

Рекуррентная нейросеть на основе смешанной GARCH для прогнозирования финансовой волатильности

М.А. Иванов¹, Я.А. Рощина¹

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

¹ivanovma1@my.msu.ru

Аннотация. Данная статья посвящена развитию математических моделей волатильности цен на финансовых рынках с акцентом на моделях семейства GARCH. В статье предложено рассмотреть эти модели с новой точки зрения: как рекуррентные, а не авторегрессионные. Основная идея заключается в том, что эконометрические модели GARCH могут быть интерпретированы как рекуррентные нейросети, особенно после внедрения функции активации в уравнение динамики дисперсии. Актуальность исследования обусловлена постоянной потребностью в улучшении точности прогнозирования волатильности цен на современных финансовых рынках, особенно в контексте российской финансовой системы, где точные прогнозы играют ключевую роль в принятии финансовых решений. Цель исследования – оценка возможности представления моделей GARCH в виде рекуррентных нейросетей и оценка их применимости для прогнозирования волатильности цен на российских финансовых рынках. Основные задачи – разработка и тестирование рекуррентных нейросетей на основе GARCH, объединяющих преимущества эконометрических моделей и моделей машинного обучения. В статье предложена модификация стандартной модели GARCH – модель GARCH-RNN, которая представляет собой рекуррентную нейросеть с многомерным скрытым состоянием и функцией активации ReLU. Используемые методы включают эконометрический анализ волатильности цен и сравнение точности ее прогнозирования на данных Московской биржи с использованием моделей GARCH и GARCH-RNN. Результаты экспериментов на указанных данных показали, что модель GARCH-RNN обеспечивает точность прогноза волатильности, сопоставимую с точностью традиционных моделей GARCH. По результатам исследования подтвержден потенциал нового подхода для прогнозирования волатильности на финансовых рынках в России, открывая перспективы для улучшения прогнозов и принятия обоснованных решений на рынке.

Ключевые слова: временные ряды, волатильность, прогнозирование, GARCH, рекуррентные нейросети, смеси нормальных распределений

Для цитирования: Иванов М.А., Рощина Я.А. Рекуррентная нейросеть на основе смешанной GARCH для прогнозирования финансовой волатильности // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 5. С. 30–47. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-5-30-47

A mixture GARCH-based recurrent neural network for financial volatility forecasting

M. Ivanov^{1*}, Ya. Roshchina¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^{*}ivanovma1@my.msu.ru

Abstract. This paper is devoted to the development of mathematical models of stock price volatility in financial markets, with a focus on the GARCH family models. The paper proposes to consider these models from a new perspective: as recurrent rather than autoregressive. The main idea is that GARCH econometric models can be interpreted as recurrent neural networks, especially after introducing an activation function into the equation of variance dynamics. The relevance of the study stems from the constant need to improve the accuracy of volatility forecasting in modern financial markets, especially in the context of the Russian financial system, where accurate forecasts play a key role in financial decision making. The aim of the study is to evaluate the possibility of representing GARCH models in the form of recurrent neural networks and to assess their applicability for volatility forecasting in Russian financial markets. The main objectives are to develop and test recurrent neural networks based on GARCH, combining the advantages of econometric models and machine learning models. The article proposes a modification of the standard GARCH model called GARCH-RNN, which is a recurrent neural network with multidimensional hidden state and the ReLU activation function. The methods used include econometric analysis of stock price volatility and comparison of forecast accuracy using Moscow Stock Exchange data with GARCH and GARCH-RNN models. The results of experiments on said data showed that the GARCH-RNN model provides volatility forecasting accuracy comparable to that of traditional GARCH models. Results of the study confirmed the potential of the new approach for volatility forecasting on financial markets in Russia, opening prospects for improving forecasts and making informed decisions in the market.

Keywords: time-series, volatility, forecasting, GARCH, recurrent neural networks, Gaussian mixture models

For citation: Ivanov M., Roshchina Ya. A mixture GARCH-based recurrent neural network for financial volatility forecasting. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.5, pp.30-47 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-5-30-47

Введение

Моделирование и прогнозирование волатильности различных показателей (цен, курсов валют, инфляции) – классические задачи эконометрики временных рядов. Предлагаемые исследователями модели волатильности находят множество применений как на практике, так и в теории. При этом модели, хорошо описывающие волатильность, обычно способны хорошо отражать и другие меры риска, такие как стоимость

под риском (англ. *Value at Risk, VaR*). Их использование помогает предвидеть экстремальные значения исследуемых показателей (например, катастрофические потери при работе с портфелями ценных бумаг). Расчет волатильности также способствует повышению доходности торговых стратегий [10] и уточнению цен опционов [11]. Поэтому математическое моделирование волатильности остается актуальной задачей, а разработке моделей и исследованию их свойств посвящено