

УДК 33.012

10.17213/2075-2067-2020-2-63-67

## МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© 2020 г. Р. Г. Зайцев, М. А. Комиссарова, Д. И. Ткачев

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия*

*Целью исследования является совершенствование экономико-математического инструментария в сфере управления развитием инновационных проектов в условиях глобальных процессов цифровизации мировой и отечественной экономики. Методология исследования представляет собой применение различных методов решения указанной задачи, собирательно объединенных в современном дискурсе в понятие Data Science: от байесовских классификаторов и деревьев решений до ассоциативных правил и скоринговых алгоритмов. Результаты исследования представляют собой рассмотрение возможностей использования математического моделирования при оценке инновационных проектов с применением искусственных нейронных сетей, а также формирование базовых моделей искусственных нейронных сетей. В статье рассмотрены варианты функций активации и структуры многоуровневых рекуррентных нейронных сетей, позволяющие решать задачи оценки вектора характеристик инновационных проектов, рассмотрен разработанный программный комплекс, дающий возможность решать задачи оценки инновационных проектов с использованием обучающих наборов данных. Перспективы исследования составляет проведение дальнейшего изучения в сфере имитационного и цифрового моделирования, что позволит комплексно решать проблемы в области изучения основных возможностей и результатов внедрения инновационных проектов.*

*Ключевые слова: инновации; искусственные нейронные сети; оценка инновационных проектов; глубокое обучение; машинное обучение; генеративно-состязательные сети.*

## ASSESSMENT MODELS OF INNOVATIVE PROJECTS WITH USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

© 2020 R. G. Zaytsev, M. A. Komissarova, D. I. Tkachev

*Platov South Russian state Polytechnic University (NPI), Novochoerkassk, Russia*

*The purpose of the study is to improve the economic and mathematical tools in the field of managing the development of innovative projects in the context of global digitalization processes in the global and domestic economies. The research methodology is the application of various methods for solving this problem, collectively integrated in the modern discourse into the concept of Data Science: from Bayesian classifiers and decision trees to associative rules and scoring algorithms. The results of the study are a consideration of the possibilities of using mathematical modeling in evaluating innovative projects using artificial neural networks, as well as the formation of basic models of artificial neural networks. The article discusses options for the activation functions and the structure of multilevel recurrent neural networks that allow solving the problems of evaluating*

*the vector of characteristics of innovative projects, considers the developed software package that makes it possible to solve the problems of evaluating innovative projects using training data sets. The research prospect is made by conducting further research in the field of simulation and digital modeling, which will allow to comprehensively solve problems in the field of studying the main opportunities and results of implementing innovative projects.*

*Key words: innovations; artificial neural network; innovation projects assessment; deep learning; machine learning; generative-adversarial network.*

## **Введение**

В современных рыночных условиях важнейшим признаком инновационного сценария развития любой компании выступает наличие конкурентоспособного потенциала, при этом основным показателем наличия такого потенциала является способность организации к использованию различных новшеств во всех сферах своей деятельности. Лишь признав способность к инновационной трансформации промышленных и других компаний, можно говорить о возможностях выхода российской экономики из текущего глобального кризиса.

Инновация является важнейшим базисом предпринимательства как целенаправленного вида деятельности и одним из неотъемлемых слагаемых, обуславливающих предпринимательский успех. Однако, для системного рассмотрения феномена инновации следует его идентифицировать, соотнеся со связанными понятиями, такими, например, как «изобретение». Согласно Й. А. Шумпетеру [1] инновация — это производственная функция, которая предопределяет «количественные изменения продукта с учетом изменений во всей совокупности действующих на него факторов. Если вместо совокупности факторов мы изменим форму функции, то получим инновацию». Таким образом, инновация определяется как новая производственная функция, приходящая на смену старой, по сути определяющая экономическое развитие. В дальнейшем, исследуя цикличность экономического развития, Й. Шумпетер предположил, что «идея и техническое решение приводит к изобретению, которое становится инновацией в случае успешного выхода на рынок» [2]. Таким образом, задача оценивания потенциального бизнес-успеха инновационного

проекта лежит в основе задачи управления экономическим развитием.

## **Методология исследования**

Учитывая специфику задачи, характеризующуюся потенциальным наличием обучающей выборки (набора инновационных проектов с доказанной в ретроспективе результативностью), рассмотрим применение для указанной задачи искусственной нейронной сети.

Искусственные нейронные сети (ANN — Artificial Neural Network) являются результатом синтеза представлений о двух системах разной природы: биологической нейронной системы и созданной человеком вычислительной сети. Элементом искусственной нейронной сети (ИНС) является элемент, моделирующий работу нейрона. Таким образом, гипотеза использования ИНС состоит в поиске решения совокупностью нейроноподобных элементов (НЭ), представляющих собой взвешенный граф с синаптическими связями. Структура НЭ представлена на рисунке 1.

Основной функцией НЭ является адаптивное формирование выходного сигнала  $o$  в зависимости от вектора входных сигналов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , поступающих на входы. При этом значения входных сигналов могут усиливаться или ослабляться значениями вектора синаптических весов  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ . Взвешенный вектор входных сигналов подается на вход адаптивного сумматора, реализуя таким образом нелинейный преобразователь

$$o = f(\bar{\omega} \cdot \bar{x}) = f\left(\sum_{j=1}^{n+1} \omega_j x_j\right) = f\left(\sum_{j=1}^n \omega_j x_j - \theta\right),$$

где  $f$  — функция активации,  $\theta$  — значение порога возбуждения НЭ. Результат — работа преобразователя  $f$  подается на выход  $o$ , где может соединяться с другими НЭ в сложные системы.

В базовой работе Ф. Розенблатта [3] предложена биполярная функция активации для задания упрощенной модели дискретного персептрона  $N$ , определенного векторами  $(\bar{\omega} \cdot \bar{x})$ :

$$f(N) = \text{sign}(N) = \begin{cases} +1, & \sum_{j=1}^n \omega_j x_j \geq \theta, \\ -1, & \sum_{j=1}^n \omega_j x_j < \theta. \end{cases}$$

Для развитого случая ИНС со многими слоями уместным является использование соответственно униполярной

$$f(N) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \cdot N}}$$

или биполярной

$$f(N) = \frac{2}{1 + e^{-\lambda \cdot N}} - 1$$

сигмоидных функций активации.

При этом задача обучения сводится к минимизации функции ошибок

$$E_p = \frac{\sum_{k=1}^K (d_{pk} - o_{pk})^2}{2},$$

где  $d$  — обучающий сигнал, определенный на обучающей выборке  $A_t = \{(x^1, d^1), (x^2, d^2), \dots, (x^p, d^p), \dots, (x^P, d^P)\}$ , состоящей из  $P$  кортежей вида  $(x, o)$ .

### Результаты исследования

Для рассматриваемой задачи релевантным является использование рекуррентной нейронной сети со скрытыми слоями, реали-

зованной на платформе TensorFlow [4]. Обучение проводилось на основе экспертного набора данных. Результаты обучения сети в виде графика функции ошибок приведены на рисунке 2.

Анализ результатов обучения ИНС на использованной выборке позволяет сделать ряд выводов:

— применение рекуррентной ИНС со скрытыми слоями в задаче выбора инновационных проектов на обучающей выборке является корректным;

— для повышения достоверности результатов работы ИНС требуется обеспечить высокий уровень характеристик обучающей выборки (мощность, адекватность);

— применение дополнительных скрытых слоев рекуррентной ИНС повышает скорость обучения сети.

Аналогичным образом обработка результатов моделирования позволила сформировать гипотезу о целесообразности применения генеративно-состязательных сетей [5] (ГСС) для детального изучения характеристик инновационных проектов и расширения мощности обучающего набора данных.

### Заключение

Из вышесказанного следует, что проблема управления развитием инновационных проектов в целом остаётся малоизученной, а накопившиеся в процессе становления нового технологического уклада факторы и проблемы требуют научного обобщения и разработки методологии формирования новых способов оценки реализации инновационных проектов, которая

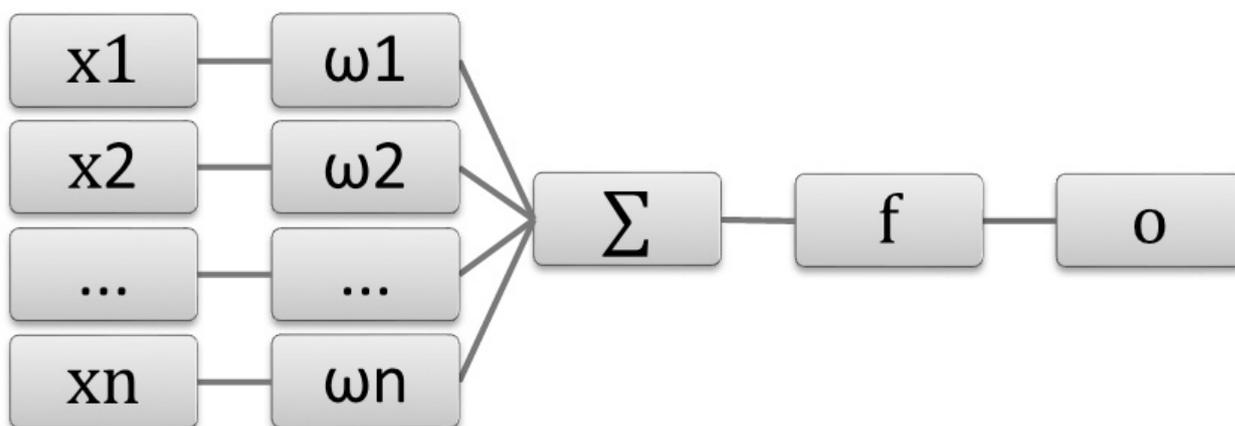


Рис. 1. Структура НЭ

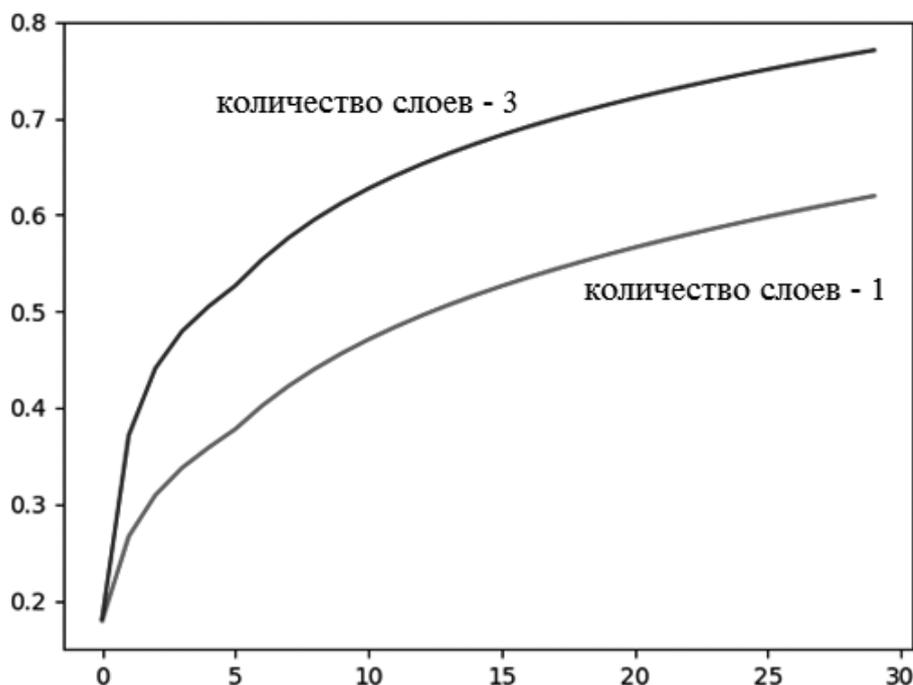


Рис. 2. График функции ошибок ИНС

охватывала бы все звенья жизненного цикла разработки.

В качестве основного вывода можно также отметить, что внедрение инновационных проектов, безусловно, является важнейшим фактором государственного социально-экономического развития. В целях научно-методологического обеспечения динамичного развития наукоемких отраслей и стабилизации финансового состояния отечественных компаний следует продолжать исследования в направлении дальнейшего развития и эффективного применения основ имитационного и цифрового моделирования для придания системного характера оценке внедрения инновационных проектов. Проблема комплексного управления инновационным проектированием стоит сегодня особенно остро, поскольку до сих пор применяемые подходы к управлению носили достаточно относительный фрагментарный характер, что оставляет возможности для проведения дальнейших исследований в этом направлении.

## Литература

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития. — М.: «Эксмо», 2007.
2. Schumpeter Joseph A. Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process. — 1939.
3. Rosenblatt F. The perceptron, a probabilistic model for information storage and organization in the brain, Psychol. 1958. — Rev. 62. — Pp. 386–408.
4. An end-to-end open source machine learning platform [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/>.
5. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y. Generative adversarial nets. In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2014. — Pp. 2672–2680.
6. Сухарев О. С. Экономический рост, институты и технологии. Структурный и институциональный подход в экономической теории роста. Издание третье, исправленное. — М.: Ленанд, 2020. — 400 с.

Поступила в редакцию

30 марта 2020 г.



**Зайцев Роман Геннадиевич** — старший преподаватель кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова.

**Zaytsev Roman Gennadievich** — senior lecturer of the Department «Software computer engineering» of SRSPU (NPI) of Platov name.

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Russia  
E-mail: rzajtsev@mail.ru



**Комиссарова Мария Анатольевна** — доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Управление персоналом» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова.

**Komissarova Maria Anatolievna** — doctor of economic Sciences, docent, head of «Personnel Management» department of SRSPU (NPI) of Platov name.

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Russia  
E-mail: mari543@yandex.ru



**Ткачев Денис Игоревич** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление» Шахтинского автодорожного института (филиала) ЮРГПУ (НПИ).

**Tkachev Denis Igorevich** — candidate of technical Sciences, associate Professor of Department «Economics and management» of Road Shakhtinsky Institute (branch) of SRSPU (NPI).

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Russia  
E-mail: it1884@inbox.ru