

## **Основные свойства искусственных нейронных сетей**

Системы на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) позволяют с успехом решать проблемы идентификации и управления, прогнозирования, распознавания образов, оптимизации. Известны и иные, более традиционные, подходы к решению этих проблем, однако они не обладают необходимой гибкостью и имеют существенные ограничения на среду функционирования. ИНС дают многообещающие альтернативные решения, и многие приложения выигрывают от их использования.

Искусственные нейронные сети индуцированы биологией, так как они состоят из элементов, функциональные возможности которых аналогичны большинству элементарных функций биологического нейрона. Эти элементы организуются по способу, который может в некоторой степени соответствовать анатомии мозга. Несмотря на достаточно поверхностное сходство, искусственные нейронные сети демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу [6].

К ним относятся:

- массовый параллелизм,
- распределенное представление информации и вычисления,
- способность к обучению и способность к обобщению,
- адаптивность,
- свойство контекстуальной обработки информации,
- толерантность к ошибкам,
- низкое энергопотребление.

Несомненно, что технические средства, построенные на тех же принципах, что и биологические нейронные сети, обладают перечисленными характеристиками. Аппаратная реализация ИНС – нейрокомпьютер – имеет существенные отличия (как по структуре, так и по классу решаемых задач) от вычислительных машин, выполненных в соответствии с традиционной архитектурой фон Неймана. Сравнительные характеристики нейрокомпьютеров и традиционных компьютеров приведены в табл. 1.

Вне зависимости от способа реализации (аппаратной, микропроцессорной или в виде эмуляторов для обычных компьютеров), ИНС проявляют следующие свойства, необходимые для решения широкого круга технических задач:

Таблица1. Сравнительные оценки традиционных ЭВМ и нейрокомпьютеров

Категории сравнения	ЭВМ традиционной архитектуры (машина фон Неймана)	Нейрокомпьютер
Процессор	Сложный. Высокоскоростной. Один или несколько	Простой. Низкоскоростной. Большое количество
Память	Отделена от процессора. Локализована. Адресация не по содержанию	Интегрирована в процессор. Распределенная. Адресация по содержанию
Вычисления	Централизованные. Последовательные. Хранимые программы	Распределенные. Параллельные. Самообучение
Надежность	Высокая уязвимость	Живучесть
Специализация	Численные и символьные операции	Проблемы восприятия
Среда функционирования	Строго определена. Строго ограничена	Без ограничений

**Обучение.** Искусственные нейронные сети могут изменять свое поведение в зависимости от условий внешней среды, т.е. адаптироваться. После предъявления входных сигналов (возможно, с соответствующими выходами) нейронные сети *самонастраиваются*, чтобы обеспечить требуемую реакцию.

**Обобщение.** Реакция сети после обучения может быть до некоторой степени нечувствительна к небольшим изменениям входных сигналов. Эта особенность выделять образ сквозь шум и искажения позволяет преодолеть требования строгой точности, предъявляемые обычным компьютерам. Важно отметить, что нейронная сеть делает обобщения автоматически благодаря своей структуре, а не с помощью «человеческого интеллекта», представленного в форме специально написанных компьютерных программ.

**Абстрагирование.** Нейронные сети обладают способностью извлекать сущность из входных сигналов, т.е. оперировать с данными, которые не возникали в процессе обучения.

Перечисленные свойства позволяют эффективно использовать ИНС при решении следующих задач [6]:

**Аппроксимация функций / моделирование.** Имеется обучающая выборка  $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n))$  (пары данных вход-выход), которая генерируется неизвестной функцией  $y = f(x)$ , искаженной шумом. Задача аппроксимации состоит в нахождении оценки неизвестной функции  $y = f(x)$ . Аппроксимация функций необходима при решении многочисленных инженерных и научных задач моделирования.

**Идентификация / прогнозирование.** Заданы  $n$  дискретных отсчетов выходных сигналов системы  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$  (возможно, с соответствующими входами  $\{u(t_1), u(t_2), \dots, u(t_n)\}$ ) в последовательные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Задача состоит в построении модели, прогнозирующей значения  $y(t_n + 1)$  в момент времени  $t_n + 1$ . Прогнозирующие модели могут быть использованы как в системах управления [1], так и в нетехнических приложениях, например, для анализа цен на фондовой бирже и прогнозирования погоды.

**Управление.** Рассмотрим динамическую систему, заданную совокупностью  $\{u(t), y(t)\}$ , где  $u(t)$  является входным управляющим воздействием, а  $y(t)$  – выходом системы в момент времени  $t$ . В системах управления с эталонной моделью целью управления является расчет такого входного воздействия  $u(t)$ , при котором система следует по желаемой траектории, диктуемой эталонной моделью. В качестве модели выбирается нейронная сеть, а динамический процесс ее настройки представляет собой решение задачи управления [1, 10].

**Классификация образов.** Задача состоит в указании принадлежности входного образа (например, речевого сигнала или рукописного символа), представленного вектором признаков, одному или нескольким предварительно определенным классам. К известным приложениям относятся распознавание печатных и рукописных текстов, распознавание речи, классификация объектов по их изображениям и анализ сцен [16].

**Кластеризация / категоризация.** При решении задачи кластеризации, которая известна также как классификация образов «без учителя», отсутствует обучающая выборка с метками классов. Алгоритм кластеризации основан на выявлении подобия образов в силу выбранной метрики и размещении близких образов в один кластер. Кластеризация применяется для извлечения знаний, сжатия данных, моделирования сложных технологических процессов [23].

**Оптимизация.** Многочисленные проблемы в математике, статистике, технике, науке, медицине и экономике могут рассматриваться как проблемы оптимизации. Задачей

алгоритма оптимизации является нахождение такого решения, которое удовлетворяет системе ограничений и максимизирует или минимизирует целевую функцию. Задача коммивояжера, относящаяся к классу NP-полных, является классическим примером задачи оптимизации, успешно решаемой ИНС [32].

**Память, адресуемая по содержанию.** В модели вычислений фон Неймана обращение к памяти доступно только посредством адреса, который не зависит от содержания памяти. Более того, если допущена ошибка в вычислении адреса, то может быть найдена совершенно иная информация. Ассоциативная память, или память, адресуемая по содержанию, доступна по указанию заданного содержания. Содержимое памяти может быть вызвано даже по частичному входу или искаженному содержанию. Ассоциативная память эффективно используется при создании мультимедийных информационных баз данных [37].