



FINANCE, BANKING, INSURANCE AND THE STOCK MARKET

ФІНАНСИ, БАНКІВСЬКА СПРАВА, СТРАХУВАННЯ ТА ФОНДОВИЙ РИНОК

УДК 330.322.1 (004.413.4)

АНАЛІЗ БАНКІВСЬКИХ ТА ВАЛЮТНИХ РИЗИКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІТ

**Тарас Дубиняк¹; Олександра Манзій²; Андрій Сеник³;
Наталія Мінзюк⁴; Юлія Сеник⁵**

¹*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Тернопіль, Україна*

²⁻⁴*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

⁵*Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Резюме. Здійснено огляд та аналіз сучасних провідних спеціалізованих програмних продуктів, які використовуються для виявлення, аналізу та керування ризиками у різних сферах. Як альтернативу запропоновано проєкт власної інформаційної системи для аналізу, прогнозування та ефективного управління банківськими ризиками. Для отримання вхідних даних система використовує простий і легкий безкоштовний сервіс для поточних та історичних курсів обміну валют і курсів криптовалюти. Дані про валюту надходять від постачальників фінансових даних і банків, зокрема Європейського центрального банку. Основними методами, які використовуються при аналізі, є візуалізація, обчислення статистик та прогнозування. Використання візуалізації дозволяє представити інформацію у зручній для сприйняття формі, стисло та лаконічно узагальнювати статистичні та аналітичні дані. Для прогнозування основних тенденцій руху запропоновано використовувати ринкові індикатори RSI, Смуги Боллінджера та японські свічки, а також машинне навчання з використанням алгоритму сингулярного спектрального аналізу. Використовуючи створений продукт, проведено аналіз акцій відомих світових банків, які мають дочірні філії в Україні. Також проаналізовано тенденції зміни курсів різних валют, таких, як фунт стерлінга, японська єна, китайський юань, долар, євро, гривня. Запропонована інформаційна система є загальнодоступною та легкою у використанні. Описані методи аналізу дають можливість некваліфікованому користувачеві на основі отриманих візуалізацій робити висновки щодо вибору оптимального надійного банку, управління ризиком знецінення гривневих заощаджень та мінімізації втрат від конвертації грошей. Результати показують, що у випадку наявності незначного набору активів і відповідно обмеження на диверсифікацію капіталовкладень, застосування подібних інформаційних систем є ефективним та прибутковим. Також представлена методика демонструє, що інвестор, володіючи елементарними знаннями в інформаційно-комунікаційних технологіях із застосуванням сучасних мов програмування Python, Java або C#, може ефективно застосовувати їх для створення спеціалізованих систем при аналізі, візуалізації та прогнозуванні даних.

Ключові слова: аналіз даних, інформаційні технології, диверсифікація, візуалізація, інвестиції, C#.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060

Отримано 24.07.2023

UDC 330.322.1 (004.413.4)

ANALYSIS OF BANKING AND CURRENCY RISKS USING IT

**Taras Dubynyak¹; Oleksandra Manziy²; Andriy Senyk³;
Nataliia Minziuk⁴; Yuliya Senyk⁵**

¹*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

²⁻⁴*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

⁵*National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Summary. *The work includes a review and analysis of modern leading specialized software products that are used to identify, analyze and manage risks in various areas. As an alternative, the project of own information system for analysis, forecasting and effective management of banking risks is proposed. To receive input data, the system uses a simple and easy free service for current and historical currency exchange rates and cryptocurrency rates. Currency data comes from financial data providers and banks, including the European Central Bank. The main methods used in the analysis are visualization, calculation of statistics and forecasting. The use of visualization allows you to present information in an easy-to-understand form, summarize statistical and analytical data concisely and succinctly. To forecast the main movement trends, it is proposed to use market indicators RSI, Bollinger Bands and Japanese candles, as well as machine learning using the algorithm of singular spectral analysis. Using the created product, an analysis of the shares of well-known global banks with subsidiaries in Ukraine was carried out. Trends in the exchange rates of various currencies, such as the pound sterling, the Japanese yen, the Chinese yuan, the dollar, the euro, and the hryvnia, were also analyzed. The proposed information system is publicly available and easy to use. The described methods of analysis enable an unqualified user to draw conclusions on the basis of the obtained visualizations regarding the choice of the optimal reliable bank, management of the risk of devaluation of hryvnia savings, and minimization of losses from money conversion. The results show that in the case of a small set of assets and, accordingly, restrictions on the diversification of capital investments, the use of such information systems is effective and profitable. The presented methodology also demonstrates that an investor, having basic knowledge of information and communication technologies using modern Python, Java or C# programming languages, can effectively use them to create specialized systems for data analysis, visualization and forecasting.*

Key words: *data analysis, information technology, diversification, visualization, investments, C#.*

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.060

Received 24.07.2023

Постановка проблеми. У сучасному світі розвиток бізнесу неможливо уявити без тісних взаємозв'язків на міжнародному рівні. Загальною та зрозумілою практикою стали проведення закупівель на міждержавному рівні, виконання проєктів, що фінансуються міжнародними грантами, чи просто переведення обігових коштів у валюту іншої країни. Сьогодні в часі збройного конфлікту в Україні багато компаній змушені відкривати дочірні філії в інших державах. Усі ці операції при оцінюванні їх ефективності підлягають аналізу з боку банківського ризику. Питання менеджменту банківських ризиків часто виникає навіть на рівні діяльності фізичної особи.

З іншого боку, стрімке зростання інформаційного потоку зумовлює застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для пошуку нових розв'язків, а брак часу та динамізм довкілля підвищує ймовірність прийняття неоптимальних управлінських рішень. Через великий розмір деяких банків надмірна схильність до ризику може призвести до банкрутства банку та вплинути на мільйони людей. Навіть якщо банк може отримати великі доходи, відсутність управління ризиками може знизити прибутки через втрати за кредитами. Однією з найпоширеніших проблем є ризик втрати коштів унаслідок неправильного оцінювання банківських та валютних ризиків.

Правильне оцінювання та прогнозування банківських ризиків є особливо важливою для мало бюджетних та непрофесійних інвесторів, для яких втрата частки є

більш критичною порівняно з професійними інвесторами чи фондами. І якщо при управлінні ризиками великі компанії користуються спеціалізованими інформаційними системами, то для непрофесійного інвестора, малого підприємця чи просто фізичної особи перелік інструментаріїв оцінювання та управління банківськими ризиками є вкрай обмеженим.

Хоча передбачити майбутню ситуацію на ринку чи курс валют є вкрай важким завданням, але можна зробити певні висновки на основі аналізу статистичних даних. Аналіз та візуалізація даних є одними з найпоширеніших сучасних методик аналізу та ефективного управління ризиками. Сукупність вказаних факторів призводить до необхідності створення простої в застосуванні та зрозумілої для непрофесійного користувача інформаційної системи прогнозування та управління банківськими ризиками на основі статистичних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з [1–3] ключовим засадам управління валютним ризиком є чиста ефективна відкрита позиція всіх валют, складена разом як абсолютні значення та виражена у відсотках від загального капіталу і не повинна перевищувати заздалегідь визначене значення.

Аналіз ефективності застосування ризик-менеджментом інноваційних підходів та фінансових рішень, що надаються спеціалізованими інформаційними системами, розглянуто в роботах [4, 5]. До ефективних засобів оптимізації інвестиційного фінансування належать математичні методи та інформаційно-комунікаційні технології [6, 7].

Як приклад, застосування сучасних інформаційних технологій та мов програмування Python & Salesforce до процесів прогнозування на основі статистичних даних є роботи [8, 9]. Порівняльний аналіз можливостей трьох популярних для аналізу даних мов програмування Python, Java і C# з метою вибору оптимального запропоновано в [10].

В мережі Інтернет широко присутні спеціалізовані програмні продукти для аналізу й візуалізації даних та бізнес-аналітики, найпопулярнішими серед яких є такі:

1. Система SpiraPlan (<https://www.inflectra.com/SpiraPlan>) – це флагманська платформа управління корпоративними програмами Inflectra, яка фокусується на управлінні ризиками для організацій будь-якого розміру та з усіх галузей.

2. Система nTask (<https://www.ntaskmanager.com>) – це інструмент для аналізу ризиків, що дозволяє здійснювати аналіз та моніторинг кожного ризику окремо.

3. Система Resolver (<https://www.resolver.com>) є одним із інструментів, який зосереджується в основному на плануванні та підготовці ризиків на етапах, коли цілі проекту та вимоги ще формуються.

4. Система A1 (<https://www.alrisksolutions.co.uk>) Tracker забезпечує веб-інтерфейс користувача, достатньо ефективний для реєстрації та управління ризиками в проекті.

5. Система Isometrix (<https://www.isometrix.com/>) – це хмарне програмне рішення, орієнтоване на великі та середні підприємства, яке пропонує різноманітні рішення щодо усунення корпоративних ризиків.

6. Система Analytica (<https://analytica.com/case-studies/risk-analysis>) – це інструмент управління ризиками, який здебільшого використовується для аналізу ризиків соціальної сфери.

7. Система CURA (<https://curasoftware.com>) надає компаніям аналіз ризику відповідно до його впливу та ймовірності.

8. Система MasterControl Risk Analysis (<https://www.mastercontrol.com/quality/risk-software>) визначає оцінювання ризиків як окремий процес і часто застосовується відділами якості у прийнятті оптимальних рішень для управління ризиками якості в будь-якому процесі чи діяльності.

9. Система Optial Risk Manager (<https://www.optial.com/risk-management>) – це інструмент, розроблений для роботи з компаніями, які працюють у таких галузях, як фінанси, виробництво та охорона здоров'я, яке можна використовувати для швидкого виявлення та відстеження ризиків та їх розповсюдження, створювати процеси та стратегії, щоб запобігти повторенню цих ризиків.

Наведені інформаційні системи застосовуються для управління фінансовими інвестиціями і ризиками шляхом проведення поглибленого аналізу, формування звітів та моделювання інвестиційних сценаріїв, що дозволяє розробляти оптимальні стратегії уникнення ризиків. При цьому керівники проєктів можуть перевіряти та контролювати продуктивність і діяльність кожного учасника, пов'язану з усуненням ризиків. Дані системи надають можливість використовувати алгоритми оцінювання ризиків, щоб ранжувати кожен загрозу на основі різних атрибутів, таких, як пріоритет і рівень серйозності. Підсумки аналізу візуалізуються у вигляді матриці ризиків і тенденції загроз у настроюваних звітах і теплових картах, які можна експортувати в електронні таблиці та презентації.

Проте більшість з цих систем для використання потребують професійних знань та навичок і працюють на платній основі, а тому є не завжди оправдано ефективними у випадку завдань управління банківськими ризиками фізичних осіб чи малих підприємств. У випадку завдань, пов'язаних із пошуком надійної банківської установи при кредитуванні чи уникненні ризику втрат при здійсненні конвертації валюти у випадку проектних закупівель для аналізу можна використати загальнодоступні інструменти та технології, що є у вільному доступі. Графіки руху цін та діаграми впливу є інтуїтивно зрозумілими інструментами, які дозволяють створити модель поведінки при розв'язуванні вищеперелічених завдань управління ризиками.

Метою дослідження є опис процесу застосування інформаційних технологій на прикладі використання мови програмування C# та можливостей відповідних бібліотек для аналізу, візуалізації та прогнозування, що дозволяє використати доступні програмні рішення в процесі менеджменту інвестиційного фінансування, а також при аналізі банківського ризику як консультативний інструмент окремим непрофесійним або малодосвідченим інвесторам з низькою фінансовою стійкістю.

Постановка завдання. Враховуючи дослідження в [10], вирішено за основу вибрати мову, доступну для швидкого освоєння програмування C#. А при отриманні вхідних даних використати простий і легкий безкоштовний сервіс для поточних і історичних курсів обміну валют і курсів криптовалюти – Exchangerate.host. Дані про валюту надходять від постачальників фінансових даних і банків, зокрема Європейського центрального банку. Перевагами обраного джерела є:

- Можливість вибрати діапазон дат для API, які повертають історичні дані.
- Приклади використання API.
- Безкоштовне API.
- Немає реєстрації.
- Представлення даних у форматах XML, CSV, TSV.

Виклад основного матеріалу. Для прикладу та аналізу роботи системи обрано популярні валюти: Фунт стерлінга, японська єна, китайський юань, євро та долар США. А також акції таких банків, які мають дочірні філії в Україні, а тому часто використовуються у міжнародних грошових операціях: BNP Parabis, Raiffeisen, Piraeus, Deutsche, Bank of America.

Першим етапом є візуалізація статистичних даних про курси валют відносно долара та євро (рис. 1), а також ціни банківських акцій (рис. 2).

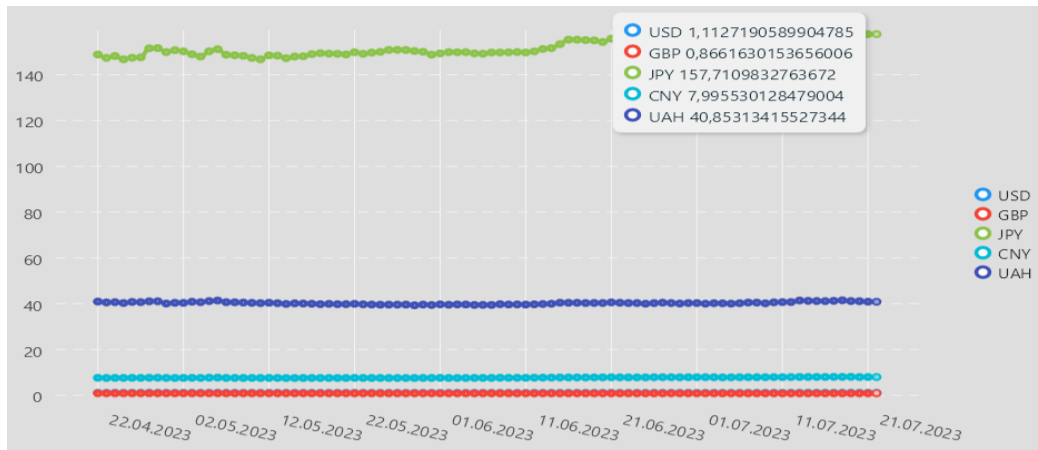


Рисунок 1. Графік вартості євро у різних валютах

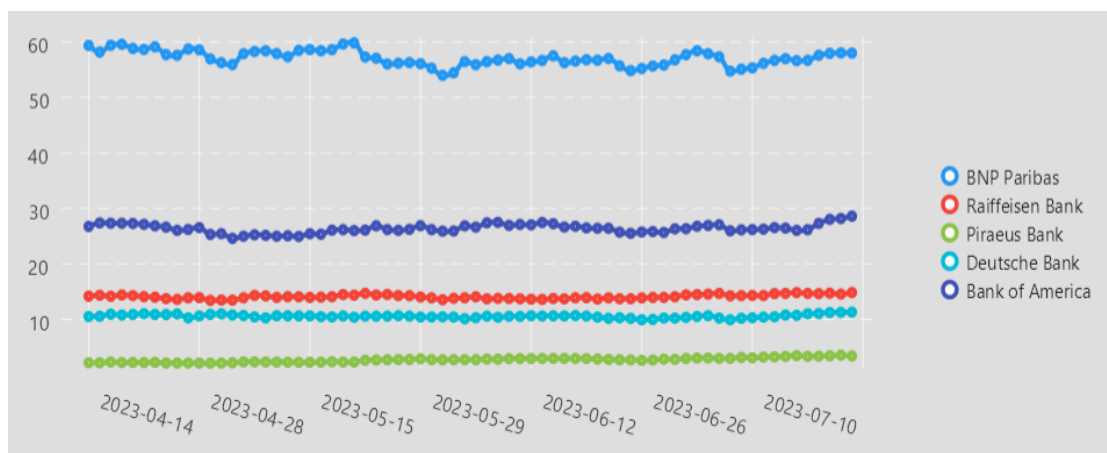


Рисунок 2. Графік цін акцій банків у євро

Для оцінювання в системі генеруються та візуалізуються значення наступних статистик:

Коефіцієнт кореляції Пірсона, який вимірює силу та напрямок зв'язку між двома змінними (рис. 3):

- 1 вказує на міцні позитивні стосунки.
- -1 вказує на сильний негативний зв'язок.
- нульовий результат означає відсутність зв'язку взагалі.

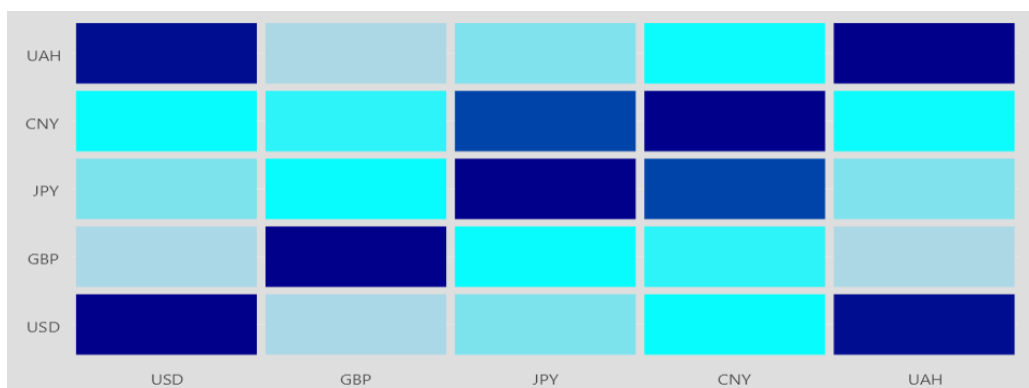


Рисунок 3. Теплова мапа кореляції для курсів валют відносно євро

На тепловій мапі (рис. 4) світлим кольором позначено слабкі зв'язки, а темним-сильні. Кофіцієнт кореляції Пірсона для гривні та долара становить 0.96, що показує сильну залежність гривні від долара.

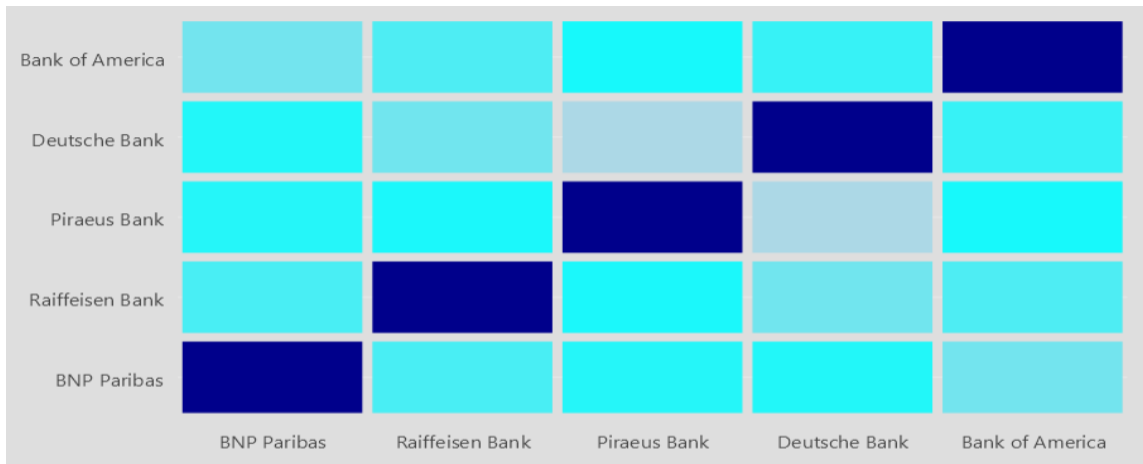


Рисунок 4. Теплова мапа кореляції для акцій банків

У системі для прогнозування використовуються такі індикатори, як Смуги Боллінджера (рис. 5 та рис. 6) та RSI (рис. 7). Діапазони Боллінджера визначають рівень волатильності для валютної пари, а також часто використовуються, щоб визначити верхню та нижню межі курсу. Інвестори та трейдери розраховують волатильність цінних паперів, щоб оцінити минулі коливання цін і передбачити їхні майбутні рухи. Фактично індикатор вказує на рівень ризику, пов'язаного зі зміною ціни цінного паперу. Індикатор є досить інформативним, але необхідно вміти правильно його протрактувати:

- Коли смуги звужуються протягом періоду низької волатильності, це підвищує ймовірність різкого руху ціни в будь-якому напрямку. Необхідно слідкувати за рухом у протилежному напрямку, який повертається до того, як почнеться правильний тренд.
- Коли смуги розходяться на незвично велику величину, волатильність зростає, і будь-який існуючий тренд може завершитися.

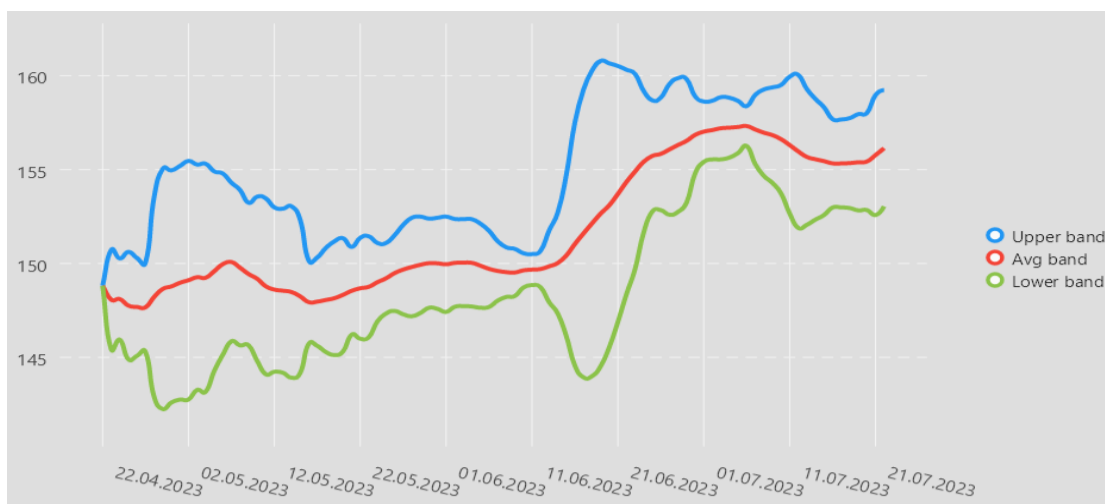


Рисунок 5. Смуги Боллінджера для японської єни

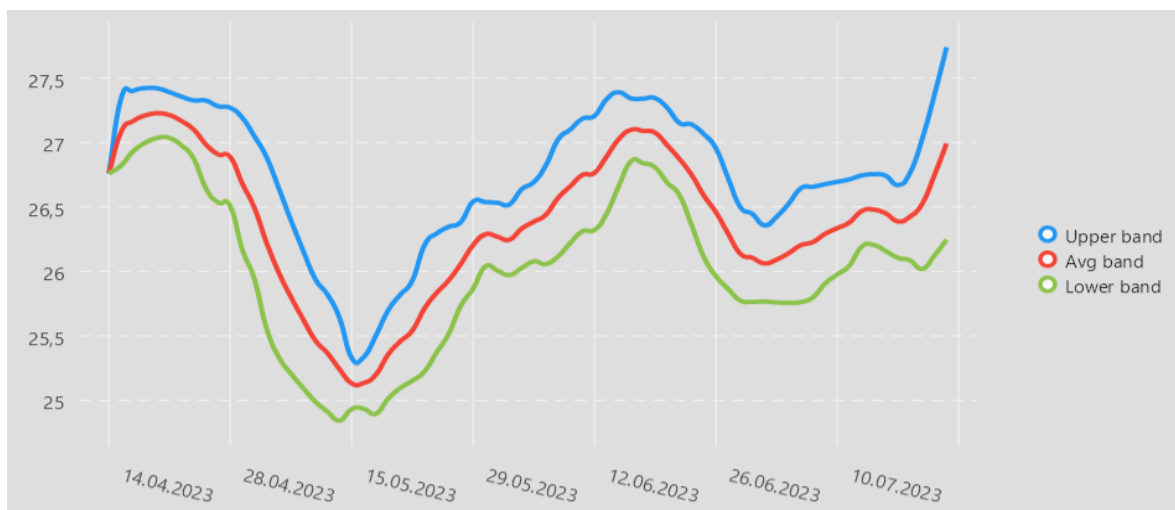


Рисунок 6. Смуги Боллінджера для акцій BNP Paribas банку

Індекс відносної сили (RSI) можна використовувати для визначення загальної тенденції.

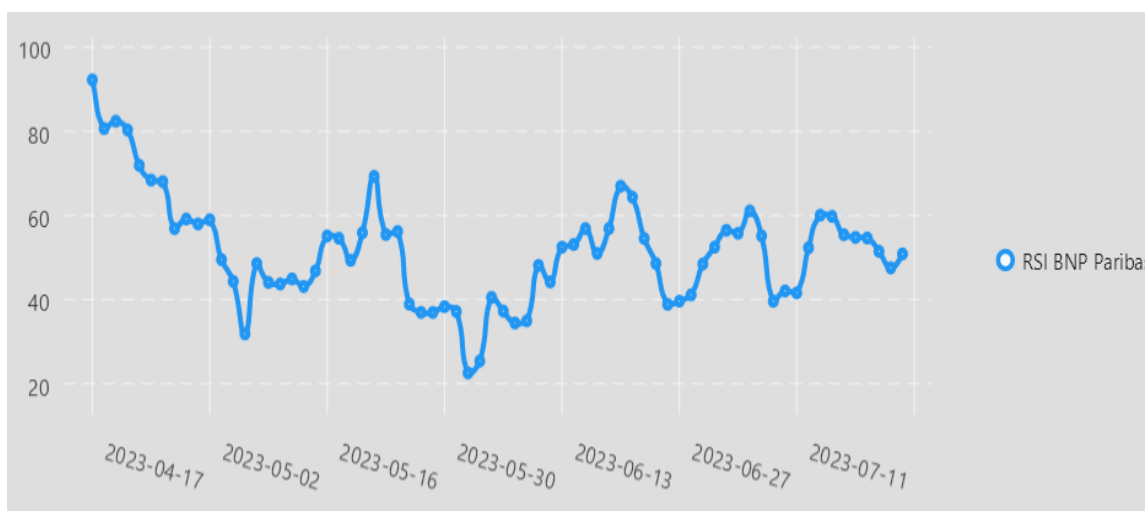


Рисунок 7. Індекс RSI для акцій BNP Paribas

У системі пропонується використовувати японські свічки – різновид цінового графіка, який показує точки відкриття, закриття, максимум і мінімум ціни для кожного заданого періоду (рис. 8). Оскільки такий графік дає набагато більше візуальної інформації, ніж традиційні лінійні діаграми, показуючи найвищу точку ринку, найнижчу точку, ціну відкриття та ціну закриття з першого погляду. Окрім використання їх для відстеження попередніх змін цін технічні трейдери шукають моделі японських свічок, щоб зрозуміти, куди ринок рухається далі. Вони роблять це, шукаючи впізнавані форми, які часто призводять до продовжень або розворотів. Щоб прочитати візерунки японських свічок, потрібно ознайомитися з трьома елементами на кожній свічці: її кольором, корпусом і тінню. Колір вказує напрямок руху протягом періоду, тіло відображає рівні відкриття та закриття ринку, а тінь показує діапазон максимум/мінімум. На більшості сьогоdnішніх графіків зелені свічки вказують на висхідний рух, а червоні – на рух вниз (рис. 9). Однак іноді замість них використовується білий (вгору) і чорний (вниз). І на червоних, і на зелених свічках

верхня тінь є найвищою точкою, яку досяг ринок за період, а нижня – найнижчою. Існує два типи свічок: бичача свічка формується, коли закриття вище, ніж відкриття, і навпаки для ведмежої свічки.

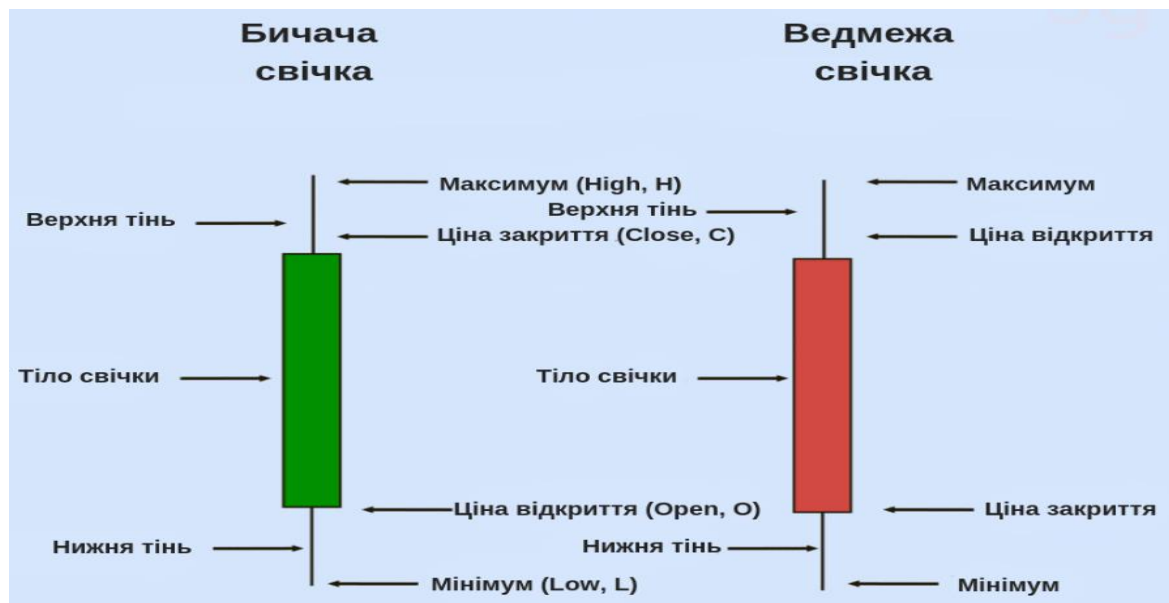


Рисунок 8. Зображення японської свічки

Різновиди свічок:

- Дзига – утворюється, коли свічник має довгу тінь як над, так і під вузьким корпусом. Таким чином, ринок мав великий торговий діапазон, але невелику різницю між його відкриттям і закриттям.

- Марубозу – свічник, який взагалі не має тіні. Зелений марубозу відкривався та закривався на найнижчому та найвищому рівнях відповідно. Червоний марубозу відкривався та закривався на найвищому та найнижчому рівнях відповідно. Якщо ми візуалізуємо рух у межах зеленого марубозу, не буде жодних цінових дій вище або нижче цін відкриття та закриття. Це робить лису зелену паличку ознакою чітких бичачих настроїв. Біки підштовхнули ринкову ціну вище з незначною відсічею ведмедів. Якщо це відбувається як частина висхідного тренду, технічні трейдери сприймають це як ознаку того, що висхідний рух продовжиться. Якщо це станеться після спадного тренду, на картах може бути розворот. Червоний свічник марубозу тим часом повна протилежність. У цьому випадку спадний тренд міг би продовжуватися або висхідний тренд може змінитися.

- Доджі – ціни відкриття та закриття абсолютно рівні (або майже однакові). Тому тіло виглядає як дуже тонка лінія – зазвичай менше 5% від загального діапазону періоду. Доджі часто сприймають як ознаку майбутнього розвороту.

- Молоток – свічка без верхньої тіні. Якщо ринок утворює молот після тривалого руху вниз, тоді технічні трейдери вважають, що він може ось-ось розпочати бичачу відсіч. Отже, незважаючи на значний тиск продажів, кількість покупок акцій почала збільшуватися.

- Перевернутий молоток – свічка без нижньої тіні. Вона з'являється після спадних трендів і сприймається як можливий сигнал про те, що наближається розворот. Верхня тінь показує, що покупці взяли під контроль ринок протягом сесії, але зустріли опір з боку продавців. Однак продавці не змогли знизити його ціну далі, що означає, що ведмежі настрої можуть зменшитися.

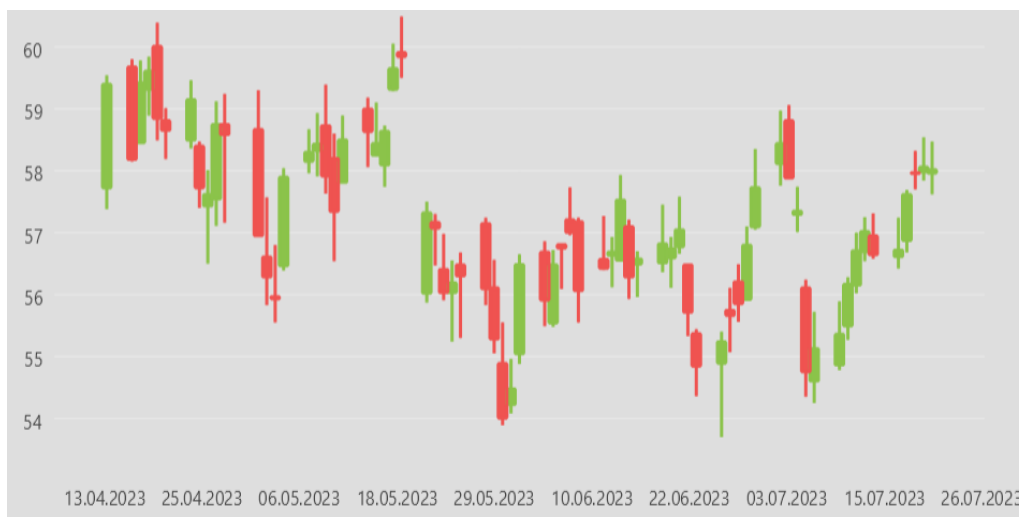


Рисунок 9. Графік японських свічок для акцій банку BNP Paribas

Ще одним важливим етапом аналізу є прогнозування цін акцій. У створеній системі для цього пропонується скористатися можливостями бібліотеки Microsoft.ML. Алгоритм, який використовується – сингулярний спектральний аналіз (SSA). SSA працює шляхом розкладання часового ряду на набір основних компонентів. Ці компоненти можна інтерпретувати як частини сигналу, які відповідають трендам, шуму, сезонності та багатьом іншим факторам. Потім ці компоненти реконструюються та використовуються для прогнозування значень у майбутньому.

Верхня лінія графіку (рис. 10) відображає верхню межу можливих цін акції банку, нижня лінія – нижню межу відповідно. Прогнозування меж коливання ціни дозволяє обчислити ймовірний позитивний або ж негативний ризик прибутку чи втрати коштів.

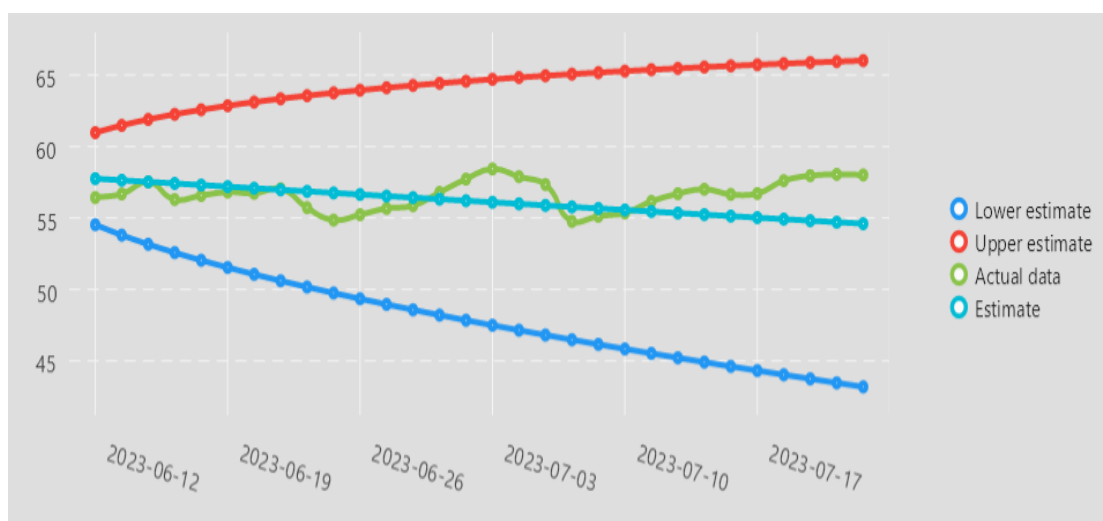


Рисунок 10. Результат прогнозування акцій BNP Paribas банку

За допомогою розробленої системи можна побачити коливання курсів валют і банківських акцій та їх залежність між собою, спрогнозувати межі ймовірних втрат. Наведений аналіз акцій BNP Paribas банку показує активну зміну тренду акції та ціни, на які часто вказують свічки дзиги на графіку японських свічок. Різниця між найнижчою та найвищою ціною може досягати близько шести євро, що не перевищує прогнозоване максимальне коливання ціни.

Висновки. Розглянувши існуюче програмне забезпечення для аналізу та управління ризиками, зроблено висновок про існування різноманітних рішень, які зорієнтовані на великі компанії та професійних управлінців. Багато програмних продуктів містять функціонал, який можна використовувати у різних сферах для виявлення ризиків та успішного управління ними з метою мінімізації їх впливу. Недоліком таких систем є те, що їх використання потребує професійних знань та навичок. На жаль, є досить мало програмних продуктів, які доступні малобюджетному користувачеві й мають версії для кращого розуміння їх функціоналу.

Створено та описано функціонал інформаційної системи, яку можна використовувати для виявлення та прогнозування ризиків, які виникають у банківській сфері. Використовуючи створений продукт проведено аналіз цінних банківських паперів, банків, які мають дочірні філії в Україні. Також проведено дослідження та прогнозування курсів основних валют: фунт стерлінга, японська єна, китайський юань, долар, євро, гривня.

Conclusions. After considering the existing software for risk analysis and management, it was concluded that there are various solutions that are aimed at large companies and professional managers. Many software products contain functionality that can be used in various areas to identify risks and successfully manage them in order to minimize their impact. The disadvantage of such systems is that their use requires professional knowledge and skills. Unfortunately, there are quite a few software products that are available to the low-budget user and have demo versions for a better understanding of their functionality.

The functionality of the information system, which can be used to identify and forecast risks arising in the banking sector, has been created and described. Using the created product, an analysis of bank securities and banks with subsidiary branches in Ukraine was carried out. Research and forecasting of exchange rates of the main currencies was also carried out: pound sterling, Japanese yen, Chinese yuan, dollar, euro, hryvnia.

Список використаних джерел

1. Hennie Van Greuning and Sofija-Sonja Brajovic Bratanovic. Risk Analysis: Tools and Techniques. Analyzing Banking Risk (Fourth Edition): A Framework for Assessing Corporate Governance and Risk Management. June 2020, 71–86. DOI: https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1446-4_ch3
2. Hennie Van Greuning and Sofija-Sonja Brajovic Bratanovic. Currency Risk Management. Analyzing Banking Risk (Fourth Edition): A Framework for Assessing Corporate Governance and Risk Management. June 2020, 261–279. DOI: https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1446-4_ch11
3. Joseph Bitar (2021). Foreign Currency Intermediation: Systemic Risk and Macroprudential Regulation, Latin American Journal of Central Banking. Volume 2. Issue 2. 100028, ISSN 2666-1438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.latcb.2021.100028>
4. Wu, Guoqiang (2020). Computer Finance Management System Innovation Thinking. Journal of Physics: Conference Series. 1486. 052025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1486/5/052025>
5. Maubarak Aljubori, Ihsan (2022). The role of management information systems in investment and financing decisions, an applied study on banks. American Journal of Economics and Business Management. 46-55.
6. Ta V. D., Liu C. M. and Tadesse D. A. (2020) Portfolio optimization-based stock prediction using long-short term memory network in quantitative trading, Applied Sciences 10, 437. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10020437>
7. Stoilov T. (2019). How to integrate complex optimal data processing in information services in internet, in Proc. 20th Int. Conf. Computer Systems and Technologies, ACM Digital Library. P. 19–30. DOI: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345254>
8. Senyk A, Manziy O, Futryk Y, Stepanyuk O, Senyk Y. (2022). Information system supporting decision-making processes for forming of securities portfolio. Journal of Lviv polytechnic national university. "Information systems and networks". SISN. Volume 11. P. 39–55. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.039>
9. Manziy O., Senyk A., Ivanyk I., Stepanyuk O. and Senyk Yu. (2022). Information system supporting dynamic diversification of investment financing. Galician economic journal. Vol. 77. No. 4. P. 33–44. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033

10. Bahar A. Y., Shorman S. M., Khder M. A., Quadir A. M. and Almosawi S. A. (2022). “Survey on Features and Comparisons of Programming Languages (PYTHON, JAVA, AND C#),” 2022 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETISIS), Manama, Bahrain. P. 154–163. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICETISIS55481.2022.9888839>

References

1. Hennie Van Greuning and Sofija-Sonja Brajovic Bratanovic. Risk Analysis: Tools and Techniques. Analyzing Banking Risk (Fourth Edition): A Framework for Assessing Corporate Governance and Risk Management. June 2020, 71–86. DOI: https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1446-4_ch3
2. Hennie Van Greuning and Sofija-Sonja Brajovic Bratanovic. Currency Risk Management. Analyzing Banking Risk (Fourth Edition): A Framework for Assessing Corporate Governance and Risk Management. June 2020, 261–279. DOI: https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1446-4_ch11
3. Joseph Bitar (2021). Foreign Currency Intermediation: Systemic Risk and Macroprudential Regulation, Latin American Journal of Central Banking. Volume 2. Issue 2. 100028, ISSN 2666-1438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.latcb.2021.100028>
4. Wu, Guoqiang (2020). Computer Finance Management System Innovation Thinking. Journal of Physics: Conference Series. 1486. 052025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1486/5/052025>
5. Maubarak Aljubori, Ihsan (2022). The role of management information systems in investment and financing decisions, an applied study on banks. American Journal of Economics and Business Management. 46–55.
6. Ta V. D., Liu C. M. and Tadesse D. A. (2020) Portfolio optimization-based stock prediction using long-short term memory network in quantitative trading, Applied Sciences 10, 437. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10020437>
7. Stoilov T. (2019). How to integrate complex optimal data processing in information services in internet, in Proc. 20th Int. Conf. Computer Systems and Technologies, ACM Digital Library. P. 19–30. DOI: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345254>
8. Senyk A, Manziy O, Futryk Y, Stepanyuk O, Senyk Y. (2022). Information system supporting decision-making processes for forming of securities portfolio. Journal of Lviv polytechnic national university “Information systems and networks”. SISN. Volume 11. P. 39–55. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.039>
9. Manziy O., Senyk A., Ivanyk I., Stepanyuk O. and Senyk Yu. (2022). Information system supporting dynamic diversification of investment financing. Galician economic journal. Vol. 77. No. 4. P. 33–44. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2022.04.033
10. Bahar A. Y., Shorman S. M., Khder M. A., Quadir A. M. and Almosawi S. A. (2022). “Survey on Features and Comparisons of Programming Languages (PYTHON, JAVA, AND C#),” 2022 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETISIS), Manama, Bahrain, p. 154–163. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICETISIS55481.2022.9888839>