении задачи классификации нейронной сетью число нейронов в выходном слое равно количеству факторов, которое соответствует кодированию всех уникальных значений поля заданным пользователем нормализатором.

Многослойный персептрон

Нейроны в слоях независимы друг от друга.

Количество скрытых слоёв и нейронов подбирается **эмпирически**.

Сеть обучается на известных примерах – обучение заканчивается при минимальных ошибках найденных ошибках от тестовых данных.



Основные этапы нейросетевого анализа

Этап 1. Сбор исходных данных. Набор данных для обучения должен удовлетворять нескольким критериям: репрезентативность и непротиворечивость.

Репрезентативность – данные должны иллюстрировать истинное положение вещей в предметной области, **непротиворечивость** – противоречивые данные в обучающей выборке приведут к плохому качеству обучения сети.

Этап 2. Необходим выбор типа архитектуры нейронной сети:

- выбор типа нейрона со своей функцией активации;
- выбор количества входов и выходов, что связано с постановкой задачи;
- выбор количества слоев и нейронов в каждом слое.

Этап 3. Подготовка данных и нормализация данных.

Основные этапы нейросетевого анализа

Этап 4. Процесс обучения сети.

Перед тем, как приступить к обучению искусственной нейронной сети, необходимо задать ее начальное состояние. От того, насколько удачно будут выбраны начальные значения весовых коэффициентов, зависит время обучения.

Этап 5. Проверка модели на адекватность реальным данным.

Необходимо оценить, как искусственная нейронная сеть будет обрабатывать примеры, которые не входили в обучающую выборку. Проверка работоспособности модели на контрольных примерах осуществляется за счет использования разнообразных статистических критериев согласия.

Этап 6. Выбор нейросети, которая наилучшим образом подходит по результатам обучения для решения задачи.



Задачи

Класс задач, решаемых с помощью нейронных сетей:

- классификация;
- предсказание;
- распознавание.

Существуют различные инструменты для создания нейронных сетей (не только АП Deductor)!

«Яндекс.Алиса», Google Translate, Google Photos и Google Image Search (AlexNet, GoogleNet) основаны на работе нейронных сетей.

Дополнительный материал

Прокопенко Н.Ю. Системы поддержки принятия решений [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н. Ю. Прокопенко; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 188 с. ISBN 978-5-528-00202-6

Стр. 90 – 109.

<https://intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/178>

Нейросеть в АП Deductor

Узел Нейросеть.

В данном узле строится многослойный персептрон – виртуальный механизм, способный суммировать сигналы с нескольких входов, затем сигнал, проходя через функцию активации, подаётся на выход.

В узле используется многослойный персептрон, которым может быть обучен одним из двух алгоритмов: Back Propagation of error (алгоритм обратного распространения ошибки) или Resilient Propagation.

В узле предусмотрены следующие виды функций активации нейронов: сигмоида, гиперболический тангенс (гипертангенс), арктангенс.

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

Классификация ирисов Фишера (iris.txt) при помощи обычной нейронной сети – обучение с учителем.

Шаги.

1. Импорт данных.
2. Запуск мастера обработок, узел Нейросеть.
3. Установка выходного параметра – variety и нормализация (уникальные значения).

The screenshot shows the 'Мастер обработки - Нейросеть (2 из 9)' window. The 'Настройка назначений столбцов' dialog is open, showing a list of columns: sepalLength, sepalWidth, petalLength, petalWidth, and variety. The 'Имя столбца' is set to 'variety', 'Тип данных' is 'Строковый', and 'Назначение' is 'Выходное'. The 'Вид данных' is 'Дискретный'. Below this, the 'Уникальные значения' section shows 'Setosa', 'Versicolor', and 'Virginica' with a count of 3 unique values.

The 'Настройка нормализации данных' dialog is also open. It shows a table of columns with their minimum and maximum values:

Метка столбца	Мин.	Макс.
Входные		
sepalLength	4,3	7,9
sepalWidth	2	4,4
petalLength	1	6,9
petalWidth	0,1	2,5
Выходные		
variety		

The 'Преобразование уникальных значений в их индексы' section shows a table of unique values and their counts:

Уникальные значения	Колво
Setosa	50
Versicolor	50
Virginica	50

The 'Параметры линейного преобразования' section has the 'Привести к диапазону' checkbox checked, with 'Минимум диапазона' set to 0 and 'Максимум диапазона' set to 1.

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

Нормализация.

Все входные поля для нейронной сети должны быть представлены в числовом виде. Для этого все поля приводятся к диапазону значений $[a, b]$.

Выходные поля непрерывного вида также нормализуются (по умолчанию в диапазон от 0 до 1).

Обработка пропусков не осуществляется. Поля, содержащие пустые значения, непригодны для использования в узле.

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

4. Настройка параметров обучения.

Мастер обработки - Нейросеть (4 из 9)

Структура нейронной сети

Нейроны в слоях

входном: 4

скрытых слоев: 1

выходном: 1

Слой	Нейроны
1	5

Активационная функция

Тип функции: Сигмоида

Крутизна: 1,000

Сигмоида

График функции Сигмоида: Ось X (вход) от -10 до 10, ось Y (выход) от 0,0 до 1,0. Кривая S-образная, проходящая через (0, 0,5).

< Назад Далее > Отмена

Входные и выходные слои создаются автоматически, и специальной настройки не требуют, пользователь должен задать только количество скрытых слоёв.

Минимально допустимое значение равно 1 (оно же по умолчанию).

Для каждого скрытого слоя пользователь может вручную указать количество нейронов.

По умолчанию первый скрытый слой имеет два нейрона, все остальные (если они есть) – один.

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

5. Выбор алгоритма обучения.

Мастер обработки - Нейросеть (5 из 9)

Настройка процесса обучения нейронной сети
Выбор алгоритма и задание параметров обучения

Алгоритм

Back - Propagation
Обучение в режиме "онлайн". Коррекция весов производится после предъявления каждого примера обучающего множества.

Resilient Propagation (RPROP)
Обучение в режиме "офлайн". Коррекция весов производится после предъявления всех примеров обучающего множества. Учитывается только знак градиента по каждому весу.

Параметры

Шаг спуска
В случае изменения знака градиентной составляющей ошибки для данного веса задает величину следующей коррекции веса.

Шаг подъема
В случае сохранения знака градиентной составляющей ошибки для данного веса задает величину следующей коррекции веса.

< Назад **Далее >** Отмена

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

6. Настройка параметров остановки обучения.

Мастер обработки - Нейросеть (6 из 9)

Настройка параметров остановки обучения

Укажите условия прекращения обучения. Обучение будет остановлено при выполнении одного из условий.

Считать пример распознанным, если ошибка меньше

По достижению эпохи

Обучающее множество

Средняя ошибка меньше

Максимальная ошибка меньше

Распознано примеров (%)

Тестовое множество

Средняя ошибка меньше

Максимальная ошибка меньше

Распознано примеров (%)

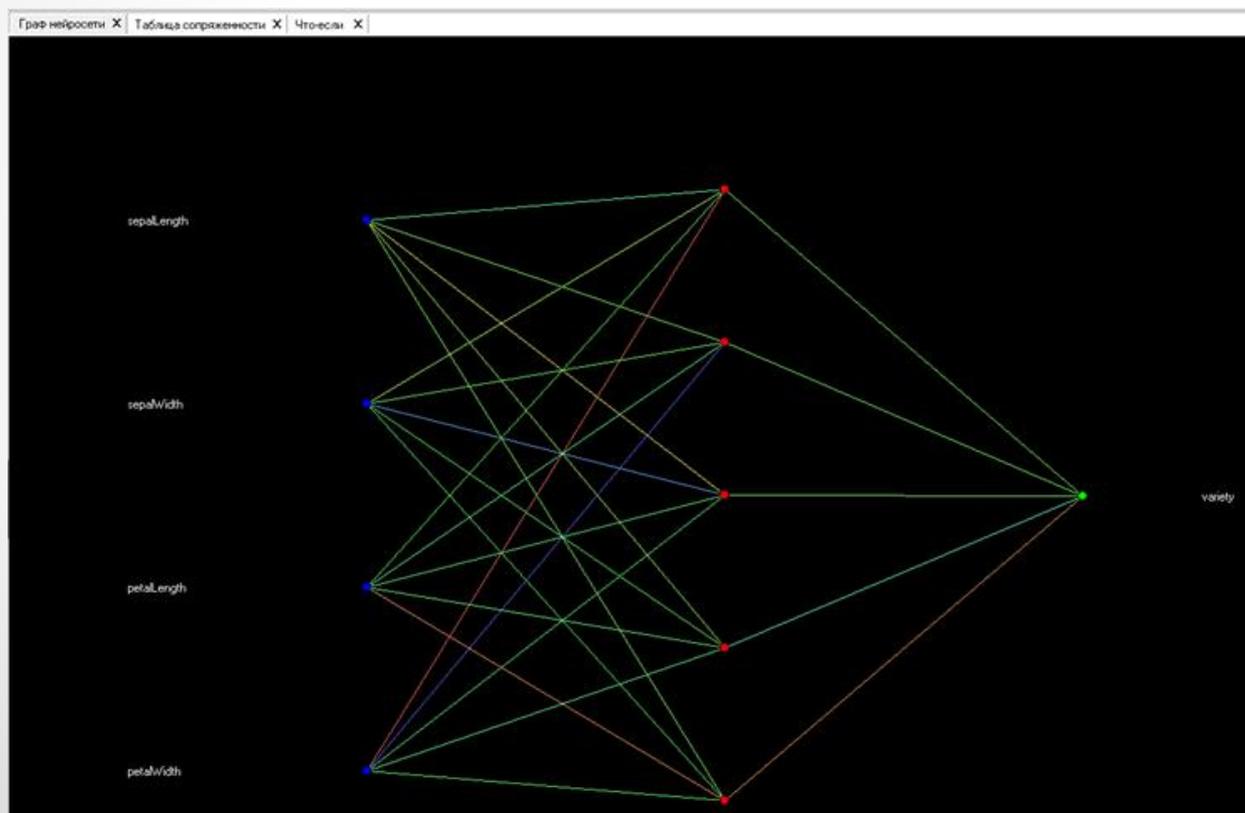
< Назад **Далее >** Отмена

Эпоха – одна итерация в процессе обучения, включающая предъявление всех примеров из обучающего множества.

Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

8. Запуск обучения нейронной сети.
9. Просмотр результатов с помощью визуализаторов «Граф нейросети», «Таблица сопряжённости» и «Что-если».

Визуализатор «Граф нейросети».



Пример построения классификатора на основе нейронной сети в АП Deductor

Визуализатор «Таблица сопряжённости».

Граф нейросети X Таблица сопряженности X Что-если X

variety

Фактически	Классифицировано			Итого
	Setosa	Versicolor	Virginica	
Setosa	50			50
Versicolor		50		50
Virginica			50	50
Итого	50	50	50	150

По диагонали таблицы расположены примеры, которые были правильно распознаны, в остальных ячейках – те, которые были отнесены к другому классу.

Визуализатор «Что-если».

Обучающий набор

51 / 150

sepalLength	sepalWidth	petalLength	petalWidth	variety	variety_OUT
5	3,5	1,6	0,6	Setosa	Setosa
5,1	3,8	1,9	0,4	Setosa	Setosa
4,8	3	1,4	0,3	Setosa	Setosa
5,1	3,8	1,6	0,2	Setosa	Setosa
4,6	3,2	1,4	0,2	Setosa	Setosa
5,3	3,7	1,5	0,2	Setosa	Setosa
5	3,3	1,4	0,2	Setosa	Setosa
7	3,2	4,7	1,4	Versicolor	Versicolor
6,4	3,2	4,5	1,5	Versicolor	Versicolor
6,9	3,1	4,9	1,5	Versicolor	Versicolor
5,5	2,3	4	1,3	Versicolor	Versicolor
6,5	2,8	4,6	1,5	Versicolor	Versicolor
5,7	2,8	4,5	1,3	Versicolor	Versicolor
6,3	3,3	4,7	1,6	Versicolor	Versicolor
4,9	2,4	3,3	1	Versicolor	Versicolor
6,6	2,9	4,6	1,3	Versicolor	Versicolor
5,2	2,7	3,9	1,4	Versicolor	Versicolor
5	2	3,5	1	Versicolor	Versicolor

Ok Отмена

Вопросы для проверки

1. Что такое нейронная сеть?
2. Каковы базовые компоненты нейронной сети?
3. Что такое синапсис?
4. В чём заключается процесс обучения нейронной сети?
5. Какую функцию выполняет нелинейный преобразователь?
6. Каким критериям должен соответствовать набор данных для обучения нейронной сети?
7. Каковы основные этапы нейросетевого анализа?
8. Что такое многослойный персептрон?
9. Какую архитектуру нейронной сети можно реализовать в АП Deductor?
10. Каким образом выбирается количество слоёв и нейронов?