

Выявление аномалий в экономических показателях на основе нейронной сети с глубинно-разделимыми свертками

В.С. Минин¹, Е.А. Кириллова^{2*}, Т.В. Какатунова², Е.В. Филимонова³

¹ООО «ВИСОМ», Смоленск, Россия

²Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

³Университет «Синергия», Москва, Россия

*kirillova.el.al@yandex.ru

Аннотация. Выявление (детектирование) аномалий представляет собой актуальную исследовательскую задачу во многих предметных областях, решение которой позволяет своевременно принимать управленческие решения. В представляемом исследовании предложен метод выявления аномалий в экономических показателях, характеризующих внутреннюю и внешнюю среду производственной организации, который может быть применен в алгоритмическом обеспечении систем поддержки предпринимательского решения. В основе метода лежит использование искусственной нейронной сети с архитектурой автокодировщика и обученной повторять входные данные на выходе. После обучения автокодировщика на нормальных данных ошибка восстановления входа на выходе будет невелика, но при подаче аномальных данных ошибка будет возрастать, что может служить индикатором аномалии. В предложенном методе применяется сверточный автокодировщик, поэтому входные данные сначала преобразуются в изображения (сигнатуры), для чего предложен оригинальный способ их формирования. Способ заключается в представлении исторического поведения каждого экономического показателя в форме тепловой матрицы. Каждая тепловая матрица образует один канал, а их совокупность формирует сигнатуру, которая затем подается на вход автокодировщика для дальнейшего анализа. В автокодировщике использованы глубинно-разделимые свертки, что позволяет автономно настраивать сверточные фильтры по отдельным каналам сигнатур. Новизна результатов исследования состоит в разработанном методе выявления аномалий в массивах экономических показателей, позволяющем выполнять локализацию коллективных и единичных аномалий (выбросов), а также в разработанном программном обеспечении, с помощью которого проводилось апробирование метода. Выполненные вычислительные эксперименты показали, что метод достигает точности выявления аномалий, сопоставимой с некоторыми современными моделями.

Ключевые слова: анализ экономических показателей, детектирование аномалий в данных, глубокие искусственные нейронные сети, сверточный автокодировщик

Для цитирования: Минин В.С., Кириллова Е.А., Какатунова Т.В., Филимонова Е.В. Выявление аномалий в экономических показателях на основе нейронной сети с глубинно-разделимыми свертками // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 6. С. 30–51. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-6-30-51

© Минин В.С., Кириллова Е.А., Какатунова Т.В., Филимонова Е.В., 2025.

Anomaly detection in economic indicators based on a neural network with depthwise separable convolutions

V. Minin¹, E. Kirillova^{2*}, T. Kakatunova², E. Filimonova³

¹VISOM LLC, Smolensk, Russia

²Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

³Synergy University, Moscow, Russia

*kirillova.el.al@yandex.ru

Abstract. Anomaly detection is a pressing research problem in many subject areas, the solution of which enables timely management decision-making. This study proposes a method for identifying anomalies in economic indicators characterizing the internal and external environment of a manufacturing organization. This method can be applied in the algorithmic support of business decision support systems. The method is based on the use of an artificial neural network with an autoencoder architecture trained to replicate input data at the output. After training the autoencoder on normal data, the error in reconstructing the input at the output will be small. However, when fed anomalous data, the error will increase, which can serve as an anomaly indicator. The proposed method uses a convolutional autoencoder, so the input data is first converted into images (signatures), for which an original method for their formation is proposed. The method involves representing the historical behavior of each economic indicator as a heat matrix. Each heat matrix forms one channel, and their combination forms a signature, which is then fed to the autoencoder input for further analysis. The autoencoder utilizes depthwise separable convolutions, allowing for autonomous tuning of convolutional filters for individual signature channels. The novelty of the research results lies in the developed method for detecting anomalies in economic indicator arrays, which enables localization of collective and individual anomalies (outliers), as well as in the developed software used to test the method. Computational experiments demonstrated that the method achieves anomaly detection accuracy comparable to some modern models.

Keywords: economic performance analysis, data anomaly detection, deep neural networks, convolutional autoencoder

For citation: Minin V., Kirillova E., Kakatunova T., Filimonova E. Anomaly detection in economic indicators based on a neural network with depthwise separable convolutions. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.6, pp.30-51 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-6-30-51

© Minin V., Kirillova E., Kakatunova T., Filimonova E., 2025.

Введение

Результат интеграции экономической деятельности в регулируемую цифровую структуру международной экономики можно характеризовать как киберфизическую интегрированную экономику, для которой характерно значительное возрастание объемов ин-

формации, обработка которой позволяет заблаговременно выявлять негативные тенденции в экономической среде и получать за счет этого конкурентные преимущества. К сожалению, сейчас наблюдается рост аномалий в данных в контексте экономической деятельности, что создает серьезные угрозы обоснованно-