

УДК 330.322.1 (004.413.4)

ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПРОЯВУ ІРРАЦІОНАЛЬНОСТІ ВПЛИВУ ФІНАНСОВИХ БУЛЬБАШОК НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ

Олександра Манзій¹; Андрій Сенік²; Данило Шеремета³; Юлія Сенік⁴

¹⁻³Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

⁴Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

Резюме. Відомо, що в економіці присутні явище, коли базова вартість деякого матеріального чи нематеріального активу значно відрізняється від його ринкової вартості, а зростаючий попит викликає зростання цін. Таким чином торгівля у відчутних обсягах такими активами здійснюється за завищеною ціною, що, в свою чергу, породжує фінансові бульбашки. Присутня в інформаційних джерелах теорія ефективних ринків стверджує, що наявні ціни активів є завжди відповідними вимогам ринку і все враховують, але при цьому вважається, що учасники ринку, приймаючи свої рішення, діють раціонально. Однак ринками правлять люди, і як свідчать соціологічні дослідження, всі люди тією чи іншою мірою в своїх поступках є ірраціональні. На сьогодні немає чітких ефективних інструментів, що дозволяють з достатньою точністю прогнозувати та попереджувати утворення фінансових бульбашок, а фахівці пропонують експертні судження про ризики виникнення бульбашки на основі аналізу часових фінансових рядів та порівняння очікуваного ринку з наявними даними попередніх кризових станів. У роботі запропоновано огляд інформаційних джерел, в яких послідовно представлена сутність та передумови появи фінансових бульбашок, процес їх формування, їх вплив на економічні показники як на глобальному рівні, так і на економіці окремих країн. Також у розглянутих роботах детально описано поведінкову модель фінансової бульбашки, функцію попиту та пропозиції, загальне рівняння ціни активу та динаміку поведінкового зараження популяції населення ринку. Окремо подано огляд поведінкової математичної моделі фінансової бульбашки. Аргументовано актуальність створення інформаційних методів прогнозування появи фінансових бульбашок, а також побудови моделі, яка здатна демонструвати тенденції не тільки звичайних бульбашок, а й серійних бульбашок. Використовуючи мову програмування Python, допоміжні бібліотеки і фреймворки, із застосуванням вказаної поведінкової моделі фінансової бульбашки, проведено симуляцію даних і побудовано ряд інтерактивних візуалізацій процесу їх утворення, розвитку та зникнення. Також отримані результати дають можливість стверджувати, що люди, навіть без професійних знань у галузі інформаційних технологій та програмування, можуть створювати достатньо продуктивні інформаційні системи для аналізу даних фінансових ринків.

Ключові слова: криза, фінансові бульбашки, ринок, попит, ціна, інформаційні методи, Python.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.06.020

Отримано 23.10.2024

UDC 330.322.1 (004.413.4)

INFORMATION ASPECTS OF THE MANIFESTATION OF IRRATIONAL INFLUENCE OF FINANCIAL BUBBLES ON FINANCIAL MARKETS

Oleksandra Manziy¹; Andriy Senyk²; Danylo Sheremeta³; Yuliya Senyk⁴

¹⁻³Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

⁴National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine

Summary. It is known that there is a phenomenon in the economy when the basic value of any tangible or intangible asset differs significantly from its market value, and the growing demand causes an increase in prices. Thus, trading in significant volumes of such assets is carried out at an inflated price, which in turn creates financial bubbles. The theory of efficient markets, present in information sources, states that the available asset prices are always in line with market requirements and take everything into account, but at the same time, it is assumed that market participants

act rationally when making their decisions. However, markets are ruled by people, and as sociological studies show, all people are irrational to one degree or another in their actions. To date, there are no clear and effective tools that allow predicting and preventing the formation of financial bubbles with sufficient accuracy, and experts offer expert judgments about the risks of a bubble based on the analysis of financial time series and the comparison of the expected market with the available data of previous crisis situations. The work offers an overview of information sources, which consistently present the essence and prerequisites of the appearance of financial bubbles, the process of their formation, their impact on economic indicators both at the global level and on the economy of individual countries. Also, the considered works describe in detail the behavioral model of the financial bubble, the supply and demand function, the general equation of the asset price, and the dynamics of behavioral contagion of the market population. An overview of the behavioral mathematical model of the financial bubble is presented separately. The article argues the relevance of creating informational methods for forecasting the emergence of financial bubbles, as well as building a model capable of demonstrating trends, not only of ordinary bubbles, but also of serial bubbles. Using the Python programming language, auxiliary libraries and frameworks, with the application of the indicated behavioral model of the financial bubble, data simulation was carried out and a number of interactive visualizations of the process of their formation, development and disappearance were built. Also, the obtained results make it possible to assert that people, even without professional knowledge in the field of information technologies and programming, can create sufficiently productive information systems for analyzing financial market data.

Key words: crisis, financial bubbles, market, demand, price, informational methods, Python.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.06.020

Received 23.10.2024

Постановка проблеми. Фінансові бульбашки в сучасному світі відіграють значну роль у формуванні економічних криз та впливають на стабільність фінансових ринків. Незважаючи на численні дослідження, феномен фінансових бульбашок залишається складним для передбачення та моделювання, що вимагає розроблення нових підходів та інструментів для їх аналізу. Актуальним залишається дослідження поведінки фінансових бульбашок та розвиток методології їх моделювання, зокрема створення поведінкової моделі фінансової бульбашки, яка враховує динаміку цін, функції попиту та пропозиції, а також поведінкові аспекти учасників ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною економічною моделлю, що визначає ціну активу, є модель попиту та пропозиції, яка підтверджує, що поширення фінансових труднощів серед вразливої групи населення може призвести до фінансової кризи. Низка сучасних досліджень оперує поняттям «соціального зараження» у фінансових явищах. Ці дослідження демонструють можливість застосування математичного епідеміологічного моделювання до задач фінансової математики. Наприклад, у дослідженні [1] використовують епідеміологічну модель, що складається з системи двох диференціальних рівнянь для описування динаміки ціни активу.

Аналізуючи вплив стадної поведінки на формування цін фінансових активів у дослідженні [2], стверджують, що позитивна бульбашка виникає й характеризується надлишковим попитом, який підштовхує ціни вгору й віддаляє їх від фундаментальної, раціональної вартості активу. Цей період нестійкого зростання цін називають режимом бульбашки. Далі йде період падіння ціни, який відбувається, коли довіра до вартості активу починає коливатися і ринковий оптимізм слабшає. Таким чином, ринковий дисбаланс змінюється на протилежний, що призводить до надлишку пропозиції й дефіциту попиту на актив. Ця фаза надлишкової пропозиції вважається негативною бульбашкою або режимом колапсу. Далі, як правило, йде процес стабілізації цін на новому рівні, коли ціна починає відновлюватися й повільно підніматися назад до фундаментальної вартості завдяки поверненню ринкового попиту й пропозиції до їх раціональної рівноваги, що існувала до моменту виникнення «бульбашки».

Окрім того, у дослідженнях [3] описано явище серійних бульбашок, коли бульбашки послідовно виникають одна за одною на одному і тому ж ринку. Однією з причин утворення таких серійних бульбашок автори називають те, що висхідні цінові тенденції, які мають місце у фазі відновлення (коли ціни повертаються до фундаментальної вартості), можуть бути достатньо значними, щоб спровокувати утворення наступної бульбашки на ринку.

Ризик виникнення та розвитку фінансових бульбашок може мати серйозні наслідки для економіки, включаючи фінансові кризи, скорочення зайнятості та збитки для інвесторів та споживачів. Таким чином, розроблення ефективних систем моделювання та ідентифікації фінансових бульбашок є критично важливою для забезпечення фінансової стабільності та зменшення ризику катастрофічних наслідків.

У статті [4] розглянуто проблему виявлення фінансових бульбашок у режимі реального часу, які після останніх світових криз стали проблемою економічного занепокоєння та вирішення якої має значні наслідки для фінансової стабільності й запобігання кризі. У статті [5] представлено огляд досліджень у сферах виявлення та аналізу фінансових бульбашок. У роботі [6] запропоновано використовувати топологічний аналіз даних для виявлення сигналів раннього попередження про критичні зміни у фінансових часових рядах. Цікава ідея використання в реальному часі алгоритму машинного навчання для прогнозування подій, пов'язаних з появою фінансових бульбашок, описана в роботі [7].

Також необхідно відзначити особливу увагу в секторі ІТ до створення прикладних програмних продуктів для аналізу ризиків, таких, як SAS Risk Modeling, FactSet Portfolio & Risk Analytics та HiddenLevers, а також статистичних пакетів Power BI і Tableau. Ці інструменти дозволяють ефективно аналізувати великі обсяги даних та будувати прогнози щодо динаміки ринків. Розглянуті сервіси застосовуються для управління інвестиціями та ризиками шляхом проведення поглибленого аналізу, формування звітів та моделювання інвестиційних сценаріїв, що дозволяє розробляти оптимальні стратегії уникнення ризиків. Графіки руху цін та діаграми впливу є інтуїтивно зрозумілими інструментами, які дозволяють приймати ефективні рішення.

Розробленню інформаційних систем підтримання прийняття рішень із застосуванням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій присвячені роботи авторів статті [8, 9].

Метою дослідження є встановлення характеристик фінансового ринку, які дозволятимуть прогнозувати процес формування фінансових бульбашок.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети виконуються такі завдання: встановлюється сутність фінансових бульбашок, описуються тенденції їх розвитку; розглядаються аспекти виникнення та «схлопування» фінансових бульбашок; досліджуються методи відслідковування та прогнозування фінансових бульбашок.

Виклад основного матеріалу. Один з постулатів гіпотези ефективного ринку стверджує, що «ціни враховують все». Нинішня ситуація в сфері інформаційних технологій та аналізу даних сприяє дедалі відчутнішому впливу інформаційного фону й стадної поведінки учасників ринку на рух ціни фінансових активів. Поширення стадної поведінки може бути настільки значним, що спровокувати утворення «фінансової бульбашки».

За основу дослідження взято поведінкову математичну модель фінансових бульбашок, що побудована у [1].

В моделі передбачаються такі припущення: стала кількість учасників моделі; однорідність (усі інвестори мають однакову купівельну спроможність та вплив на своїх колег); існування 3-х визначених груп учасників: нейтралі, оптимісти та песимісти; допускається можливість виходу з ринку; ігнорується процес короткого продажу (купівля та володіння активом є необхідною передумовою для його продажу); фундаментальна вартість активу залишається незмінною протягом часу «життя фінансової бульбашки».

Використовується модель цінової рівноваги Еванса [1], яка описує швидкість зміни ціни з часом як функцію різниці між попитом та пропозицією:

$$\frac{dp}{dt} = k_1 (D(p) - S(p)) ,$$

де $k_1 > 0$, а функції ціни попиту та пропозиції виражаються як

$$D(p(t)) = d_1 + d_2 p(t) \quad S(p(t)) = s_1 + s_2 p(t),$$

де $d_1 > 0$ та $d_2 < 0$ позначають автономний попит і цінову еластичність попиту, відповідно, а $s_1 < 0$ та $s_2 > 0$ позначають автономну пропозицію та цінову еластичність пропозиції відповідно.

Згідно з [1] таким рівнем цін визначає фундаментальну вартість активу й приймається як початкова цінова точка, з якої виникає бульбашка (тобто початкова умова для ціни), а також як рівень цін, до якого ринок повинен повернутися після того, як бульбашка вичерпає себе.

Враховуючи вплив стадної поведінки оптимістів та песимістів серед ринкового населення, описано динаміку соціального зараження всього населення економіки під час виникнення бульбашки з точки зору основних гравців на ринку, а також групи нейтральних та тих, хто вийшов з ринку.

Аналіз отриманих результатів. Варто пригадати, що бульбашки утворюються в результаті введення певної інформації, яка створює очікування щодо майбутніх перспектив певного активу. Таким чином, щоб встановити початкову умову для моделі бульбашки, припускається, що до появи цієї інформації ціна активу знаходиться на рівні його фундаментальної вартості, а все населення в економіці є нейтральним (тобто на той момент немає ні оптимістів, ні песимістів, ні тих, хто вийшов з ринку). Крім того, припускається, що інформація з'являється в початковий момент часу, що призводить до перетворення частини нейтрального населення на оптимістів; ця частина визначає початковий стан популяції оптимістів.

Перше чисельне моделювання динаміки цін зображено на рис. 1, отримане при заданій чисельності населення в економіці. Як можна побачити, цінові тренди, отримані на рис.1, чітко відображають фазу «бульбашки», фазу обвалу й фазу стабілізації. Зокрема, ціна активу падає нижче фундаментальної вартості під час фази обвалу перед тим, як відновиться до стабільної (фундаментальної) вартості. Можна побачити, що фаза обвалу починається після того, як ціна сягає маскимального значення, а далі фаза стабілізації ціни починається після того, як ціна досягає мінімального значення.

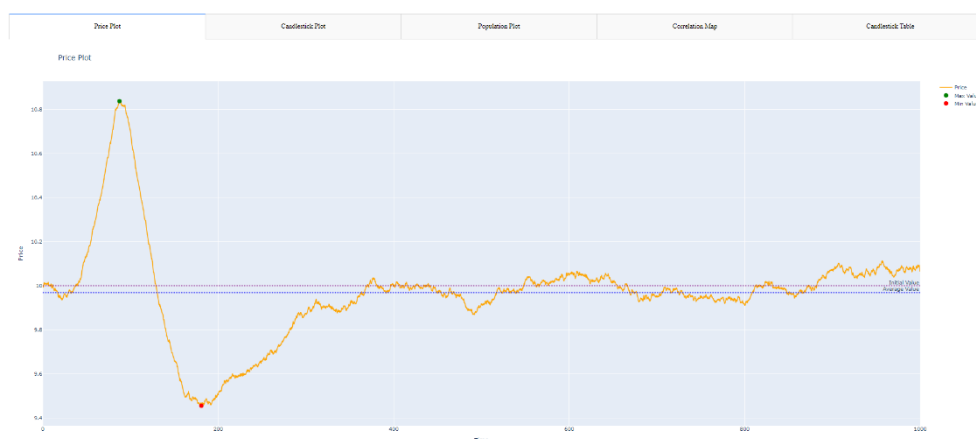


Рисунок 1. Ціновий графік першого чисельного моделювання бульбашки

Далі побудовано свічковий графік, який зображено на рис. 2, де кожен свічок представляє число в 50 ітерацій, та на основі нього обчислено ряд індикаторів.

Індикатор RSI показує швидкість і зміну цінових рухів, він коливається в діапазоні від 0 до 100 і використовується для виявлення перекуплення або перепродання активу. В даному випадку з графіка можна побачити, що індикатор сигналізує про перекуплення активу коли ціна активу досягла історичного максимуму, після чого почалася фаза краху бульбашки й значення індикатора повернулося в норму.

З графіка індикатора ATR можна побачити рівень волатильності ціни на часовому відрізку. В даному випадку бачимо, що під час фази бульбашки та фази краху присутні високий рівень волатильності ціни, а після початку фази стабілізації ціни рівень волатильності повернувся до стабільнішого рівня.

Індикатор MACD складається з трьох складових: MACD лінія, сигнальна лінія та гістограма. Перетин лінії MACD над сигнальною лінією є бичачим сигналом, що вказує на потенційний висхідний тренд, що можна побачити на початку фази бульбашки та на початку фази стабілізації ціни. І навпаки, перетин лінії MACD нижче сигнальної лінії є ведмежим сигналом, що вказує на потенційний спадний тренд, що спостерігається, коли починається фаза краху бульбашки.



Рисунок 2. Свічковий графік першого чисельного моделювання бульбашки

Графік динаміки популяції населення ринку зображає зміни в кожній групі населення ринку на рис. 3. У даному випадку бачимо, що група биків ринку різко зростає, під час фази бульбашки, після чого на початку фази краху, чисельність населення биків різко падає, а населення ведмедів зростає, після починається фаза стабілізації ціни, все населення ринку переходить у групу населення тих, хто залишив ринок.

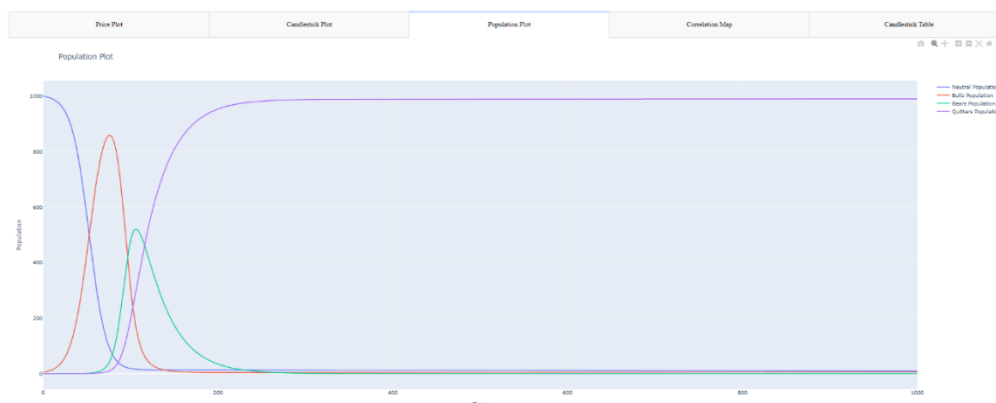


Рисунок 3. Графік динаміки популяції населення

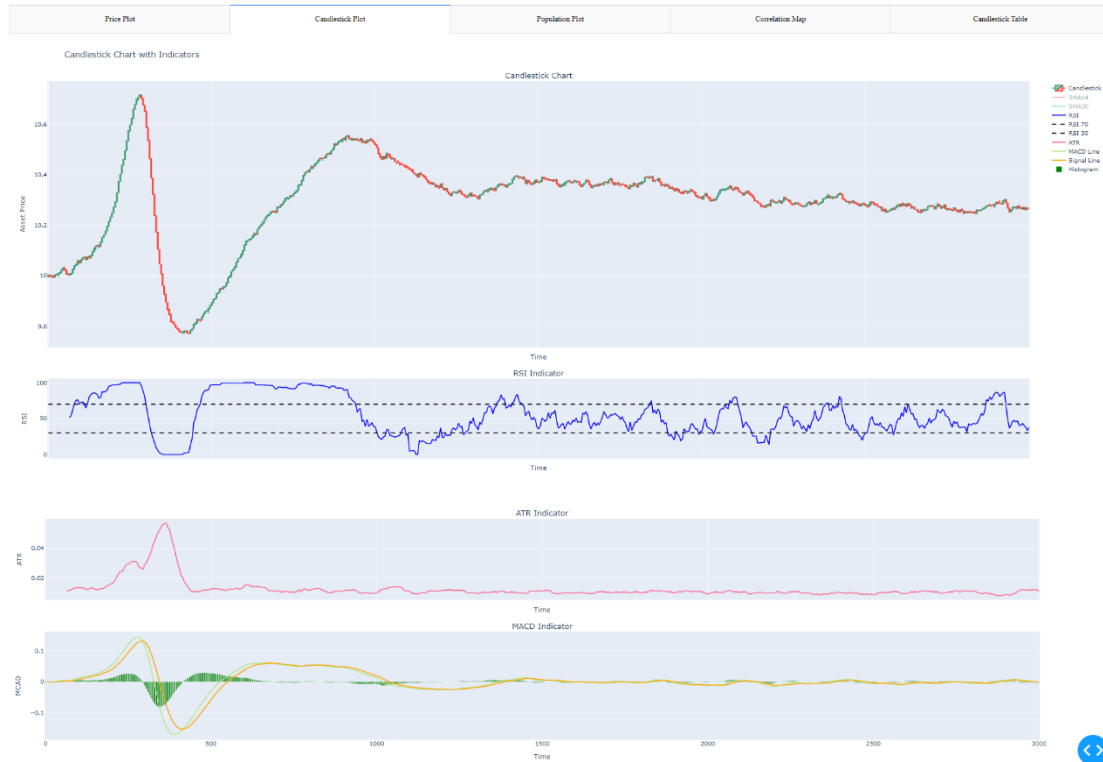


Рисунок 6. Свічковий графік другої симуляції

Цей феномен серійних бульбашок очевидніший на рис. 7. який отримано, збільшуючи активність оптимістів. Як бачимо з рисунка, цінова динаміка демонструє різні бульбашкові цикли, що складаються з трьох фаз: утворення, краху та відновлення, в яких за кожною бульбашкою одразу ж йде наступна (з дедалі меншою амплітудою).



Рисунок 7. Свічковий графік з індикаторами для третьої симуляції

Загалом, чисельне моделювання, зображене на рис. 6 та 7 вказує на те, що серійні бульбашки є ймовірнішими для нижчого рівня поширення оптимістичної поведінки та вищого рівня поширення песимістичної поведінки.

Також модель спроможна давати велику кількість інших цінових трендів залежно від вибору значень параметрів, що описують динаміку соціального зараження населення. Загалом, числові результати узгоджуються з ціновими трендами «бульбашок», краху та стабілізації, що спостерігаються в історичних даних індексів Доу-Джонса та NASDAQ. Крім того, рис. 6 та 7 узгоджуються з поведінкою серійних бульбашок, в яких фінансові бульбашки виникають послідовно після відновлення попереднього циклу.

Можна зробити висновок, що розроблена поведінкова модель, спроможна демонструвати тенденції бульбашок, які відповідають не лише звичайним, але й серійним бульбашкам, описаним Кисельовим та Рижиком [3].

Висновки. Проведений аналіз сучасних тенденцій на фінансових ринках підтвердив необхідність застосування сучасних інформаційних технологій та програмування як ефективного інструменту аналізу, візуалізації та прогнозування даних.

У представлений роботі запропоновано поведінкову модель фінансової бульбашки, що враховує динаміку азіотажу учасників ринку. Використовуючи мову програмування Python, допоміжні бібліотеки й фреймворки, із застосуванням вказаної поведінкової моделі фінансової бульбашки проведено симуляцію даних і побудовано ряд інтерактивних візуалізацій процесу створення, розвитку та лопання фінансових бульбашок. На основі отриманих результатів, у ході проведення чисельного дослідження, проаналізовано отримані дані, побудовано графіки ряду індикаторів на основі цих даних та визначено, що розроблена модель здатна демонструвати тенденції не тільки звичайних, а й серійних бульбашок.

Окремо представлені результати можуть свідчити, що люди, навіть без професійних знань у галузі інформаційних технологій та програмування, можуть створювати достатньо продуктивні інформаційні системи для аналізу даних з фінансових ринків.

Conclusions. The analysis of modern trends in financial markets confirmed the need to use modern information technologies and programming as an effective tool for data analysis, visualization and forecasting.

The presented paper proposes a behavioral model of the financial bubble that takes into account the dynamics of the excitement of market participants. Using the Python programming language, auxiliary libraries and frameworks, with the application of the specified behavioral model of the financial bubble, data simulation was carried out and a number of interactive visualizations of the process of creation, development and bursting of financial bubbles were built. On the basis of the obtained results, in the course of conducting a numerical study, the obtained data were analyzed, graphs of a number of indicators were constructed based on these data, and it was determined that the developed model is capable of demonstrating trends, not only of ordinary bubbles, but also of serial bubbles.

The separately presented results may indicate that people, even without professional knowledge in the field of information technology and programming, can create sufficiently productive information systems for analyzing data from financial markets.

Список використаних джерел

1. Afilipoaei A. Carrero G. A mathematical model of financial bubbles: a behavioral approach. *Mathematics*. 2023. Vol. 11. No. 19. P. 4102. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11194102>
2. Sornette D., Cauwels P. Financial Bubbles: Mechanisms and Diagnostics. *Review of Behavioral Economics*. 2015. Vol. 2. No. 3. P. 279–305. DOI: <https://doi.org/10.1561/105.00000035>
3. Kiselev A., Ryzhik L. A simple model for asset price bubble formation and collapse. *arXiv.org. Quantitative Finance Papers*. 2010. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1009.0299>

4. Genoni G., Quatto P., Vacca G. Dating financial bubbles via online multiple testing procedures. *Finance Research Letters*. 2023. Vol. 58. Part A. P. 104238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104238>
5. Harsha S., Ismail B. Review on financial bubbles. *Statistical Journal of the IAOS*. 2019. Vol. 35. No. 3. P. 501–510. DOI: <https://doi.org/10.3233/SJI-180476>
6. Akingbade S., Gidea M., Manzi M., Nateghi V. Why topological data analysis detects financial bubbles? *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2024. Vol. 128. P. 107665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2023.107665>
7. Tran K. L., Le H. A., Lieu C. P., Nguyen D. T. Machine learning to forecast financial bubbles in stock markets: evidence from Vietnam. *International Journal of Financial Studies*. 2023. Vol. 11. No. 4. P. 133. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijfs11040133>
8. Манзій О. С., Сенік А. П., Іванік І. А., Степанюк О. С., Сенік Ю. А. Інформаційна система підтримки динамічної диверсифікації інвестиційного фінансування. *Галицький економічний вісник*. 2022. № 4 (77). С. 33–44. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033
9. Дубиняк Т. С., Манзій О. С., Сенік А. П., Мінзюк Н. В., Сенік Ю. А. Аналіз банківських та валютних ризиків із використанням ІТ. *Галицький економічний вісник*. 2023. № 5 (84). С. 60–70. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060

References

1. Afilipoaei A., Carrero G. (2023). A mathematical model of financial bubbles: a behavioral approach. *Mathematics*, vol. 11, no. 19, pp. 4102. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11194102>
2. Sornette D., Cauwels P. (2015) Financial Bubbles: Mechanisms and Diagnostics. *Review of Behavioral Economics*, vol. 2, no. 3, pp. 279–305. DOI: <https://doi.org/10.1561/105.000000035>
3. Kiselev A., Ryzhik L. (2010). A simple model for asset price bubble formation and collapse. *arXiv.org. Quantitative Finance Papers*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1009.0299>
4. Genoni G., Quatto P., Vacca G. (2023) Dating financial bubbles via online multiple testing procedures. *Finance Research Letters*, vol. 58, part A, pp. 104238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104238>
5. Harsha S., Ismail B. (2019) Review on financial bubbles. *Statistical Journal of the IAOS*, vol. 35, no. 3, pp. 501–510. DOI: <https://doi.org/10.3233/SJI-180476>
6. Akingbade S., Gidea M., Manzi M., Nateghi V. (2024) Why topological data analysis detects financial bubbles? *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, vol. 128, pp. 107665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2023.107665>
7. Tran K. L., Le HA, Lieu CP, Nguyen DT. (2023). Machine learning to forecast financial bubbles in stock markets: evidence from Vietnam. *International Journal of Financial Studies*, vol. 11, no. 4, p. 133. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijfs11040133>
8. Manziy O., Senyk A., Ivanyk I., Stepanyuk O., Senyk Y. (2022). Informacijna systema pidtrymky dynamichnoji dyversyfikaciji investycijnogho finansuvannja. [Information system supporting dynamic diversification of investment financing]. *Galician economic journal*, vol. 4, no. 77, pp. 33–44. (In Ukrainian). DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033
9. Dubynyak T., Manziy O., Senyk A., Minziuk N., Senyk Y. (2023). Analiz bankivskykh ta valjutnykh ryzykiv iz vykorystannjam IT. [Analysis of banking and currency risks using IT]. *Galician economic journal*, vol. 5, no. 84, pp. 60–70. (In Ukrainian). DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060