

УДК 004.032.26

DOI: 10.35330/1991-6639-2021-1-99-20-27

MSC: 68T07

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

А.С. ИБРАГИМ

Институт прикладной математики и автоматизации –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр  
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»  
360000, КБР, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А  
E-mail: ipma@niipma.ru

*В статье рассматриваются две системы искусственного интеллекта – нейронные сети и мультиагентные системы. Основной целью является определение преимуществ и недостатков этих методов ИИ, наилучших методов их применения при решении определенных задач. Описываются архитектуры построения и этапы функционирования этих методов искусственного интеллекта. В результате сравнений практического применения выявлены некоторые преимущества и недостатки нейронных сетей (НС) и МС.*

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть, мультиагентные системы, агенты, нейроны, искусственный интеллект, алгоритмы.

*Поступила в редакцию 14.12.2020 г.*

**Для цитирования.** Ибрагим А.С. Сравнительный анализ искусственных нейронных сетей и мультиагентных систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1(99). С. 20-27.

### ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем все больше возрастает использование систем искусственного интеллекта. Современный мир диктует новые правила, под которые необходимо подстраиваться, обучаться новым методам. В нашей статье анализируются и сравниваются два широко используемых метода искусственного интеллекта, каждый из которых применяется в своей области использования для решения поставленных задач.

### ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

НС представляет собой структуру, состоящую из искусственных нейронов, связанных между собой и с внешней средой с помощью связей, каждая из которых имеет определённый коэффициент, которые называют весами. Обобщённо понятие нейросети можно объяснить как машинную интерпретацию человеческого мозга, в котором информация передаётся через миллионы нейронов в виде электрических импульсов. ИНС – это математическая модель, её программное или аппаратное воплощение, построенная по аналогии с организацией и функционированием биологических НС – сетей нервных клеток живого организма. Понятие ИНС возникло, когда изучались процессы, протекающие в мозге, и при попытке моделирования этих процессов [1].

Искусственные нейроны относительно просты по сравнению с процессорами, используемыми в компьютерах. Каждый из процессоров такой сети взаимодействует только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. Однако простые процессоры, объединённые в большую

сеть с управляемым взаимодействием, способны на выполнение довольно сложных задач. Структура НС позволяет машине обретать способность анализировать и даже запоминать различные виды информации. НС способны не только на анализ входящей информации, но и на воспроизведение этой информации из блоков памяти. После разработок алгоритмов обучения получаемые модели стали использоваться в практических целях: для распознавания образов, в задачах прогнозирования, в задачах управления, в финансовом секторе. Программирование в привычном смысле этого слова для НС не используется, НС обучаются. В этом заключается их главное преимущество перед традиционными алгоритмами. Процесс обучения позволяет НС обобщать данные и выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными. Успешно обученная сеть может без данных из обучающей выборки дать верный результат. По аналогии ИНС может выдавать верный результат при частично искажённых данных. Способ подстройки параметров определяет тип НС. Различают алгоритмы обучения с учителем и без учителя.

Обучение с учителем – это процесс предъявления сети выборки обучающих примеров. Образцы подаются на входы в сети, после этого обрабатываются внутри структуры НС. После этого вычисляют выходной сигнал связи, который сравнивают с соответствующими значениями целевого вектора, представляющего собой выход сети. Следующим этапом необходимо вычислить ошибку. После чего изменяют весовые коэффициенты связей внутренней НС в зависимости от выбранного алгоритма. Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки, и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему массиву обучения не дойдёт до минимального значения [2]. Рисунок 1 иллюстрирует процесс обучения нейронной сети.

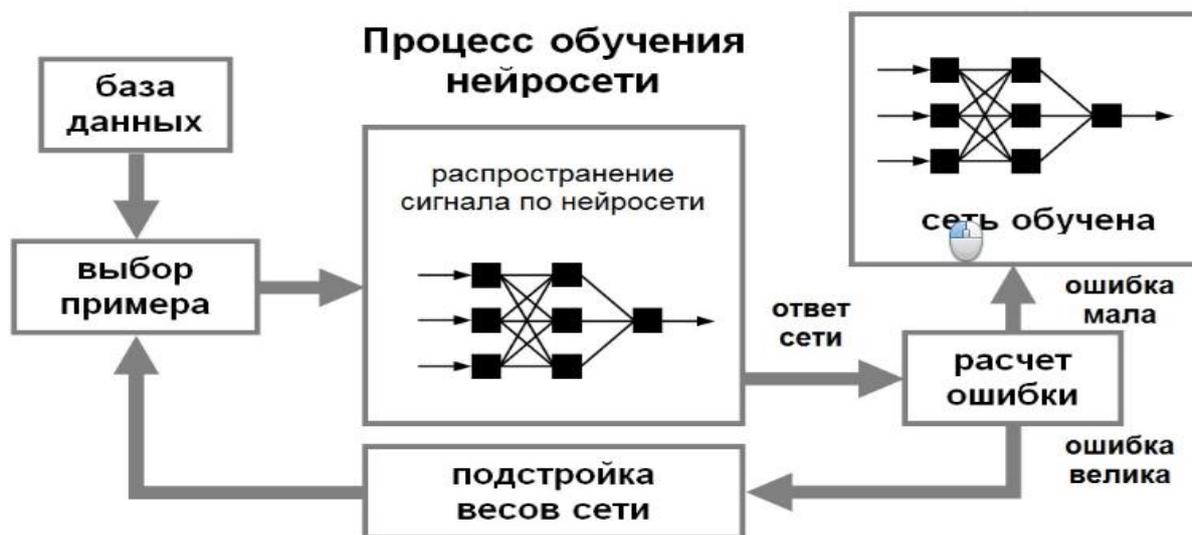


Рис. 1. Процесс обучения НС

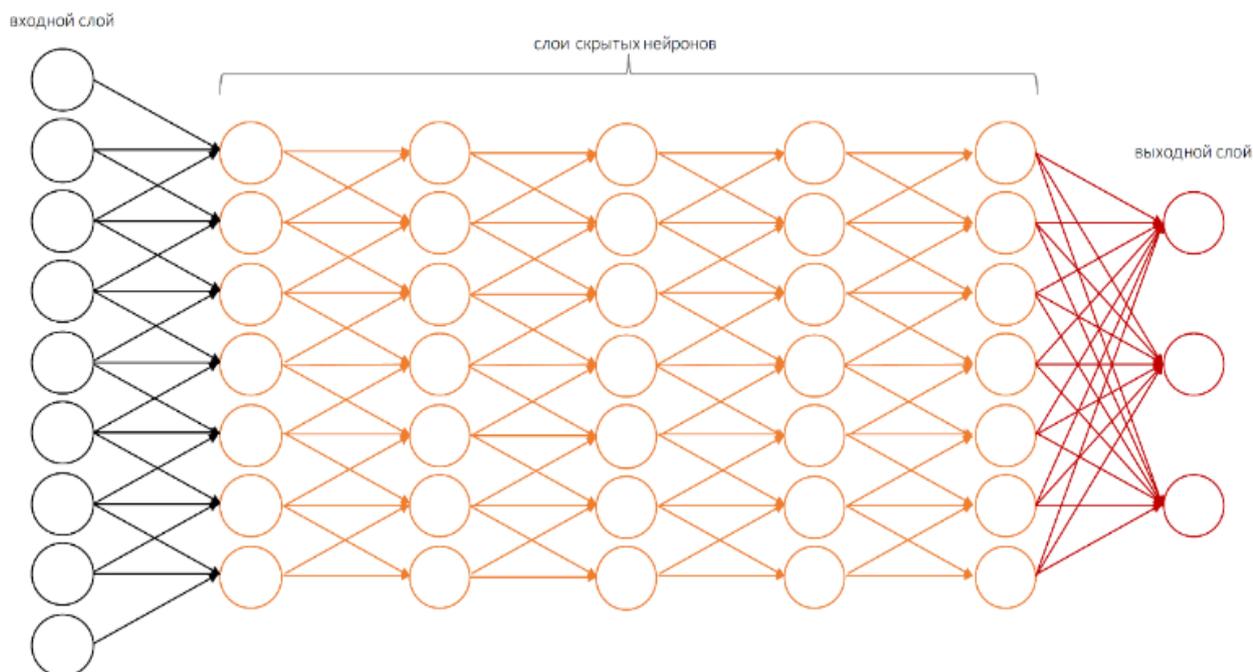
Обучение без учителя представляет собой обучающее множество из входных векторов.

Обучающий алгоритм должен подстраивать веса сети так, чтобы получались согласованные выходные векторы, то есть предъявление достаточно близких входных векторов должно давать одинаковые выходы.

Процесс обучения, следовательно, выделяет статистические свойства обучающего множества и группирует сходные векторы в классы.

Предъявление на вход вектора из данного класса даёт определённый выходной вектор, но до обучения невозможно предсказать, какой выход будет производиться данным клас-

сом входных векторов. Выходы нейронной сети должны трансформироваться в определённую понятную форму, обусловленную процессом обучения. Идентифицировать связь между входом и выходом установленной сети не является проблемой, и это легко осуществляется. Схематически нейронную сеть можно представить на рисунке 2.



*Рис. 2. Нейронная сеть*

Построение НС состоит из следующих этапов:

- сбор данных, необходимых при обучении;
- подготовка и нормализация данных;
- определение топологии НС;
- экспериментальный подбор характеристик сети;
- экспериментальный подбор параметров обучения;
- обучение;
- проверка адекватности обучения;
- корректировка параметров, окончательное обучение;
- описание математическими или логическими формулами сети для дальнейшего использования.

Рассмотрим некоторые этапы работы НС.

#### 1. Постановка задачи и выбор архитектуры НС.

На первом этапе необходимо чётко определить задачу и причину использования нейросетевого моделирования, преимущества, которые он должен дать.

#### 2. Определение количественного и качественного составов входов и выходов.

Поставленная задача определяет качественный и количественный состав входных и выходных переменных нейросетевой модели.

#### 3. Формирование исходной выборки данных.

Исходная выборка данных формируется на основе практического или вычислительного эксперимента. Точность нейросетевой модели зависит от большего объёма проведённого эксперимента.

4. Предварительная обработка и нормализация исходной выборки.

Данный этап определяется выбранной архитектурой нейронной сети, составом входных и выходных переменных и, собственно, фактическими данными, полученными в результате эксперимента.

5. Настройка параметров нейронной сети и алгоритма её обучения.

На данном этапе задаются вид и параметры активационных функций скрытых и выходных нейронов.

6. Обучение нейронной сети.

Процесс обучения сети состоит в упорядоченном просмотре обучающей выборки. Некоторым сетям, обучающимся без учителя, достаточно просмотра выборки только один раз. Другим сетям, а также сетям, обучающимся с учителем, необходимо множество раз просматривать выборку.

7. Проверка адекватности обучения, дообучение НС.

Даже при успешном обучении, на первый взгляд, НС может не всегда обучать именно тому, что от неё хотел создатель. Такой результат возможен, если сеть «понимает» не то, что от неё требовалось, а то, что проще всего обобщить.

Тестировать качество обучения НС необходимо на примерах, которые не участвовали в её обучении. Нужно учитывать, что чем выше качество обучения, тем больше должно быть число тестовых примеров.

НС вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления. Это стало возможным благодаря нелинейности программирования нейронных сетей, а также потому что НС обучаются на примерах. Пользователю НС необходимо подобрать представительные данные, а затем запустить алгоритм обучения, который автоматически будет воспринимать структуру данных. При этом от пользователя, конечно, требуется какой-то набор эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготавливать данные, выбирать нужную архитектуру сети и интерпретировать результаты, однако уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов статистики.

Основные преимущества НС основаны на параллельной обработке информации и на способности самообучаться, создавая обобщения. Термин «обобщение» обозначает способность получения обоснованного результата на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Это позволяет НС решать сложные и масштабные задачи, которые на нынешний момент считаются неразрешимыми. Но на практике при автономной работе НС не могут обеспечить готовые решения. Их приходится объединять в сложные системы. К примеру, комплексная проблема разлагается на ряд более простых задач, некоторые из которых могут решаться НС. На этом же приёме основываются МС.

### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НС

Приведём некоторые преимущества и достоинства НС перед традиционными вычислительными системами.

1. Решение задач при неизвестных закономерностях.

Основываясь на способности обучаться на множестве примеров, НС способна решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации и зависимости между входными и выходными данными. Традиционные математические методы и экспертные системы в таких случаях пасуют.

2. Устойчивость к шумам во входных данных.

Возможность работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов. Нет необходимости делать их предварительный отсев, НС сама определит их малоприспособность для решения задачи и отбросит их.

### 3. Адаптация к изменениям окружающей среды.

НС, обученные действовать в определенной среде, могут быть легко переучены для условий среды с незначительными колебаниями параметров. Также можно создать НС, которые будут переобучаться в реальном времени, для работы в нестационарной среде, где статистика изменяется с течением времени. Чем выше способность переобучения, тем устойчивее работа нейронной сети в нестационарной среде. Однако иногда адаптивность может негативно влиять на устойчивость системы в случаях, когда нейронная сеть с параметрами, изменяющимися во времени, может реагировать на посторонние возбуждения и вызывать потерю производительности.

Для использования всех достоинств адаптивности системы необходимо, чтобы основные параметры были достаточно стабильными, чтобы не учитывать внешние помехи, и при этом достаточно гибкими, чтобы подстраиваться под изменения среды.

### 4. Высокая скорость обработки.

Распараллеливание обработки данных улучшает быстродействие НС в разы по сравнению с традиционными методами обработки информации. МС тоже характеризуется высокой скоростью обработки данных.

### 5. Высокая отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети.

При неблагоприятных условиях, при повреждении отдельных нейронов производительность сети в целом падает незначительно. При повреждениях связей между нейронами может быть затруднено извлечение хранящейся информации, однако, учитывая распределенный характер хранения информации в НС, можно утверждать, что только серьезные повреждения повлияют на работу НС.

К недостаткам нейронных сетей относят:

#### 1. Невозможность НС дать точный и однозначный ответ.

Однако необходимо отметить, что НС редко применяются для решения задач, где необходимо дать точный ответ.

#### 2. Неспособность принятия решений в несколько этапов.

В задачах, где необходимо последовательно выполнять операции, НС не могут быть применены, они могут решить только одну определенно поставленную задачу.

#### 3. Невозможность нейронной сетью решить вычислительные задачи.

ИНС не способна решить математическое уравнение с подстановкой различных параметров. ИНС не предназначены для этих целей.

4. Длительность и трудоемкость обучения. Корректная работа ИНС требует проведения обучения нейронной сети на большом количестве входных данных.

## МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

МС – это направление искусственного интеллекта (ИИ), которое использует системы, состоящие из множества взаимодействующих интеллектуальных агентов, применяемые для решения сложной задачи, которую сложно или невозможно решить с помощью одной единой системы. Агентами выступают любые объекты, способные действовать и воспринимать. У каждого агента имеется набор сенсоров, с помощью которых он воспринимает окружающую действительность, и набор актуаторов, с помощью которых он воздействует на среду или других агентов [3].

Каждый из агентов обладает свойствами:

- активность – способность агента к организации и реализации действий в соответствии с заданными для него функциями;
- автономность – агент не зависит от окружающей среды;
- целенаправленность – наличие строгой цели, которой служит агент.

МС применяют в онлайн-торговле, робототехнике, поиске информации, логистике, графических приложениях, компьютерных играх. МС используют для обеспечения автоматического и динамического баланса нагрузки в сетевых и мобильных технологиях, они легко расширяемы и быстро восстанавливаемые, поэтому хорошо зарекомендовали себя при использовании этих технологий.

В МС перед каждым из агентов стоит задача решения малой части поставленной задачи. Поэтому для решения сложных задач используют большое количество агентов, организованных между собой так, чтобы они эффективно взаимодействовали. При таком построении весь спектр задач распределяется между всеми агентами системы, каждый из которых задействован в решении задачи. Каждому агенту присваивают роль, сложность которой определяют в соответствии с возможностями агента. Процесс распределения задач в МС решается двумя методами: методом системы распределённого решения проблемы или методом децентрализованного искусственного интеллекта. В первом методе процесс разделения целой проблемы на части и обратный процесс соединения найденных решений производится под управлением единого «центра». При использовании этого метода проектирование МС происходит сверху вниз, в соответствии с ролями, определёнными для агентов, и в соответствии с результатами разбиения глобальной задачи на подзадачи [4].

При построении МС с использованием децентрализованного искусственного интеллекта распределение целей для агентов происходит спонтанно в процессе их взаимодействия. Такое построение системы иногда приводит к резонансным и синергетическим эффектам.

МС начали использоваться более десяти лет назад. Сфера их развития ещё далеко не завершена. Разработчики ведут исследования в области теоретических основ формализации основных понятий и компонент систем. Особое внимание уделяется сектору формализации ментальных понятий. Достижения в этой сфере носят теоретический характер и на практике используются мало. Примером могут служить разработки в формализации ментальных понятий, где полностью игнорируются все разработанные в искусственном интеллекте подходы для работы с плохо структурируемыми понятиями, не вполне определёнными понятиями, методы, которые базируются на вероятности и нечёткости. Одним из самых перспективных направлений МС является построение модели самообучающегося агента. В частности, стоит отметить, что задача обучения МС имеет свою специфику по сравнению с задачами обучения нейронных сетей. Исследования специфики обучения МС мало изучены. Также необходимо осветить задачу обучения агентов коллективному поведению, которое используется в кооперативном решении задач, подразумевающим совместное использование знаний нескольких агентов. Этот вопрос также малоисследован специалистами.

Если говорить о практической реализации программного продукта, то необходимо привлечение знаний и технологий из областей, не относящихся к искусственному интеллекту, а именно: параллельных вычислений, технологии открытой распределённой обработки,

обеспечения безопасности и мобильности агентов. Необходимы знания в области сетевых компьютерных технологий и в области Internet-программирования. МС представляют собой не просто объединение результатов исследований ИИ, а интеграцию нескольких областей знаний, которые создают принципиально новые свойства и возможности в информационных технологиях.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МС

Главным преимуществом МС является их гибкость, возможность дополнения и модифицирования без внесения значительных изменений в программу.

Другим не менее важным свойством МС является устойчивость к сбоям. Такая устойчивость достигается благодаря большому запасу компонентов и высокой самоорганизации системы. Если сбой всё же произошел, то система сама восстановится в кратчайшее время.

#### ВЫВОДЫ

Определённого выбора в пользу одного из методов мы не сделаем. В соответствии с целью решаемой задачи, а также указанными преимуществами и недостатками используемых приёмов необходимо выбирать тот метод ИИ, который лучше всего подходит для решения рассматриваемой вами задачи. НС и МС являются эффективными и безопасными путями решения сложных задач. Они повышают надёжность распознавания и рекомендуются для внедрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мак-Каллок У.С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности / Под ред. К.Э. Шеннона и Дж. Маккартни // Автоматы. М.: Издательство иностранной литературы, 1956. С. 363-384.
2. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: перцептроны и теория механизмов мозга. М.: Мир, 1965. 480 с.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М.: Издательство «Вильямс», 2019.
4. Тарасов В.В. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. Серия «Науки об искусственном», 2002. 352 с. ISBN 5-8360-0330-0.

#### REFERENCES

1. McCulloch U.S., Pitts V. *Logicheskoye ischisleniye idey, odnosyashchikhsya k nervnoy aktivnosti* [Logical calculus of ideas related to nervous activity] / Ed. C.E. Shannon and J. McCarthy // Automata M.: Foreign literature Publishing house, 1956. Pp. 363-384.
2. Rosenblatt F. *Printsiipy neyrodinamiki: pertseptrony i teoriya mekhanizmov mozga* [Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms]. M.: Mir, 1965. 480 p.
3. Russell S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt. Sovremennyy podkhod* [Artificial Intelligence. A modern approach]. M.: Williams Publishing, 2019.
4. Tarasov V.B. *Ot mnogoagentnykh sistem k intellektual'nym organizatsiyam. Seriya "Nauki ob iskusstvennom"* [From multi-agent systems to intelligent organizations. Series "Sciences about the artificial"]. 2002. 352 p. ISBN 5-8360-0330-0.

# COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND MULTI-AGENT SYSTEMS

**A.S. IBRAGIM**

Institute of Applied Mathematics and Automation –  
branch of the FSBSE «Federal Scientific Center  
«Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»  
360000, KBR, Nalchik, 89 A Shortanov str.  
E-mail: ipma@niipma.ru

*The article discusses two artificial intelligence systems - neural networks and multi-agent systems. The main goal is to determine the advantages and disadvantages of these AI methods, the best methods of their application in solving certain problems. The schemes of construction and stages of functioning of these methods of artificial intelligence are described. As a result of practical application, some advantages and disadvantages of neural networks (NN) and multi-agent systems (MS) have been identified.*

**Keywords:** neural networks, Multi-agent system, agent, neurons, artificial intelligence, algorithms.

*Received by the editors 14.12.2020 г.*

**For citation.** Ibragim A.S. Comparative analysis of artificial neural networks and multi-agent systems // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 1 (99). Pp. 20-27.

## **Сведения об авторе:**

**Ибрагим Анзор Субхи**, аспирант НОЦ КБНЦ РАН 2-го года 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника, 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (ОФО).  
360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2.  
E-mail: asibragim@gmail.com

## **Information about the author:**

**Ibrahim Anzor Subhi**, 2nd year post-graduate, Scientific-educational Center of Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS 09.06.01 - Informatics and computer technology 05.13.06 - Automation and control of technological processes and production (Full-time course).  
360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarov street.  
E-mail: asibragim@gmail.com