

# Neural Network Toolbox

---

## Создание, обучение и моделирование нейронных сетей

Neural Network Toolbox предоставляет функции и приложения для моделирования сложных нелинейных систем, которые сложно описываются уравнениями. Neural Network Toolbox поддерживает обучение с учителем и прямым распространением, с радиальными базисными функциями и динамические сети. Также есть поддержка обучения без учителя с самоорганизующимися картами и конкурентными слоями. С данным инструментом вы можете создавать, обучать, визуализировать и моделировать нейронные сети. Neural Network Toolbox можно использовать для таких задач, как аппроксимация данных, распознавание образов, кластеризация, прогноз временных рядов, моделирование динамических систем и их управление.

Для ускорения подготовки и обработки больших массивов данных вы можете распределять вычисления и данные между многоядерными процессорами, GPU и компьютерными кластерами с использованием Parallel Computing Toolbox.

### Основные характеристики

- Обучение сетей с учителем: многослойные, с радиальными базисными функциями, LVQ, с временной задержкой, нелинейные авторегрессионные (NARX), а также рекуррентные сети
- Обучение сетей без учителя, включая самоорганизующиеся карты и сети с конкурентными слоями
- Приложения для аппроксимации данных, распознавания образов и кластеризации
- Параллельные вычисления и поддержка графических процессоров для ускорения обучения (с использованием Parallel Computing Toolbox)
- Предварительная обработка и постобработка данных для повышения эффективности обучения сети и оценки качества сети
- Модульное представление сетей для управления и визуализации сети заданного размера
- Блоки Simulink для построения и оценки нейронных сетей и приложений систем управления

### Аппроксимация данных, кластеризация и распознавание образов

Нейронная сеть, как и ее прообраз в биологической нервной системе, может учиться и быть обучена для поиска решения, распознавания образов, классификации данных и прогноза будущих событий. Поведение нейронной сети определяется тем, как связаны ее отдельные вычислительные элементы, а также силой этих связей или весами. Веса автоматически настраиваются путем обучения сети в соответствии с конкретными обучающими правилами до тех пор, пока сеть не начнет выполнять корректно поставленную задачу.

Neural Network Toolbox включает в себя функции командной строки и приложения для создания, обучения и моделирования нейронных сетей. Приложения позволяют легко разрабатывать нейронные сети для таких задач, как аппроксимация данных (в том числе данные временных рядов), распознавание образов и кластеризация. После создания сетей на базе этих инструментов вы можете автоматически генерировать код MATLAB для преобразования полученного решения в программный код и автоматизации решения ваших задач.

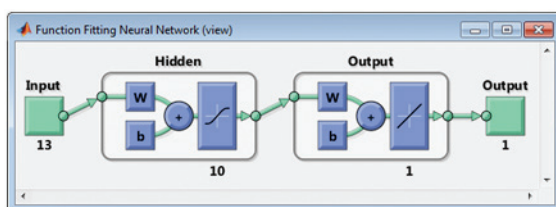
Neural Network Toolbox поддерживает различные архитектуры контролируемых и неконтролируемых сетей. С модульным подходом создания нейросетей вы можете разрабатывать собственные сетевые архитектуры для вашей конкретной задачи. Вы можете просмотреть сетевую архитектуру, включая все входы, слои, выходы и взаимосвязи.

#### *Контролируемые нейронные сети (обучения с учителем)*

Контролируемые нейронные сети обучаются для получения заданных результатов в ответ на входную выборку данных, что делает их особенно подходящими для моделирования и управления динамических систем, классификации зашумленных данных и предсказания будущих событий.

Neural Network Toolbox включает в себя четыре типа контролируемых сетей: с прямым распространением, радиально-базисные, динамические и LVQ.

**Сети прямого распространения** имеют односторонние соединения от входных до выходных слоев. Они чаще всего используются для прогнозирования, распознавания образов и аппроксимации нелинейных функций. Поддерживаемые сети прямого распространения включают алгоритмы обратного распространения ошибки, каскадного распространения, прямой связи с входной задержкой встречного распространения, линейные сети и сети типа персептрон.



*Двухслойная сеть с прямой связью, скрытым слоем нейронов сигмоидального типа и линейными выходными нейронами. Этот тип сети может подходить для многомерных задач отображения, при задании согласованных данных и достаточном количестве нейронов в скрытом слое*

**Радиально базисные сети** обеспечивают альтернативный, быстрый способ конструирования нелинейных сетей прямого распространения. Поддерживаемые варианты включают обобщенные регрессии и вероятностные нейронные сети.

**Динамические сети** используют память и рекуррентные обратные связи для распознавания пространственных и временных закономерностей в данных. Они широко используются для прогнозирования временных рядов, моделирования нелинейных динамических систем и в приложениях систем управления. Готовые динамические сети в Neural Network Toolbox включают сети с фокусированной и распределенной задержкой времени, нелинейные авторегрессионные сети (NarX), сети с рекуррентными слоями, сети Эльмана и Хопфилда. Набор инструментов также поддерживает динамическое обучение пользовательской сети с произвольными соединениями.

**LVQ-сети** используют метод классификации моделей, которые не являются линейно разделимыми. LVQ позволяет определить границы класса и степень детализации классификации.

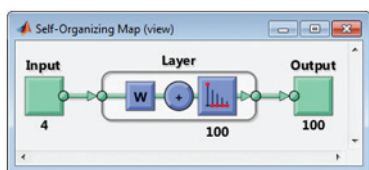
### Неконтролируемые сети (обучение без учителя)

Неконтролируемые нейронные сети обучаются, постоянно приспосабливаясь к новым входным значениям. Такие сети находят зависимости в данных и могут автоматически определять схемы классификации.

Neural Network Toolbox включает два типа самоорганизующихся неконтролируемых сетей с обучением без учителя: конкурентные слои и самоорганизующиеся карты.

**Конкурентные слои** распознают подобные входные векторы, автоматически сортируя их на категории. Данные сети обычно используются для классификации и распознавания образов.

**Самоорганизующиеся карты** обучаются классификации входных векторов по сходству. Подобно конкурентным слоям они используются для задач классификации и распознавания образов, однако отличаются от конкурентных слоев тем, что могут сохранять топологию входных векторов, назначая близлежащие входы к близлежащим категориям.



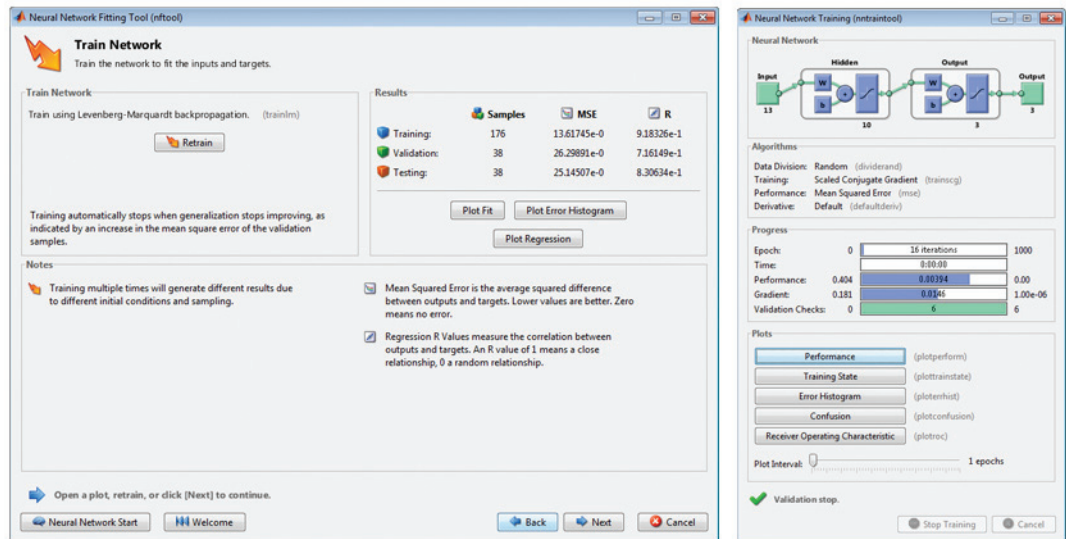
Самоорганизующиеся карты состоят из конкурентного слоя, который может классифицировать множество векторов с любым числом измерений на количество классов, равное количеству нейронов в слое.

### Алгоритмы тренировки и обучения

Тренировочные и обучающие функции — это математические процедуры, используемые для автоматической настройки весов сети и смещений. Тренировочная функция задает глобальный алгоритм, который влияет на все веса и смещения в данной сети. Функция обучения может быть применена к отдельным весам и смещениям в сети.

Neural Network Toolbox поддерживает различные алгоритмы обучения, в том числе несколько методов градиентного спуска и сопряженных градиентов, метод Левенберга-Марквардта (LM) и упругий алгоритм обратного распространения (RProp). Модульная структура инструментов позволяет быстро разрабатывать собственные алгоритмы обучения, которые могут быть интегрированы со встроенными. В процессе обучения вашей нейронной сети можно использовать веса для определения относительной важности желаемых результатов, которые могут быть расположены по приоритетам образца, шага времени (для задач временных рядов), выходного элемента или их комбинации. Вы можете получить доступ к алгоритмам обучения из командной строки или через приложения, которые показывают диаграммы сети и графики качества работы сети вместе с информацией о состоянии, которые помогут вам контролировать процесс обучения.

Также доступен набор функций обучения, содержащий алгоритмы градиентного спуска, обучения Хеббiana, LVQ, Уидроу-Гоффа и Кохонена.

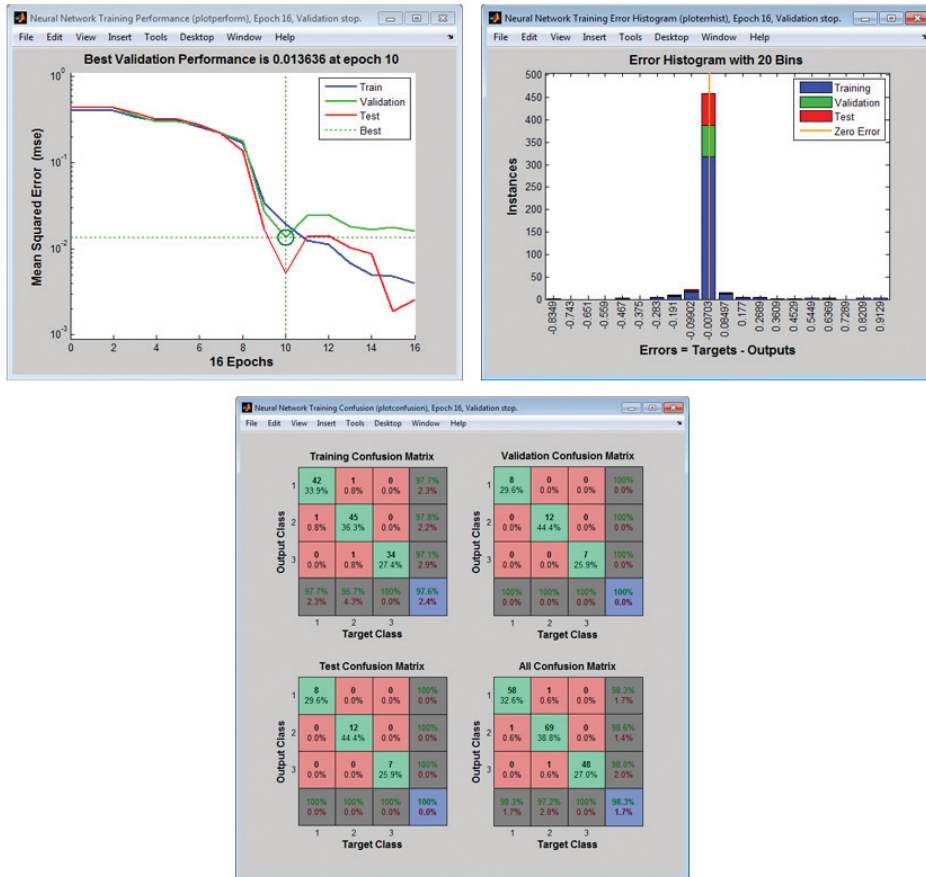


Графические интерфейсы для работы с нейронными сетями, которые позволяют автоматизировать обучение вашей нейронной сети для задачи аппроксимации входных и выходных данных (слева), осуществлять мониторинг прогресса тренировки (справа), а также вычислять статистические результаты и отображать оценки качества обучения.

### Подготовка данных и обработка результатов (препроцессинг и постпроцессинг)

Предварительная обработка входов сети и целей повышает эффективность обучения нейронной сети. Постобработка позволяет проводить детальный анализ качества работы сети. Neural Network Toolbox предоставляет функции предварительной обработки и постпроцессинга, а также блоки Simulink, которые позволяют:

- уменьшать размеры входных векторов на базе анализа главных компонент;
- выполнять регрессионный анализ между выходами сети и соответствующими целями;
- масштабировать входы и цели таким образом, что они попадают в диапазон  $[-1,1]$ ;
- нормализовать среднее и стандартное отклонение обучающего набора;
- использовать автоматизированную предварительную обработку данных и разделение данных при создании сетей.



Графики постобработки результатов для анализа качества сети, включающие средневзвешенную ошибку на валидационном наборе данных для последовательных эпох обучения (вверху слева), гистограммы погрешности (вверху справа) и матрицы несоответствия (внизу) для этапов обучения, валидации и тестирования.

### Улучшение обобщающей способности

Улучшение обобщающей способности сети помогает предотвратить переобучение, распространенную проблему при разработке нейронных сетей. Переобучение происходит, когда сеть хорошо запоминает обучающую выборку, но не может обобщать результаты на новые входные данные. Переобученная сеть производит относительно небольшую ошибку на обучающем множестве, но при этом показывает большую ошибку на новых данных.

Neural Network Toolbox предоставляет два решения для улучшения обобщающей способности:

- **Регуляризация** изменяет функцию ошибки сети (мера ошибки, которую процесс обучения сводит к минимуму). За счет включения размеров весов и смещений регуляризация производит сеть, которая хорошо работает с обучающими данными и имеет гладкое поведение при представлении новых данных.
- **Для ранней остановки** используются два различных набора данных: обучающий набор для обновления весов и смещений; валидационный набор данных для прекращения тренировки в случае возникновения переобучения данных.

## Блоки Simulink и приложения для систем управления

### Поддержка Simulink

Neural Network Toolbox предоставляет набор блоков для построения нейронных сетей в Simulink. Все блоки являются совместимыми с Simulink Coder. При этом блоки разделены на четыре библиотеки:

- **Входные функциональные блоки** (блоки преобразований входов сети), которые принимают любое количество взвешенных входных векторов, выходных векторов весового слоя, векторов смещений и возвращают суммарный входной вектор;
- **Блоки весовых функций**, которые применяют весовой вектор нейрона к входному вектору (или выходному вектору слоя), чтобы получить взвешенный вход нейрона;
- **Блоки предварительной обработки данных**, которые отображают входные и выходные данные в диапазонах, лучше всего подходящих для нейронной сети.

Кроме того, вы можете создавать и обучать ваши сети в среде MATLAB и автоматически генерировать блоки моделирования сети для использования в Simulink. Этот подход также позволяет просматривать ваши сети в графическом виде.

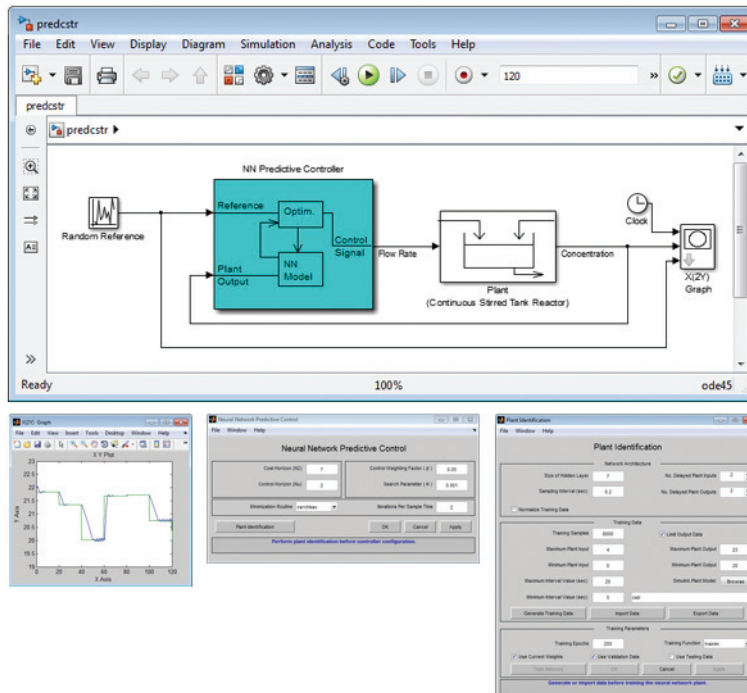
### Приложения для систем управления

Вы можете применять нейронные сети для идентификации и управления нелинейными системами. Набор инструментов включает описания, примеры и блоки Simulink для трех популярных задач управления:

- **Управление на основе прогнозирующих моделей**, при котором используется модель на основе нейронной сети для прогнозирования будущих реакций объекта на возможные сигналы управления. Алгоритм оптимизации затем вычисляет управляющие сигналы, которые оптимизируют будущий отклик объекта управления. Модель нейронной сети объекта управления обучается в автономном (оффлайн) и пакетном режиме.
- **Линеаризация обратной связи**, при которой используется перестройка нейросетевой модели объекта управления и тренировка осуществляется автономно. Этот регулятор требует наименьших вычислительных затрат среди трех архитектур. Однако объект должен быть задан в сопровождающей форме либо иметь возможность приближения модели сопровождающей формой.
- **Адаптивное управление с эталонной моделью**, которое требует, чтобы отдельные нейросетевые регуляторы обучались в режиме оффлайн в дополнение к нейросетевой модели объекта управления. В то время как обучение регулятора является затратным с точки зрения вычислений, управление по эталонной модели применимо к более широкому классу объектов, чем линеаризация обратной связи.

Вы можете включить блоки управления с прогнозирующими моделями на основе нейронных сетей в ваши модели Simulink. Изменяя параметры этих блоков, вы можете настроить качество работы сети для вашей задачи.





*Модель Simulink, которая использует блок Neural Network Predictive Controller для управления реактором с механическим перемешиванием (сверху). Вы можете визуализировать динамические характеристики (внизу слева), управлять регулятором блока (внизу в центре) и идентификацией вашего объекта (внизу справа)*

### Ускорение обучения и большие массивы данных

Вы можете ускорить обучение нейронной сети и моделирование больших наборов данных с помощью Neural Network Toolbox и Parallel Computing Toolbox. Обучение и моделирование включают много параллельных вычислений, которые могут быть ускорены с многоядерными процессорами, графическим процессором GPU NVIDIA с поддержкой CUDA и компьютерными кластерами с несколькими процессорами и графическими процессорами.

### Распределенные вычисления

Parallel Computing Toolbox позволяет обучать нейронные сети и выполнять моделирование как на многоядерных процессорах одного компьютера, так и на многих процессорах компьютеров в сети с использованием MATLAB Distributed Computing Server. Использование нескольких ядер может ускорить расчеты. Использование нескольких компьютеров позволяет решать задачи с использованием наборов данных, которые не помещаются в системную память одного компьютера. Единственным ограничением на размер задачи является общий объем системной памяти, доступный на всех компьютерах.

### Вычисления на GPU

Parallel Computing Toolbox позволяет распараллеливать моделирование и обучение нейронных сетей в Neural Network Toolbox на несколько процессорах и ядрах графических процессоров (GPU). Графические процессоры отличаются высокой эффективностью на параллельных алгоритмах, которые свойственны нейронным сетям. Вы можете достичь более высокого уровня параллелизма с помощью нескольких графических процессорах или с помощью GPU и процессоров вместе. С MATLAB Distributed Computing Server вы можете использовать все процессоры и GPU на сетевом кластере компьютеров для обучения нейронной сети и моделирования.

**Узнайте больше о вычислениях на GPU с MATLAB.**

#### Дополнительная информация и контакты

Информация о продуктах  
[sl-matlab.ru/products](http://sl-matlab.ru/products)

Пробная версия  
[sl-matlab.ru/trial](http://sl-matlab.ru/trial)

Запрос цены  
[sl-matlab.ru/price](http://sl-matlab.ru/price)

Техническая поддержка  
[sl-matlab.ru/support](http://sl-matlab.ru/support)

Сообщество пользователей  
[matlab.exponenta.ru](http://matlab.exponenta.ru)

Тренинги  
[sl-matlab.ru/training](http://sl-matlab.ru/training)

Контакты  
[sl-matlab.ru](http://sl-matlab.ru)

E-mail: [matlab@sl-matlab.ru](mailto:matlab@sl-matlab.ru)

Тел.: +7 (495) 232-00-23, доб. 0609

Адрес: 115114 Москва, Дербеневская наб., д. 7, стр. 8

