

УДК 004.9:338

ББК 65.050.03

Tokarev Kirill Evgenievich,
 candidate of economic sciences, associate professor
 of the department of computer science and mathematics
 of Volgograd Business Institute,
 Volgograd,
 e-mail: tke.vgsha@mail.ru

Токарев Кирилл Евгеньевич,
 канд. экон. наук, доцент
 кафедры информатики и математики
 Волгоградского института бизнеса,
 г. Волгоград,
 e-mail: tke.vgsha@mail.ru

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

NEURAL NETWORK METHODS AND ALGORITHMS OF MANAGEMENT IN SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством

08.00.13 – Mathematical and instrumental methods of economics

08.00.05 – Economics and management of national economy

В статье рассмотрены возможности применения алгоритмического и математического аппарата нейросетевых моделей в задачах управления социально-экономическими системами. В ходе исследования автором проанализированы современные подходы к моделированию управления социально-экономическими системами, разработана алгоритмическая модель обучения и функционирования нейронной сети, а также представлена структурная модель базового компонента сети – искусственного нейрона. Кроме того, проанализированы возможности и выявлены пути адаптации существующих классов одно- и двухслойных нейросетевых моделей с экзо- и эндогенными сигналами для обоснования управленческих решений на основе использования инструментальных средств для многовариантного анализа альтернатив в задачах управления в социальных и экономических системах.

The article examines the possibilities of application of algorithms and mathematical means of neural network models in the problems of management of socio-economic systems. The author analyzes the current approaches to modeling management of socio-economic systems, algorithm model of learning and functioning of neural networks is developed, as well as structural model of basic component of the network – the artificial neuron – is presented. In addition, opportunities are analyzed and the ways of adaptation of existing classes of one and two-layer neural network models with exogenous and endogenous signals are revealed in order to justify management decisions through the use of tools for multivariate analysis of the alternatives in problems of management in social and economic systems.

Ключевые слова: нейросетевые модели, социально-экономические системы, инструментальные средства, искусственный нейрон, перцептрон, многовариантный анализ, карты Кохонена, нейросетевой аппарат, экзо- и эндогенные сигналы, алгоритмическая модель.

Key words: neural network model, socio-economic system, tools, artificial neuron, perceptron, multivariate analysis, Kohonen maps, neural network device, exogenous and endogenous signals, algorithmic model.

Современным, достаточно динамично развивающимся инструментом практической реализации задач прогнозирования и управления социально-экономическими системами являются нейронные сети, которые позволяют с предварительно заданной точностью аппроксимировать любую непрерывную функцию по обучающей выборке. В этом случае обучающая выборка формируется на основе наборов наблюдаемых значений факторов x_1, \dots, x_k и параметра y . Опыт успешного применения нейронных сетей в управлении различными социальными и экономическими системами является основанием для выбора опыта в качестве инструмента управления ими.

Различные подходы к решению задач менеджмента социально-экономических систем, основанных на использовании нейросетевых методов и алгоритмов, развиты в работах Н. М. Астафьевой, К. В. Анисимовича, В. И. Васильева, В. И. Гадзиковского, А. Ю. Дорогова, И. Л. Дремина, А. И. Галушкина, А. Л. Горелика, В. Н. Гусятникова, В. П. Дьяконова, К. А. Губы, Г. Н. Дюбанова, С. Оссовского, В. Г. Редько, А. Ф. Рогачева, Н. Н. Скитер, П. В. Терелянского, В. А. Терехова, Н. И. Червякова, Г. В. Тимофеевой, Б. Видрова, А. Кохена, С. Маллата, Ф. Розенблатта, Дж. Хопфилда и других отечественных и зарубежных ученых [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

Актуальность исследования обусловлена тем, что выбор и адаптация нейросетевых моделей, а также разработка алгоритмического и инструментального обеспечения, обоснование их архитектуры и параметров является важной теоретической и прикладной задачей, решение которой позволяет повысить эффективность планирования и управления социально-экономическими системами за счет принятия более обоснованных управленческих решений на основе использования инструментальных средств для многовариантного анализа альтернатив.

В связи с этим **целью** исследования является анализ и обоснование применения нейросетевых моделей для решения задач управления социально-экономическими системами, а также адаптация их алгоритмического и инструментального обеспечения. Для ее достижения необходимо решить такие **задачи**, как анализ и систематизация методов нейросетевого моделирования систем, а также обоснование архитектуры, разработка алгоритмического и адаптация инструментального обеспечения нейросетевых моделей для управления социально-экономическими системами.

Научная новизна исследования состоит в разработке алгоритмического и инструментального обеспечения методики построения, обучения и верификации нейросетевых моделей для управления социально-экономическими системами.

Искусственные нейронные сети (далее – ИНС) представляют собой компьютерные системы, которые моделируют работу биологических нейронов с возможностью параллельной обработки информации, способностью к обучению и обобщению накопленных знаний. Однако применительно к сфере управления социально-экономическими системами, учитывая их специфику, отсутствуют методики адаптации существующих параметров ИНС и выбора ее архитектуры.

Искусственные нейронные сети обладают рядом преимуществ: результативностью при решении неформализованных или плохо формализованных задач, при работе с неполной информацией, устойчивостью к частым

изменениям среды. При решении задач прогнозирования и управления с помощью ИНС, основной задачей является предсказание будущей реакции системы в соответствии с ее предшествующим поведением. Обладая информацией о значениях переменной x в предыдущие моменты времени $x(k-1), x(k-2), \dots, x(k-N)$, сеть вырабатывает решение, то есть то, каким будет наиболее вероятное значение последовательности $x(k)$ в момент k [8; 9].

Типичный алгоритм работы нейросетевого аппарата состоит из следующих этапов (рис. 1) [10; 11]:

1. Выбор влияющих факторов и окна скользящего (то есть по какому количеству предыдущих значений временного ряда будет осуществляться прогноз).
2. Предобработка данных (устранение несущественных факторов, восстановление пропущенной информации, устранение аномальных выбросов и т. д.).
3. Построение модели (выбор наиболее подходящей сети).

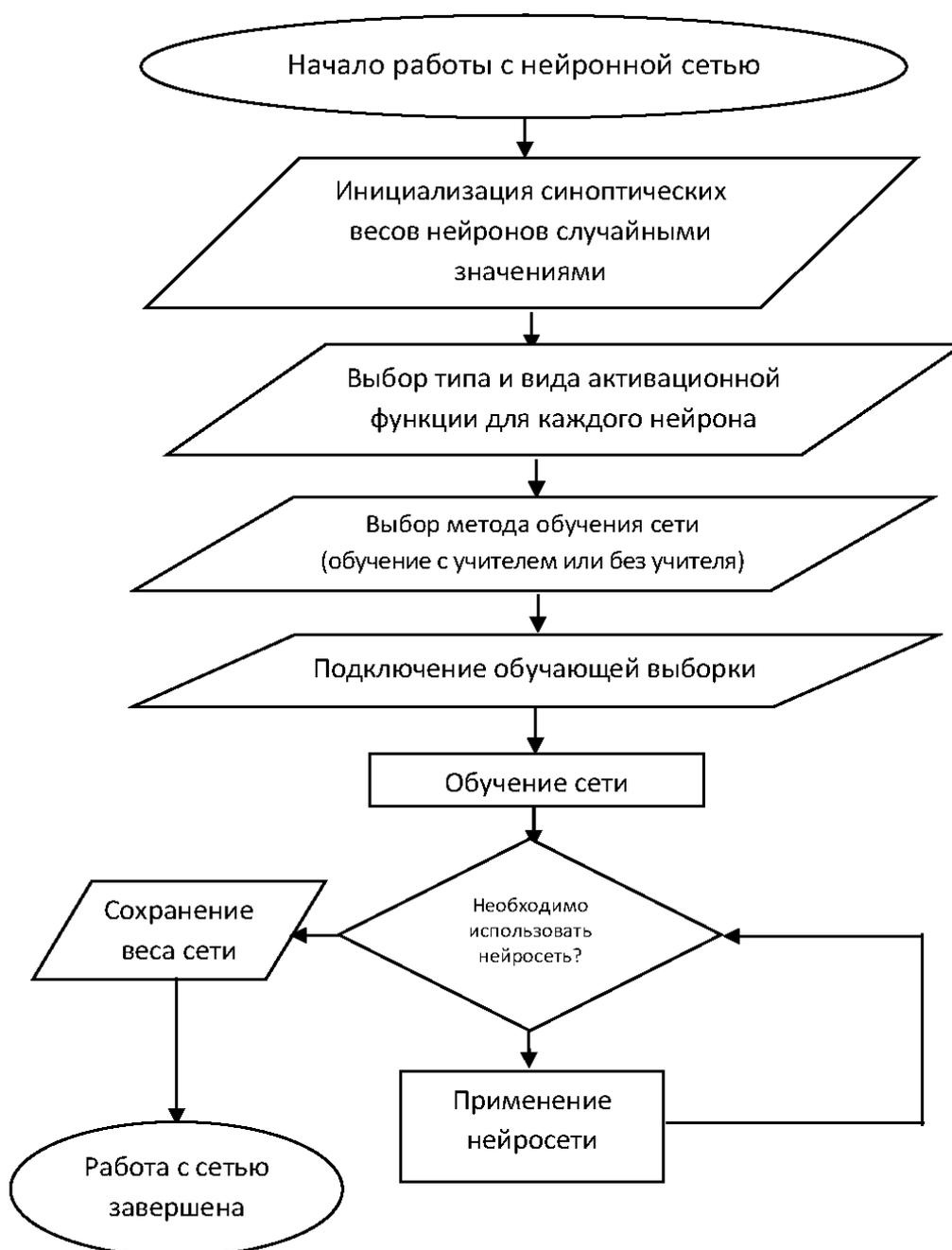


Рис. 1. Блок-схема процесса обучения и функционирования нейронной сети

Определенной сложностью в построении ИНС-модели является формирование обучающей выборки, которая должна выполнять требования к полноте (не содержать пропусков, а иметь все допустимые примеры исследуемого диапазона) и непротиворечивости (не содержать противоречивых примеров). Для проверки обучающей выборки на соответствие требованиям необходима оценка их качества, непосредственно определение понятий качества выборки, критериев оценки качества и разработки математического аппарата для их однозначной оценки. Для повышения прогностической способности допустимы (иногда необходимы) дополнительные преобразования, такие как методы фильтрации и восстановления данных.

Искусственный нейрон, модель которого приведена на рис. 2, является базовым компонентом нейронной сети любого типа.

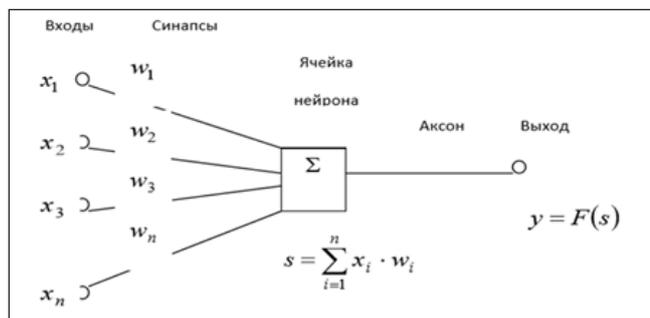


Рис. 2. Модель искусственного нейрона

(x_1, \dots, x_n – входные сигналы, поступающие на искусственный нейрон; i ($i = 1, \dots, n$) – синапс, которому соответствует вес w_i)

Суммирующий блок, соответствующий телу биологического нейрона, продуцирует взвешенную сумму входных сигналов, формируя тем самым величину s :

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i . \quad (1)$$

Выход нейрона определяется как функция его состояния: $y = f(s)$, где f – активационная функция, моделирующая нелинейную передаточную характеристику биологического нейрона и представляющая нейронной сети разнообразие и большие возможности. Отдельный нейрон способен выполнять только простейшие процедуры распознавания, поэтому лучшие результаты прогнозирования показывают соединения нейронов в сети. Однослойные сети относятся к простейшим и состоят из некоторого числа m нейронов, образующих один слой (рис. 3).

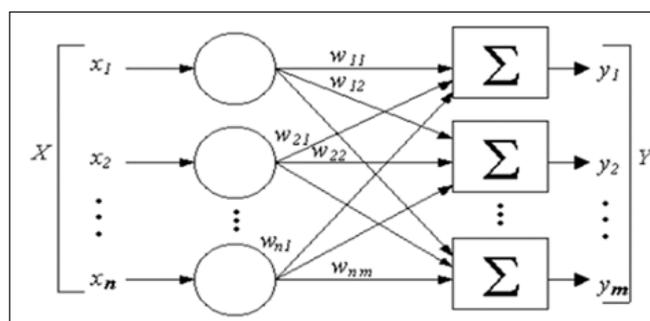


Рис. 3. Простейшая однослойная нейронная сеть

(n – число входов, m – число выходов, $X = (x_1, \dots, x_n)$ – вектор входных сигналов, $Y = (y_1, \dots, y_m)$ – вектор выходов)

Каждый элемент w_{ij} (где $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$) представляет собой вес, связывающий вход i с выходом j . Если формально обозначить совокупность весов матрицей $W = (W_{ij})_{i=1, \dots, n, j=1, \dots, m}$, то вычисление выходного вектора осуществляется по формуле $Y = W \times X$. Многослойные нейронные сети образуются каскадами слоев и обладают большими вычислительными возможностями.

Рассмотрим двухслойную нейронную сеть с n входами и одним выходом (рис. 4), получившую широкое распространение в практике прогнозирования и управления социально-экономическими системами.

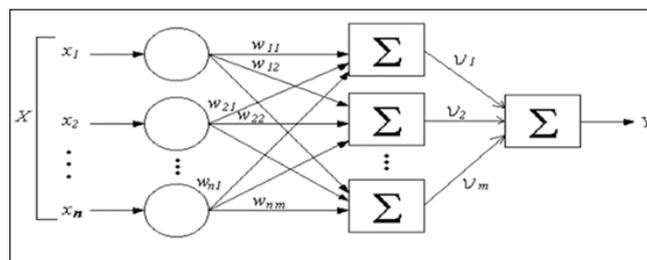


Рис. 4. Двухслойная нейронная сеть

В приведенном нами графическом примере каждый нейрон j первого слоя ($j = 1, \dots, m$) суммирует входные сигналы сети с соответствующими весами (формируя сигналы $S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i$), затем применяет к каждой сумме передаточную функцию f_1 и передает результат на вход выходного (второго) слоя. Нейрон второго слоя суммирует m поступивших входных сигналов с весами v_1, \dots, v_m . То есть $s = \sum_{j=1}^m v_j \cdot f_1(s_j)$. Полагая, что передаточной функцией второго слоя выступает f_2 , выпишем в аналитическом виде реакцию сети:

$$Y = F(x_1, \dots, x_n) = f_2 \left(\sum_{j=1}^m v_j \cdot f_1 \left(\sum_{i=1}^n w_j \cdot x_i \right) \right) . \quad (2)$$

Среди многослойных нейронных сетей различаются также монотонные сети, сети без обратных связей, сети с обратными связями. Монотонные сети накладывают дополнительные условия на связи и нейроны. В сетях без обратных связей нейроны каждого слоя (вплоть до выходного) передают сигналы нейронам следующего слоя. В сетях с обратными связями информация с последующих слоев может передаваться на предыдущие. Для решения конкретной практической задачи могут быть выбраны различные модели нейронных сетей. Среди них можно выделить сети прямого распространения, рекуррентные нейронные сети, радиально базисные нейронные сети (RBF-сети); самоорганизующиеся карты Кохонена.

Для решения конкретной практической задачи могут быть выбраны различные модели нейронных сетей. Среди них отметим сети прямого распространения (например, простейший персептрон Розенблатта, многослойный персептрон); рекуррентные нейронные сети (например, рекуррентная сеть Эльмана); радиально базисные нейронные сети (RBF-сети); самоорганизующиеся карты (сети Кохонена) и т.п.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что качество решения задач планирования и управления социально-экономическими системами с использованием конкретной нейронной сети зависит

от значений выбранных критериев моделируемых систем. Очевидно, что результаты нейросетевого моделирования являются значимым основанием принятия важных страте-

гических решений, и потому для получения качественно-го результата целесообразно построение сразу нескольких нейросетевых моделей с различной архитектурой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губа К. А., Дюбанов Г. Н. Повышение эффективности системы принятия управленческих решений за счет применения аппарата нейронных сетей // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 3 (28). С. 84–87.
2. Соколов А. Ф. Эконометрическая модель влияния социально-экономических факторов на эффективность регионального управления // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2011. № 4 (17). С. 79–82.
3. Рогачев А. Ф., Кузьмин В. А. Моделирование эколого-экономических систем с использованием алгоритмов нечеткого вывода // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1. С. 230–235.
4. Рогачев А. Ф., Шубнов М. Г. Оценка прогнозного уровня урожайности на основе нейросетевых моделей динамики // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 4. С. 226–231.
5. Рогачев А. Ф., Шубнов М. Г. Построение нейросетевых моделей прогнозирования временных рядов урожайности на основе автокорреляционных функций [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования : электрон. журн. 2013. № 5. URL: www.science-education.ru/111-10688 (дата обращения: 23.01.2016).
6. Токарев К. Е. Применение нечетких нейросетевых технологий в задачах моделирования диагностической деятельности врача // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО. Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Изд-во ВолГАУ, 2014. С. 197–200.
7. Шатырко Д. В., Токарев К. Е., Кузьмин В. А. Моделирование экономического развития регионального АПК с использованием инструментальных сред нечеткого логического вывода // Фундаментальные исследования. 2015. № 7(1). С. 217–221.
8. Токарев К. Е., Кузьмин В. А., Шатырко Д. В. Разработка инструментальных средств СППР в сфере эколого-экономической безопасности // Современная экономика: проблемы и решения. 2015. № 5 (65). С. 31–41.
9. Токарев К. Е. Инструментальное обеспечение процедур принятия решений для обоснования параметров безопасности эколого-экономических систем [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации : электрон. науч.-практ. журн. 2015. № 9. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/09/57860> (дата обращения: 26.01.2016).
10. Токарев К. Е., Кузьмин В. А., Шатырко Д. В. СППР в сфере планирования, прогнозирования и управления эколого-экономической безопасностью // Экономическая безопасность России и стратегии развития ее регионов в современных условиях : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. / ред. : А. Ф. Копылов [и др.]. Волгоград : ВолГТУ, 2015. Ч. 1. С. 199–203.
11. Tokarev K. E. Development of a system for decision support in the field of ecological-economic security // Mediterranean Journal Of Social Sciences. 2015. Vol. 6. № 6. S. 2. P. 415–420.

REFERENCES

1. Guba K. A., Dubnov G. N. Improving the effectiveness of the system of managerial decision-making through the use of neural networks // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2014. No. 3 (28). P. 84–87.
2. Sokolov A. F. Econometric model of the influence of socio-economic factors on the effectiveness of regional governance // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2011. No. 4. P. 79–82.
3. Rogachev A. F., Kuzmin V. A. Modeling of ecological-economic systems with use of algorithms of fuzzy inference // Proceedings of lower Volga agro-diversity complex: Science and higher professional education. 2013. No. 1. P. 230–235
4. Rogachev A. F., Shubnov M. G. Evaluation of predicted yields based on neural network models of the dynamics // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2012. No. 4. P. 226–231.
5. Rogachev A. F., Shubnov M. G. Building neural network models for time series prediction of the yield based on the auto-correlation functions // Modern problems of science and education. 2013. No. 5. URL: www.science-education.ru/111-10688 (date of viewing: 23.01.2016).
6. Tokarev K. E. Application of fuzzy neural networks in tasks of simulation of diagnostic activity of the doctor / Scientific bases of strategy of development of AIC and rural territories in the conditions of the WTO. Materials of the International scientific-practical conference, Moscow, January 28–30, 2014. Publishing house of Volgograd state agricultural university, 2014. P. 197–200.
7. Shatyрко D. V., Tokarev, K. E., Kuzmin V. A. Modeling of economic development of regional agriculture by using tools of fuzzy inference // Fundamental research. 2015. No. 7 (1). P. 217–221.
8. Tokarev K. E., Kuzmin V. A., Shatyрко D. V. Development of DSS tools in the field of ecological-economic safety // Modern economy: problems and solutions. No. 5 (65). 2015. P. 31–41.
9. Tokarev K. E. Tool support of decision-making procedures to substantiate the security settings of ecological-economic systems [Electronic resource] // Modern scientific research and innovation. 2015. No. 9. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/09/57860> (date of viewing: 26.01.2016).
10. Tokarev, K. E., Kuzmin V. A., Shatyрко D. V. DSS in planning, prediction and management of ecological and economic security // the Economic security of Russia and strategy of development of regions in modern conditions: collection of scientific papers of the international scientific-practical conference / Editorial Board: A.F. Kopylov [et al.]; VolGТУ. Volgograd, 2015. Part 1. P. 199–203.
11. Tokarev K. E. Development of a system for decision support in the field of ecological-economic security // Mediterranean Journal of Social Sciences. Vol. 6. No 6. S. 2. 2015. P. 415–420.

Как цитировать статью: Токарев К. Е. Нейросетевые методы и алгоритмы управления в социально-экономических системах // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2016. № 2 (35). С. 124–127.

For citation: Tokarev K. E. Neural network methods and algorithms of management in socio-economic systems // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2016. № 2 (35). P. 124–127.