

УДК 004

DOI: 10.34670/AR.2021.43.81.014

## Применение нейронных сетей в экономике

**Козак Евгений**

Старший разработчик пользовательского интерфейса,  
Memery Crystal LLP,  
EC4A 2DY, Соединённое Королевство Великобритании и Северной Ирландии,  
Лондон, Флит-стрит, 165;  
e-mail: eugeniu.cozac@gmail.com

### Аннотация

В современных условиях экономического развития, сопровождающихся глобальной цифровизацией большинства процессов, использование искусственного интеллекта становится необходимостью. Эффективное функционирование искусственного интеллекта осуществляется посредством искусственных нейронных сетей, представляющих собой в наиболее общем понимании серию алгоритмов, пытающихся распознать основные взаимосвязи в наборе данных с помощью процесса, имитирующего работу человеческого мозга. В этом смысле нейронные сети относятся к системам нейронов, как органических, так и искусственных по своей природе.

Как уже было отмечено, нейронные сети, составляющие основу технологий искусственного интеллекта, используются повсеместно, поэтому идея обучения решению сложных задач распознавания образов с использованием интеллектуального подхода, основанного на данных, теперь нечто большее, чем просто интересная задача для академических исследователей. Обусловлено это тем, что нейронные сети во многих случаях работают лучше, чем структурные эконометрические и другие модели, используемые в экономике, поскольку нейронные сети способны изучать систему и улавливать нелинейности, присущие входным переменным. Кроме того, системы нейронных сетей также способны создавать прогнозы выбросов в определенных точках данных. Вместе с тем, для применения нейронных сетей в экономике недостаточно простого понимания их возможностей, необходима также тщательная проработка алгоритма работы с нейронной сетью. Эффективным видится алгоритм, включающий в себя следующие процессы: подготовку, масштабирование данных, эксперимент, перепроверку и тестирование модели. В свою очередь, неправильный подход обучению сети приведет к неточности и (или) невозможности правильной интерпретации и эффективного использования полученных результатов.

### Для цитирования в научных исследованиях

Козак Е. Применение нейронных сетей в экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 5А. С. 113-119. DOI: 10.34670/AR.2021.43.81.014

### Ключевые слова

Нейронные сети экономика, прогнозирование временных рядов, алгоритм обучения нейронных сетей, распознавание образов.

## Введение

Нейронные сети - это себя ценный инструмент в широком спектре функциональных областей, влияющих на большинство предприятий, поэтому основной объем научных исследований в данной сфере посвящен поиску новых возможностей, связанных с обучением нейронных сетей [Власов, 2019], а также поиску возможностей замены традиционных процессов на процессы, в основе которых лежат нейронные сети [Гуреева, 2017].

В настоящее время нейронные сети используются в горнодобывающей промышленности, добыче полезных ископаемых, производстве стали, золота, алмазов, платины, нефтехимии, цемента, в медицине, фармацевтике, производстве продуктов питания, образовании и прочих отраслях.

С точки зрения использования, нейронные сети рассматриваются как простые вычислительные инструменты для изучения данных и разработки моделей, которые помогают идентифицировать интересные закономерности или структуры в данных [Курников, Петров, 2017]. Сами данные, применяемые для разработки этих моделей, называются обучающими данными. Как только нейронная сеть была ознакомлена с обучающими данными и изучила закономерности, существующие в них, ее можно применять к новым данным, тем самым достигая различных результатов, поэтому нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования будущих событий на основе закономерностей, которые наблюдались в исторических данных, используемых для обучения сетей.

Особенности применения и возможности нейронных сетей в специализированной литературе описывают исходя из целей применения таких сетей, что обусловлено тем, что нейронная сеть должна быть построена и адаптирована специально для проблемы, для решения которой она предназначена. Иными словами, нельзя просто использовать решение для машинного обучения, которое сделал кто-то другой для своего собственного контекста и набора данных – в зависимости от решаемых задач меняются и решения, связанные с обучением и использованием сетей. В контексте настоящей статьи наибольший научный интерес представляет применение нейронных сетей в экономике.

## Основная часть

В специализированной литературе по-разному раскрывают особенности и значение использования нейронных сетей в экономике. Одни авторы пишут о том, что нейронные сети в экономике применимы лишь для классификации, кластеризации и прогнозирования данных, обуславливая свою позицию тем, что в экономике есть два наиболее релевантных типа данных – это временные ряды и текст [Терехов, Жуков, 2017]. Тем не менее, существуют исследования, в которых выделяют и другие практические ценности нейронных сетей в экономике. Так, в иностранных исследованиях, например, указывают на то, что возможности нейронных сетей в части распознавания образов позволяют использовать такие сети не только для прогнозирования в экономике, но и для анализа данных о рынках с целью дальнейшего применения полученных результатов для получения прибыли [Kim, Nak Chun, 1998]. В ограниченных рамках настоящей статьи рассмотрим особенности применения нейронных сетей в экономике для целей прогнозирования временных рядов.

Безусловно, прогнозирование экономических временных рядов является сложной задачей, тем более для развивающихся экономик, где множество факторов, обычно не учитываемых в

основном экономическом мышлении, играют важную роль в формировании общих макроэкономических результатов. Этим в том числе и объясняется популярность исследования систем вычислительного интеллекта в литературе (особенно в последние два десятилетия), в частности, искусственных нейронных сетей для борьбы с нелинейностями и прогнозирования данных временных рядов.

Основная привлекательность моделей для оценки временных рядов заключается в их гибком нелинейном моделировании возможности. Например, с искусственной нейронной сетью нет необходимости указывать конкретную форму модели, а сама модель адаптивно формируется на основе особенностей, представленных на основе данных, что делает нейронные сети подходящими для ситуаций, когда теоретические ожидания не оправдываются, а известные закономерности нарушаются.

Искусственные нейронные сети – это модели, разработанные для имитации биологической нервной системы, состоящие из взаимосвязанных обрабатывающих элементов, называемых нейронами. Каждый нейрон получает информацию или сигналы от внешних стимулов или других узлов и обрабатывает эту информацию локально с помощью функции активации, после чего она производит преобразованный выходной сигнал и отправляет его другим нейронам или на внешний выход. Именно эта коллективная обработка сетью позволяет нейронной сети в целом извлекать уроки из предыдущих примеров, которые затем обобщаются для будущих результатов.

Модели нейронных сетей стали популярными при прогнозировании экономических временных рядов из-за их способности аппроксимировать большой класс функций с высокой степенью точности.

Таким образом, этот класс моделей решает обычные проблемные вопросы, возникающие при прогнозировании макроэкономических показателей: сезонность, нестационарность и нелинейность. Но более того, тот факт, что модель формируется на основе характеристик данных и, следовательно, не требует какой-либо предварительной спецификации модели, делает нейронные сети подходящими для сред, где теоретические подходы к прогнозированию либо недоступны, либо ненадежны и не позволяют предложить соответствующий процесс генерации данных экономического ряда.

Следующий момент, позволяющий говорить об эффективности применения нейронных сетей в экономике для целей прогнозирования временных рядов, связан с теми возможностями процесса моделирования нейронных сетей, которые сводятся к выбору архитектуры модели.

Вышеназванный процесс включает в себя выбор пяти наиболее важных параметров модели: количество входных узлов (переменные-предикторы и их лаги), количество скрытых слоев, количество скрытых узлов и количество выходных узлов (переменная для прогноза). Выбор архитектуры является наиболее важным решением в среде прогнозирования, поскольку определяет, насколько успешно модель может обнаруживать объекты, фиксировать шаблон данных и выполнять сложные нелинейные сопоставления входных и выходных переменных.

Успешное прогнозирование и классификация в экономике с помощью нейронных сетей требует тщательного внимания к двум основным этапам: обучению нейронных сетей и обобщению полученных результатов. Что касается обучения, то разработанная модель должна адекватно отражать данные обучения. Сами данные должны содержать взаимосвязи, которые нейронная сеть пытается учить, а модель нейронной сети должна уметь выводить соответствующие веса для представления этих взаимосвязей.

Обобщение полученных результатов сводится к тому, что разработанная модель должна

хорошо работать при тестировании на новых данных, чтобы убедиться, что она не просто запомнила характеристики обучающих данных, а может их применять. При этом научно доказано, что нейросетевая модель очень легко «подстраивается» под обучающие данные, особенно для небольших наборов данных. Архитектура должна быть небольшой и необходимо принять ключевые процедуры проверки, чтобы гарантировать, что обучение может быть обобщено [Мухаметзянов, Рамазанов, 2017]. В рамках каждого из этих этапов существует целый перечень процессов, которые могут быть приняты для обеспечения эффективного обучения и успешного обобщения для задач прогнозирования и классификации в экономике.

В контексте настоящего исследования видится необходимым классифицировать все процессы на подготовку, масштабирование данных, эксперимент, перепроверку и тестирование модели. Неправильный подход обучению сети приведет к неточности и (или) невозможности правильной интерпретации и эффективного использования полученных результатов.

На этапе подготовки данных перед изучением модели нейронной сети может потребоваться ряд этапов предварительной обработки, включая очистку данных, удаление выбросов, определение правильного уровня обобщения и преобразование нечисловых данных.

Масштабирование данных необходимо для их нормализации до начала обучения. Данные временных рядов часто нуждаются в десезонализации и детрендировании, чтобы нейронная сеть могла изучить истинные закономерности в данных. При этом необходимо убедиться и в том, что архитектура нейронной сети подходит для изучения данных. Если скрытых нейронов недостаточно, то сеть не сможет представить отношения в данных.

Следующий этап направлен на проведение эксперимента с параметрами обучения и необходим для того, чтобы убедиться в том, что получено лучшее обучение. В экономике в уравнениях обратного обучения есть несколько параметров, которые требуют выбора и экспериментов. К ним относятся скорость обучения  $c$ , уравнение функции  $f()$  и ее направление  $\lambda$ , и значения начальных весов  $e$ .

Рассмотрим альтернативные алгоритмы обучения обратному перемещению. Обратное перемещение – это метод градиентного спуска, который гарантирует сходимость только к локальному минимуму функции ошибки. В последнее время исследователи используют более сложные стратегии поиска, такие, как генетические алгоритмы и имитационный отжиг, в попытке найти глобально оптимальные значения веса.

Теперь акцентируем внимание на тестировании модели. Традиционно принято, что 20% обучающих данных зарезервировано в качестве набора тестов. Нейронная сеть обучается только на 80% данных, и степень, в которой она изучила или запомнила данные, определяется измеренной производительностью тестового набора. При наличии достаточного количества дополнительных данных для оценки возможностей обобщения изученной модели используется третья группа данных, известная как набор валидации.

Для задач прогнозирования временных рядов в экономике набор для теста проверки обычно берется из самых последних доступных данных, и именно он обеспечивает наилучшее представление о том, как разработанная модель будет работать с будущими данными. Когда данных недостаточно для извлечения набора тестов и остается достаточно обучающих данных для обучения, используются наборы перекрестной проверки. Такой подход включает в себя случайное извлечение набора тестов, разработку модели нейронной сети на основе оставшихся обучающих данных и повторение процесса с несколькими случайными разделениями данных.

Сама же архитектура модели должна быть такой большой, как того требует изучение данных и достижение приемлемой производительности во всех наборах данных (обучение,

тестирование и проверка, где это возможно). Существует ряд показателей производительности, которые обычно используются для определения того, насколько хорошо нейронная сеть изучила взаимосвязи в данных. Для задач прогнозирования эти показатели обычно связаны с ошибками между прогнозируемыми выходными данными и фактическими желаемыми выходными данными, через правильное определение которых можно понять порог принятия решения.

Правильное соблюдение последовательности действий позволит сделать вывод о том, в какой части модель может быть улучшена, либо путем улучшения обучения, либо путем корректировки порога принятия решений для переосмысления результатов изученной модели, что в свою очередь значительно увеличит шансы на разработку модели нейронной сети, эффективно используемой для прогнозирования временных рядов.

### Заключение

Подводя итог настоящему исследованию, необходимо отметить, что искусственные нейронные сети в последние несколько лет стали все чаще и чаще применяться в экономике. Обусловлено это тем, что нейронные сети во многих случаях работают лучше, чем структурные эконометрические и другие модели, используемые в экономике, поскольку нейронные сети способны изучать систему и улавливать нелинейности, присущие входным переменным. Кроме того, системы нейронных сетей также способны создавать прогнозы выбросов в определенных точках данных. Вместе с тем, для применения нейронных сетей в экономике недостаточно просто понимания их возможностей, необходима также тщательная проработка алгоритма работы с нейронной сетью. Эффективным видится алгоритм, включающий в себя следующие процессы: подготовку, масштабирование данных, эксперимент, перепроверку и тестирование модели. Неправильный же подход обучению сети приведет к неточности и (или) невозможности правильной интерпретации и эффективного использования полученных результатов.

### Библиография

1. Власов А.В. Особенности использования нейронных сетей в экономике в современных условиях // Вестник Юридического института МИИТ. 2019. № 1 (25). С. 108-113.
2. Гуреева О.А., Потапова М.С. Обучающие и тестовые данные для нейронных сетей // Nauka i studia. 2017. Т.1. №3. С. 75-77.
3. Доничев О.А., Романова А.Д., Баринов М.А. Методология оценки инновационного потенциала социально-экономических систем // Региональная экономика: теория и практика. 2017. №1. С. 169-181.
4. Клевцов Д.В. Перспективы использования нейронных сетей в современной экономике // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. №1. С.289-296.
5. Курников Д.С., Петров С.А. Использование нейронных сетей в экономике // Juvenis scientia. 2017. №6. С.10-12.
6. Мухаметзянов В.А., Рамазанов А.Р. Применение нейросетей в области экономики и финансов // Аллея Науки. 2017. №16. С. 186-189.
7. Нейронные сети в прикладной экономике: [учеб. пособие] / Е. А. Трофимова, Вл. Д. Мазуров, Д. В. Гилёв; [под общ. ред. Е. А. Трофимовой]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 96 с.
8. Терехов В.И., Жуков Р.В. Методика подготовки данных для обработки импульсными нейронными сетями // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2017. №2. С. 31-36.
9. Рыков В.П. Модульный принцип обучения искусственных нейронных сетей на примере известных нейросетевых топологий // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 2. С. 583-586.
10. Шотыло Д.М., Крайнова В.Е., Скурыдин А.В. Тенденции развития искусственных нейронных сетей в цифровой экономике // ЭКОНОМИНФО. 2018. №4. С.65-69.
11. Zhang, Guoqiang; Patuwo, B. Eddy; Hu, Michael Y. (1998): Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art, International Journal of Forecasting; 14(1), March, pages 35-62.

12. Kim, S. H.; Hak Chun, Se (1998): Graded Forecasting Using an Array of Bipolar Predictions: Application of Probabilistic Neural Networks to a Stock Market Index, *International Journal of Forecasting*; 14(3), September, pages 323-337.

## Application of neural networks in the economy

**Eugeniu Cozac**

Senior UI Developer,  
Memery Crystal LLP,  
EC4A 2DY, 165, Fleet str., London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland;  
e-mail: eugeniu.cozac@gmail.com

### Abstract

In the modern conditions of economic development, accompanied by the global digitalization of most processes, the use of artificial intelligence is becoming a necessity. The effective functioning of artificial intelligence is carried out through artificial neural networks, which are, in the most general sense, a series of algorithms that try to recognize the main relationships in a data set using a process that simulates the work of the human brain. In this sense, neural networks refer to systems of neurons, both organic and artificial in nature.

As already noted, neural networks, which form the basis of artificial intelligence technologies, are used everywhere, so the idea of learning to solve complex image recognition problems using an intelligent approach based on data is now something more than just an interesting task for academic researchers.

This is due to the fact that neural networks in many cases work better than structural econometric and other models used in economics, since neural networks are able to study the system and capture the nonlinearities inherent in the input variables. Secondly, neural network systems are also able to create outlier forecasts at certain data points. At the same time, for the use of neural networks in the economy, it is not enough just to understand their capabilities, it is also necessary to carefully study the algorithm for working with a neural network. An algorithm that includes the following processes is considered effective: preparation, scaling of data, experiment, rechecking and testing of the model. In turn, an incorrect approach to training the network will lead to inaccuracy and (or) impossibility of correct interpretation and effective use of the results obtained.

### For citation

Cozac E. (2021) *Primenenie neironnykh setei v ekonomike* [Application of neural networks in the economy]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (5A), pp. 113-119. DOI: 10.34670/AR.2021.43.81.014

### Keywords

Neural networks economics, time series forecasting, neural network training algorithm, pattern recognition.

---

## References

1. Vlasov A.V. Features of the use of neural networks in the economy in modern conditions // Bulletin of the Law Institute of MIIT. 2019. No. 1 (25). pp. 108-113.
2. O Gureeva. A., Potapova M. S. Training and test data for neural networks // Nauka i studiya. 2017. Vol. 1. No. 3. pp. 75-77.
3. Donichev O. A., Romanova A.D., Barinov M. A. Methodology for assessing the innovative potential of socio-economic systems // Regional economy: theory and practice. 2017. No. 1. pp. 169-181.
4. Klevtsov D. V. Prospects of using neural networks in the modern economy // International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral". 2020. No. 1. P. 289-296.
5. Kurnikov, D. S., Petrov S. A. the Use of neural networks in Economics // Juvenis scientia. 2017. No. 6. P. 10-12.
6. Mukhametzyanov V. A., Ramazanov A. R. Application of neural networks in the field of Economics and Finance // Alley Science. 2017. No. 16. pp. 186-189.
7. Neural networks in applied economics: [textbook. manual] / E. A. Trofimova, V. D. Mazurov, D. V. Gilev; [under the general ed. of E. A. Trofimova]; The Ministry of Education and Science Grew. Federation, Ural. feder. un-T. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2017. 96 p.
8. Terekhov V. I., Zhukov R. V. Methods of data preparation for processing by pulsed neural networks // Neurocomputers: development, application. 2017. No. 2. pp. 31-36.
9. Rykov V. P. Modular principle of training artificial neural networks on the example of well-known neural network topologies // Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences. 2014. No. 2. pp. 583-586.
10. Shotylo D. M., Krainova V. E., Skurydin A.V. Trends in the development of artificial neural networks in the digital economy // EKONOMINFO. 2018. No. 4. pp. 65-69.
11. Zhang, Guoqiang; Patuvo, B. Eddy; Hu, Michael Yu (1998): Forecasting using artificial neural networks: The current state, International Journal of Forecasting; 14(1), March, pages 35-62.
12. Kim, S. H.; Hak Chun, Xie (1998): Graded forecasting using an array of bipolar forecasts: Applying probabilistic neural networks to the stock Market Index, International Journal of Forecasting; 14(3), September, pages 323-337.