Трибуна молодого ученого

УДК 336.7
JEL: G1, G17

СИЗОВА Анастасия Олеговна [1]

[1] Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Ленинградский проспект, 49, Москва, 125993, Россия.

[1] Коммерческий банк «Ренессанс Кредит» (Общество с ограниченной ответственностью), Кожевническая улица, д.14, Москва, 115114, Россия.

https://orcid.org/0000-0003-3168-3193

[1] Сизова Анастасия Олеговна, старший финансовый аналитик КБ «Ренессанс Кредит» (ООО), аспирант Факультета информационных технологий и анализа больших данных Финансового университета, направление «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», Москва, Россия. E-mail: nastya1997@me.com

Научный руководитель: Корчагин Сергей Алексеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва. E–mail: SAKorchagin@fa.ru

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ И МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Аннотация

Предмет/тема. Финансовые рынки очень важны для экономической и социальной организации современного общества. Финансовая деятельность играет важную роль в мировой экономике, поскольку она является основой экономического развития. Успех инвестора зависит от качества информации, которую он использует для принятия решений, и от того, насколько быстро он способен принимать эти решения. Из-за своей практической важности анализ движения финансового рынка широко изучается в области финансов, инженерии и математики в последние десятилетия. Недавно были предложены новые статистические и программные вычислительные механизмы для обеспечения поддержки решений инвесторов как на валютном, так и на фондовом рынке.

Цели/задачи. Цель настоящей работы заключается в исследовании финансовых рынков, в рассмотрении и в анализе методов и алгоритмов интеллектуальной системы поддержки принятия решений на финансовых рынках.

Методология. Основные методы исследования, которые использовались в данном исследовании: анализ, синтез, наблюдение и сравнительные методы.

Вывод. Финансовые учреждения и инвесторы должны принимать инвестиционные решения в зависимости от их ожиданий и торгового горизонта (например, внутридневная, ежедневная, еженедельная и ежемесячная торговля). Внутренняя волатильность на фондовом рынке во всем мире делает задачу прогнозирования сложной. Следовательно, прогнозирование и моделирование обозначают ряд проблем, возникающих при прогнозировании тенденций на фондовом рынке. Минимизация ошибки прогнозирования уменьшает инвестиционный риск. Хорошо известно, что ряды цен на фондовом рынке, динамичны, непараметричны, хаотичны и

шумны по своей природе, что делает инвестиции рискованными по своей сути.

Ключевые слова: *интеллектуальные системы поддержки принятия решений, инвесторы на финансовом рынке, временной ряд, нейронные сети.*

Tribune of young scientist

[1] **Anastasia O. Sizova,** Senior Financial Analyst at Commercial Bank "Renaissance Credit", postgraduate student, Postgraduate Student, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis at direction "Mathematical modeling, numerical methods and software packages at" Financial University under the Government of the Russian Federation. E-mail: nastya1997@me.com

Supervisor: Sergey A. Korchagin, candiate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, E-mail: SAKorchagin@fa.ru

REVIEW OF ALGORITHMS AND METHODS OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM IN FINANCIAL MARKETS

Abstract

Subject/topic Financial markets are very important for the economic and social organization of modern society. Financial activity plays an important role in the world economy as it is the basis of economic development. The success of an investor depends on the quality of the information he uses to make decisions and how quickly he is able to make those decisions. Due to its practical importance, the analysis of financial market movements has been widely studied in the fields of finance, engineering and mathematics in recent decades. Recently, new statistical and software computing mechanisms have been proposed to support investor decisions in both the foreign exchange and stock markets.

Goals/objectives The purpose of this work is to study financial markets, to review and analyze the methods and algorithms of an intelligent decision support system in financial markets.

Methodology The main research methods used in this study are analysis, synthesis, observation and comparative methods.

Conclusion Financial institutions and investors must make investment decisions based on their expectations and trading horizon (eg intraday, daily, weekly and monthly trading). Internal volatility in the stock market around the world makes the task of forecasting difficult. Therefore, forecasting and modeling indicate a number of problems that arise in predicting trends in the stock market. Minimizing forecast error reduces investment risk. It is well known that stock market price series are dynamic, non-parametric, chaotic and noisy in nature, making investments inherently risky.

Keywords: *intelligent decision support systems, investors in the financial market, time series, neural networks.*

Для цели описательного обзора проведен поиск в базе данных Elsevier ScienceDirect. Из Elsevier ScienceDirect были отобраны и проанализированы около 20 источников. Представлен обзор наиболее важных первичных исследований, опубликованных с 2009 по 2021 год, охватывающих методы предварительной обработки и кластеризации финансовых данных, прогнозирования будущих движений рынка, извлечения финансовой

текстовой информации, исследования временных рядов. Высокая активность в исследованиях временных рядов и связанных с ними процессов в экономических системах обусловлена сложностью этих процессов с точки зрения математического моделирования, ограниченной применимостью существующих моделей, а также финансовой мотивированностью участников финансовых рынков на поиск эффективных моделей и их применения на практике для получения прибыли. Активное развитие информационных технологий в последние десятилетия привело к появлению доступных высокоскоростных каналов связи и больших вычислительных мощностей, что стимулировало развитие технологий машинного обучения и интеллектуального анализа данных. Целью данного обзора является анализ разработанных интеллектуальных гибридных торговых систем для обнаружения технических правил торговли и для получения лучших торговых решений, а также обнаружение потенциально полезных знаний из нелинейных и сложных данных финансовых рынков и разработка систем для поддержки принятия решений человеком в области финансового рынка. Системы поддержки принятия решений (DSS) были признаны полезным инструментом, помогающим пользователям планировать и принимать решения. Основными вкладами данного обзора являются:

1. всесторонний обзор литературы;
2. определение систематической процедуры построения интеллектуальной торговой системы;
3. перечисление основных проблем в данной научной области.

Для создания успешного интеллектуального метода необходимо решить следующие специализированные проблемы финансовых рынков:

1. первой и основной проблемой финансовых рынков является выбор входных переменных для моделирования с помощью метода машинного обучения и получения выходных сигналов для прогнозирования, и использования правил входа и выхода с рынка, а также стратегий управления рисками и капиталом;
2. второй актуальной проблемой является определение торговых правил, которые будут использоваться на этапе разработки автоматических интеллектуальных систем для принятия решений. Данные торговые правила должны быть понятны как профессиональным, так и непрофессиональным инвесторам, с их помощью, должны приниматься лучшие торговые решения;
3. третей, очень важной проблемой является этап оценки. Поскольку основной целью автономной торговой системы является максимизация прибыли применительно к реальным рынкам, этап оценки должен ставить своей целью измерение способности получать прибыль в реальной или смоделированной торговой среде;
4. финансовые рынки хаотичны, динамичны, нелинейны и постоянно эволюционируют, кроме того финансовый рынок чувствителен к

политическим факторам, ожиданиям населения, микроэкономическим и макроэкономическим факторам и волнениям инвесторов. Перед алгоритмами моделирования временных рядов стоят сложные задачи, так как финансовые временные ряды зашумлены. На их колебания могут влиять трудно измеряемые факторы, их сложно использовать в качестве независимых переменных. Финансовые переменные ведут себя как случайные величины в краткосрочной перспективе, в то время как долгосрочные тренды демонстрируют детерминированное поведение. Финансовые временные ряды имеют нестационарный характер, и как выше было упомянуто, происходят структурные сдвиги из-за политических событий, изменений в ожиданиях и предпочтениях инвесторов в отношении риска. В связи с чем необходимо разрабатывать сложные нелинейные модели временных рядов, с целью точного прогнозирования будущих колебаний цен;

5. существуют ограничения для среднесрочных и долгосрочных прогнозов. Без фильтрации выбросов, прогнозы, основанные на экономических и политических данных, приводят к потенциальным ошибкам. Общая цена завершения определяется множеством факторов, также необходимо расширить количество переменных для уменьшения погрешности полученных результатов. Важными переменными являются финансовые коэффициенты, макроэкономические переменные, переменные рынка труда и жилья, настроения людей и леверидж.

Задача прогнозирования ценовых изменений на финансовых рынках существует давно и относится к категории задач анализа и прогнозирования временных рядов. Для ее решения часто применяют методы математической статистики с использованием наборов моделей: AR, MA, ARMA, ARIMA, ARCH и др. Принятие решений на финансовых рынках включает в себя выбор правильных акций для возможности получения желаемой прибыли. Для анализа и прогнозирования поведения финансовых рынков используются следующие подходы: фундаментальный и технический анализ. Оба подхода моделируют финансовые данные как временные ряды. Временной ряд — это последовательность числовых данных наблюдений, записанных последовательно во времени. Организация финансовых данных в виде временных рядов позволяет моделировать поведение временных рядов и прогнозировать будущее их поведение с помощью следующих инструментов: гистограммы временных рядов и графики плотности распределения, диаграммы размаха, тепловые карты временных рядов, диаграммы рассеяния, графики автокорреляции. Негативным фактором, затрудняющим прогнозирование будущих финансовых показателей, является высокая волатильность временных рядов. Эта неотъемлемая характеристика финансовых временных рядов может быть объяснена тем, что на финансовые цены влияют многие экономические показатели: психология и ожидания инвесторов, движение других фондовых рынков, политические события и т. д. Поскольку финансовые рынки считаются

сложной, эволюционирующей, зашумленной, нелинейной и непараметрической, динамической системой, для повышения точности прогнозирования требуются новые адаптивные и гибкие механизмы. При прогнозировании временных рядов Shanoli Samui Pal и Samarjit Kar для предсказания фондового рынка используют дискретизацию данных с помощью фаззификации и генерации правил с использованием теории грубых множеств[15]. Дискретизация полезна в данных временных рядах поиску важной информации в атрибутах прогнозирования. Имеется несколько работ по дискретизации данных:

1. Chmielewski M.R., Grzymala-Busse J.W.Global discretization of continuous attributes as preprocessing for machine learning
2. Liu F., Mendel J.M.Encoding words into interval type-2 fuzzy sets using an interval approach
3. Zighed D.A., Rabaséda S., Rakotomalala R. FUSINTER: A method for discretization of continuous attributes

Shouvik Banika, Nonita Sharmaa, Monika Manglab, Sachi Nandan Mohantyc, Shitharth S. на основе LSTM достигли следующих результатов: среднеквадратическая, средняя абсолютная погрешности, которые составили 4,13%, 3,24% и 1,21% соответственно. LSTM работает с наибольшей точностью и значением RMSE всего 0,04464. Оказывается, что модель LSTM явно превосходит другие рассматриваемые модели. Глубокая нейронная сеть и логистическая регрессия данной модели, работали эффективнее модели случайного леса. Алгоритм Random Forest во время финансового кризиса работает сравнительно лучше. Поэтому, LSTM модель покажет большую эффективность для прогнозирования предстоящей цены закрытия акций, используя в качестве входных данных функции шумоподавления высокого уровня.

Одним из наиболее широко используемых алгоритмов обучения для прогнозирования тренда финансового рынка является алгоритм искусственных нейронных сетей (ANN). Искусственные нейронные сети способны аппроксимировать любую нелинейную функцию без каких-либо предварительных предположений о модели, базовой функции и входных данных. Поэтому многие исследователи применяли искусственные нейронные сети–для предсказания будущей рыночной тенденции. Модели нейронных сетей рассматривались в нескольких статьях как эффективное средство прогнозирования финансовых временных рядов. Архитектуры с плотным слоем использовались чаще, в то время как рекуррентные нейронные сети являются следующими часто используемыми. Однако полученные на сегодняшний день эмпирические данные об их эффективности данных подходов остаются довольно противоречивыми.

Для проблемы прогнозирования временных рядов и преодоления ограничений, связанных с зашумленным характером смоделированных данных, необходимо выполнить моделирование временных рядов FX в рамках настройки многомерного моделирования. В частности, вместо

простого обучения отдельных моделей временных рядов на наборах данных, относящихся к каждой из рассматриваемых валютных пар, выводятся сигналы корреляции между валютными парами. Таким образом, прогнозирование выходит за рамки одномерного моделирования, принятого в существующих системах торговли валютными портфелями, позволяя выводить структурные отношения между валютными парами из данных и учитывать их для целей прогнозирования колебаний цен и принятия торговых решений. Следовательно, методологический аспект подхода, нацеленный на использование дополнительной информации, скрытой в корреляционных парах можно использовать для моделирования и изучения валютной корреляции.

Интеллектуальные системы принятия решений, основанные на методах мягких вычислений, имеют большое значение для работы в динамических средах. В последние годы интеллектуальные системы принятия решений на основе мягких вычислений привлекли внимание как ученых-исследователей, так и практиков в самых разных областях, таких как информатика, инженерия, исследование операций, экономика и менеджмент. Особое внимание уделяется разработке математических моделей для моделирования динамических рамок принятия решений в условиях неопределенной и противоречивой информации с их проверкой, на основе результатов применения реальных задач. Новые теоретические интеллектуальные модели принятия решений обусловлены: процессом аналитической иерархии (AHP), распространением доверия, многогранными контекстами, обучением на основе данных о предпочтениях, вероятностной лингвистической информацией, социальными сетями, консенсусом, качественными шкалами, квантовой теорией, Интернетом, общественным мнением, теорией перспектив, машинным обучением, согласованностью, крупномасштабным групповым принятием решений, правилами принятия решений и принципами оправданной детализации.

Lin и Kou в A heuristic method to rank the alternatives in the AHP synthesis предложили байесовский метод косинусной максимизации для ранжирования альтернатив в синтезе AHP, сосредоточив внимание на пересмотре матриц парных сравнений и получения из них векторов приоритетов во всей иерархии. С учетом согласованности это позволяет получить уточненные оценки векторов приоритетов.

В статье Quantum-inspired ensemble approach to multi-attributed and multiagent decision-making предлагается квантовый подход к многоатрибутному и многоагентному процессу принятия решений с учетом способности квантовых теорий моделирования несколько сложных когнитивных процессов человека.

В статье Intelligent system for financial time series prediction and identification of periods of speculative growth on the financial market представлена авторская методика построения интеллектуальной системы прогнозирования на основе методов и статистики искусственного

интеллекта. Система делает прогноз на несколько периодов вперед. Также в системе есть блок идентификации периодов спекулятивного роста на финансовом рынке. Во многих странах мира постоянно надуваются и сдуваются «финансовые пузыри». Все это может привести к новому кризису, и поэтому каждый день аналитики изучают рынки, дают прогнозы, стараясь сделать все возможное, чтобы предотвратить негативные последствия. В работе анализируется модель пузырьков. Основная часть данной работы – построение авторской системы прогнозирования и идентификации. Перцептрон позволяет идентифицировать «жесткий» и «мягкий» пузырь. (Пузырь идентифицируется, когда скорость распада, превышает скорость роста). «Жесткий» пузырь характеризуется особой рискованностью ценной бумаги, то есть данный пузырь формируется, когда цена акций растет, а затем в краткосрочной перспективе падает таким образом, что владелец не успеет ее продать в краткосрочном периоде [7]. В данной работе во внимание принимались параметры пузырей, а затем определялись периоды спекулятивного роста акций. Проблема идентификации пузырей позволяет принимать правильные инвестиционные решения на рынке, а также государственные финансовые регуляторы могут внести изменения в экономическую политику и своевременно принять меры по смягчению негативных последствий кризисов. Предполагается, что стоимость акции состоит из фундаментальной стоимости и пузырьковой составляющей. Таким образом, наличие пузырей на финансовых рынках может объяснить волатильность цен на акции и возможность их дальнейшего корректного прогнозирования [2].

Целью Youngmin Kima, Wonbin Ahnb, Kyong Joo Ohb, David Enkec исследования An intelligent hybrid trading system for discovering trading rules for the futures market using rough sets and genetic algorithms является разработка интеллектуальной гибридной торговой системы для обнаружения технических правил торговли с использованием анализа грубых множеств и генетического алгоритма (ГА). Для получения лучших торговых решений предлагается новый механизм обнаружения правил с использованием подхода ГА для решения задач оптимизации, т. е. дискретизация и сокращение данных, анализа грубых наборов при обнаружении технических правил торговли на фьючерсном рынке. Для оценки интеллектуальной гибридной торговой системы были проведены эксперименты на исторических данных фьючерсного рынка Korea Composite Stock Price Index 200 (KOSPI 200). В частности, эффективность торговли анализировалась по количеству наборов правил принятия решений и размеру периода обучения для выявления правил торговли за период тестирования эталонной модели, с точки зрения средней доходности в качестве меры с поправкой на риск. Процесс обнаружения торговых правил является важным аспектом интеллектуального анализа данных, поскольку он может помочь инвесторам получить набор символических торговых правил, объясняющих взаимосвязь между входными переменными (т. е.

техническими индикаторами), предоставляя при этом более прозрачные и понятные торговые правила, которые будут поняты инвесторами [5,9].

В исследовании «A hybrid stock trading system for intelligent technical analysis-based equivolume charting», авторами Thira Chavarnakul, David Enke, изучена скользящая средняя с поправкой на объем (VAMA), положительной стороной которой является возможность ее построения на основе графика эквиобъемов. VAMA переопределяет шкалу времени, используемую в техническом анализе, основывается на понимании важности объема торгов, которые являются важными базовыми элементами технического анализа. Результаты показывают, что предложенная система NF-GA может помочь обеспечить меньшее количество сделок и более оптимальные торговые решения для получения большей прибыльности по сравнению с использованием только VAMA, VAMA с помощью NN и торговой стратегии «купи и держи» [13,10].

Финансовые учреждения и инвесторы должны принимать инвестиционные решения в зависимости от их ожиданий и торгового горизонта (например, внутридневная, ежедневная, еженедельная и ежемесячная торговля). Внутренняя волатильность на фондовом рынке во всем мире делает задачу прогнозирования сложной. Следовательно, прогнозирование и моделирование обозначают ряд проблем, возникающих при прогнозировании тенденций на фондовом рынке. Минимизация ошибки прогнозирования уменьшает инвестиционный риск. Хорошо известно, что ряды цен на фондовом рынке, динамичны, непараметричны, хаотичны и шумны по своей природе, что делает инвестиции рискованными по своей сути.

Список источников:

1. Assis, Pereira, Carrano, Ramos, Dias (2018) – C.A. Assis, A.C. Pereira, E.G. Carrano, R. Ramos, W. Dias. *Restricted boltzmann machines for the prediction of trends in financial time series* 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), IEEE (2018), pp. 1-8.

2. Basak, Kar, Saha, Khaidem, Dey (2019) – Basak S., Kar S., Saha S., Khaidem L., Dey S. *Predicting the direction of stock market prices using tree-based classifiers*. The North American Journal of Economics and Finance. Volume 47 (2019). pp. 552-567.

3. Baek, Kim (2018) – Y. Baek, H.Y. Kim Modaugnet: *A new forecasting framework for stock market index value with an overfitting prevention lstm module and a prediction lstm module* Expert Systems with Applications, 113 (2018), pp. 457-480.

4. Bahdanau, Cho, & Bengio (2014) – Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. *Neural machine translation by jointly learning to align and translate*. arXiv preprint arXiv:1409.0473.

5. Ballings, Poel, Hespeels, Gryp (2015) – M. Ballings, D.V. den Poel, N. Hespeels, R. Gryp *Evaluating multiple classifiers for stock price direction prediction* Expert Systems with Applications, 42 (2015), pp. 7046-7056.

6. W. Bao, J. Yue, Y. Rao A deep learning framework for financial time series using stacked autoencoders and long-short term memory PLOS ONE, 12 (2017), pp. 1-24.

7. Booth A., Gerding E., McGroarty F. Automated trading with performance weighted random forests and seasonality. Expert System with Applications. Volume 41 (2014). Pp. 3651-3661.

8. K. Bollacker, C. Evans, P. Paritosh, T. Sturge, J. Taylor Freebase: a collaboratively created graph database for structuring human knowledge Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data (2008), pp. 1247-1250.

9. Breiman L. Random forests Machine Learning, 45 (2001), pp. 5-32.

10. Carreira-Perpinan M., G.E. Hinton. On contrastive divergence learning. Proceedings of the 10th international conference on artificial intelligence and statistics (AISTATS 2005) (2005), pp. 59-66.

11. Cavalcante R.C., R.C. Brasileiro, V. Souza, J.Nobrega, A.Oliveira Computational Inelligence and Financil Markets: A Survey and Future Directions. Expert Systems with Applications, Volume 55 (2016), pp. 194-211.

12. R. Cervelló-Royo, F. Guijarro, K. Michniu Stock market trading rule based on pattern recognition and technical analysis: Forecasting the djia index with intraday data Expert Systems with Applications, 42 (2015), pp. 5963-5975.

13. H. Chen, K. Xiao, J. Sun, S. Wu A double-layer neural network framework for high-frequency forecasting ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), 7 (2017), p. 11.

14. L. Chen, Y. Chi, Y. Guan, J. Fan A hybrid attention-based emd-lstm model for financial time series prediction 2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD), IEEE (2019), pp. 113-118.

15. Shanoli Samui Pal, Samarjit Kar Time series forecasting for stock market prediction through data discretization by fuzzistics and rule generation by rough set theory, Mathematics and Computers in Simulation, Volume 162, 2019, Pages 18-30, ISSN 0378-4754, https://doi.org/10.1016/j.matcom.2019.01.001.