

Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: «Автоматизація процесу сценарного стрес-тестування
інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного
моделювання»

Виконав: студент групи ІАКІТ-18м
спеціальності 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Захарчук О. В.

Керівник: к.т.н., доц. каф. АІТ

Коцюбинський В.Ю.

Рецензент: _____

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем та автоматики
 Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Напрямок підготовки 151– «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТ
Р.Н. Квстний

“ 3 ” жовтня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Захарчук Олександр Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Автоматизація процесу сценарного стрес-тестування з використанням макроекономічного моделювання.

керівник проекту (роботи) Коцюбинський В. Ю., к.т.н., доц. каф. АІТ
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 02 ” жовтня 2019 року № 254

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «10» грудня

3. Вихідні дані до проекту (роботи) розробити моделі та засоби для проведення сценарного стрес-тестування, які дозволять прискорити процес сценарного моделювання та покращити якість його результатів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз стану проблеми та огляд літератури. 2 Математична модель системи для проведення сценарного аналізу. 3 Розробка узагальненого підходу до моделювання стрес-сценаріїв. 4 Економічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Схема роботи програми, схема системи прийняття рішень, схема нормалізації вхідних даних, алгоритм фільтрації взаємозалежних змінних, порівняння

позитивного, нейтрального та негативного сценаріїв розвитку, UML діаграма прецедентів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання Прийняв
1-3	Коцюбинський В. Ю., к.т.н. доц. каф. АІТ		
4	Козловський В. О. к.т.н., проф. каф ЕПВМ		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту(роботи)	Примітка
1	<u>Аналіз стану проблеми та огляд літератури</u>		
2	<u>Математична модель системи для проведення сценарного аналізу</u>		
3	<u>Розробка узагальненого підходу до моделювання стрес-сценаріїв</u>		
4	<u>Економічний розділ</u>		
5	<u>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</u>		
6	<u>Попередній захист роботи</u>		
7	<u>Остаточний захист роботи</u>		

Студент _____ Захарчук О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Коцюбинський В.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

В даній роботі розробляється узагальнений підхід до автоматизації проведення стрес-тестування з використанням сценаріїв. Обґрунтовується вибір методу та програмного середовища для розробки та реалізації математичної моделі для прогнозування економічного середовища та алгоритму прийняття рішень. На основі розробленого узагальненого підходу, розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення.

Annotation

In this paper developed a generalized approach to the automation of stress testing using scenarios. The choice of methods and program environments for development and implementation of mathematical model for forecasting economic environment and algorithm of decision making is substantiated. Based on the developed generalized approach, algorithms and software were developed.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1 Основні поняття сценарного стрес-тестування	11
1.1.1 Стрес-тестування для управління ризиками	11
1.1.2 Регуляторне стрес-тестування	12
1.2 Інтеграція макроекономічних сценаріїв в стрес-тестування.....	13
1.2.1 Перший принцип: визначення сценарію	14
1.2.2 Другий принцип: узгодженість макроекономічних сценаріїв	17
1.2.3 Третій принцип: ймовірність сценарію	18
1.3 Огляд сучасних аналогів	20
1.3.1 Короткий опис аналогів	21
1.3.2 Обґрунтування актуальності аналогу	21
1.3.3 Основна задача, що вирішується в роботі.....	23
1.3.4 Висновки до розділу	23
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СЦЕНАРНОГО АНАЛІЗУ	24
2.1 Стрес-тестування та сценарний аналіз	24
2.2 Методи стрес-тестування з використанням макроекономічного моделювання.....	26
2.3 Аналіз методу Монте-Карло при моделюванні ризиків	29
2.4 Регресійний аналіз	31
2.4.1 Регресійно-когнітивні моделі	32

2.4.2 Інтегрована модель авторегресії ARIMA.....	36
2.4.3 Авторегресійна модель.....	37
2.4.4 Метод регресійного аналізу Lasso.....	38
3 РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТРЕС-СЦЕНАРІЇВ.....	41
3.1 Завантаження та початкова обробка історичних даних.....	41
3.2 Знаходження попарних кореляцій завантажених змінних	43
3.3 Нормалізація історичних даних.....	45
3.4 Регресійний аналіз	46
3.5 Сценарний аналіз	48
3.6 Перевірка актуальності результатів.....	49
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	50
4.1 Технологічний аудит розробленої математичної моделі сценарногострес-тестування інвестиційного портфелю.....	50
4.2 Розрахунок витрат на виконання роботи.....	57
4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації розробки.....	61
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ.....	76
Додаток А (обов'язковий) - Технічне завдання.....	77
Додаток Б (обов'язковий) - Графічна частина.....	81
Додаток В (обов'язковий) – Акт впровадження.....	88
Додаток Г - Вихідний код функції для виконання регресійного аналізу	89

ВСТУП

Актуальність. В умовах активного розвитку світової економіки та фінансових ринків, автоматизація процесу прийняття рішень щодо формування інвестиційного портфелю набуває все більшої актуальності. Як показує світова практика, дестабілізація фінансових ринків має негативний вплив на економіку та спричиняє посилення макроекономічної турбулентності, що проявляється у дисбалансі процесів виробництва та споживання товарів і послуг, а також ціновій нестабільності [1].

В умовах загострення кризових явищ, набуває актуальності вдосконалення інструментів оцінки ризиків на макро- і мікрорівні. Ефективним інструментом оцінки фінансової стійкості фінансових установ є сценарне стрес-тестування, яке дозволяє оцінити стійкість портфелю цінних паперів до стресових умов на фінансових ринках, а також знайти найбільш оптимальні способи для зменшення ризиків та розмірів можливих фінансових втрат [2].

Мета макроекономічного аналізу не обмежується лише абстрактним відображенням реальних процесів та явищ на економічних ринках, оскільки його призначення полягає і впошуку закономірностей, їх розвитку і формування на основі макроекономічного моделювання. Саме з використанням макроекономічного моделювання можна проаналізувати та отримати повне уявлення про сутність певних макроекономічних явищ, отримати прогноз їх розвитку, оцінити можливий вплив на інші явища і події, а також обґрунтувати рекомендації для макроекономічної політики підприємства, з їх нейтралізації або прискореного розвитку.

На теперішній час новим та перспективним напрямком проведення сценарного аналізу на фінансових ринках є розробка узагальненого підходу для проведення моделювання з використанням апарату регресійного аналізу. Можна виділити наступні переваги використання узагальненого підходу до моделювання: при великих об'ємах інформації, система з чіткою логікою

виконує задачі швидше, дозволяє змоделювати велику кількість сценаріїв і надає можливість, користувачеві проаналізувати всі можливі ризики та стресові явища з урахуванням можливих похибок різних методів математичного моделювання. Враховуючи актуальність використання узагальненого підходу до процесу моделювання в контексті даної досліджуваної роботи є практична необхідність однозначного та чіткого опису всіх кроків виконання сценарного стрес-тестування та вхідних даних, що підвищить ефективність розробленого підходу [3].

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності прогнозування портфелю цінних паперів, шляхом ідентифікації впливу різних макроекономічних факторів, яке проводиться на основі застосування цифрової фільтрації, використання апарату регресійного аналізу, а також, автоматизації оцінювання отриманих результатів.

Об'єкт дослідження - процес прогнозування стану портфелю та цінних паперів з використанням сценарного аналізу та моделювання впливу макроекономічних факторів.

Предмет дослідження – математичні моделі та підходи для прогнозування стану портфелю цінних паперів в умовах впливу макроекономічних факторів.

Методи дослідження - метод статистичної обробки даних, методи прикладної математики, методи збору та фільтрації цифрових даних, метод макроекономічного моделювання.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- аналіз застосування технологій автоматичного збору та фільтрації історичних даних для подальшого використання в прогнозуванні;
- огляд та аналіз існуючих систем для проведення сценарного аналізу на фінансових ринках за допомогою макроекономічного моделювання;

- розробка математичної моделі прийняття управлінських рішень з використанням апарату регресійного аналізу та моделювання впливу макроекономічних факторів;

- розробка моделі для перевірки отриманих результатів прогнозування та визначення похибок методів аналізу.

- перевірка розроблених моделей та підходів на основі використання історичних даних із визначенням найбільш точної моделі для реалізації чисельних методів розрахунку параметрів регресії.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- запропоновано новий підхід до проведення сценарного стрес-тестування, який на відміну від існуючих має стандартизовану послідовність дій, що дозволяє стандартизувати процес проведення сценарного аналізу та підвищити точність результатів моделювання, завдяки використанню алгоритму прийняття рішень на основі похибок результатів отриманих з різних моделей авторегресії, окремо для кожної з макроекономічних змінних;

- розроблена математична модель системи прийняття рішення на основі виходу регресійних моделей, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати похибки що виникають на етапі прогнозування, та обирати найбільш ефективні методи моделювання.

Практичне значення одержаних результатів. Дослідження виконані у даній роботі, дозволяють розробити автоматизовану систему для проведення сценарного стрес-тестування зі знаходженням найбільш ефективної математичної моделі для кожної із вхідних змінних. З практичної точки зору, розроблена система дозволить підвищити якість сценарного аналізу з використанням макроекономічного моделювання та автоматизувати всі процеси збору даних для пришвидшення процесу моделювання та уникнення помилок спричинених людським фактором.

Апробація результатів роботи. Результати роботи були розглянуті на XLVII науково-технічній конференції Вінницького національного технічного

університету та на III міжнародній конференції з інновацій та моделей розвитку технічних та природничих наук у 2018 році[1].

Отримані результати впроваджені та прийняті для використання в виробничих процесах на ТОВ «Кварк Консалтинг» (додаток В).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 1 наукову статтю[2].

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Основні поняття сценарного стрес-тестування

Стрес-тестування - це техніка комп'ютерного моделювання, яка використовується для перевірки стійкості установ та інвестиційних портфельів проти можливих майбутніх фінансових ситуацій. Стрес-тестування зазвичай використовується фінансовою галуззю для оцінки інвестиційного ризику та достатності активів, а також для оцінки внутрішніх процесів та контролю. В останні роки регулятори також вимагають від фінансових установ проводити стрес-тести, щоб забезпечити адекватність їх капітальних та інших активів[4].

1.1.1 Стрес-тестування для управління ризиками

Компанії, що управляють активами та інвестиціями, зазвичай використовують стрес-тестування для визначення ризику портфеля, а потім встановлюють стратегії хеджування, необхідні для зменшення можливих втрат. Зокрема, менеджери використовують власні внутрішні програми стрес-тестування, щоб оцінити, які ризики, з якою ймовірністю можуть спричинити певні ринкові події для активів якими вони керують [5].

Стрес-тести, що відповідають активам, також широко застосовуються компаніями, які хочуть забезпечити належний внутрішній контроль та процедури. Портфелі виходу на пенсію та страхування також часто перевіряються на стрес, щоб забезпечити чітке узгодження грошового потоку, рівня виплат та інших заходів [6].

1.1.2 Регуляторне стрес-тестування

Після фінансової кризи 2008 року регуляторна звітність для фінансової галузі - спеціально для банків - була значно розширена з більш широким фокусом на стрес-тестуванні та достатності капіталу, головним чином завдяки закону Додда-Франка.

Починаючи з 2011 року, нові нормативні акти в США вимагали подання банківською галуззю документації з комплексного аналізу та огляду капіталу (CCAR). Ці норми вимагають від банків звітувати про свої внутрішні процедури управління капіталом та проводити різні сценарії стрес-тестів [7].

На додаток до звіту про CCAR, у США вважають занадто великими як правило, ті банки, що мають активи більше ніж 50 мільярдів доларів – вони повинні подавати звітність про стрес-тести щодо планування сценарію банкрутства.

В даний час BASEL III діє і для світових банків. Це міжнародне регулювання, як і вимоги США, вимагає документації щодо рівня капіталу банків та проведення стрес-тестів для різних сценаріїв кризи [8].

1.1.3 Види стрес тестування

Тест на стрес передбачає запуск моделювання для виявлення прихованих ризиків компанії або фінансової установи. У літературі про бізнес-стратегію та корпоративне управління визначено кілька підходів до цих вправ. Серед найбільш популярних - стилізовані сценарії, гіпотетичні та історичні сценарії.

В історичному сценарії, бізнес - або клас активів, портфель або окремі інвестиції - ведуться за допомогою моделювання, яке ґрунтується на попередній кризі. Прикладами історичних криз є крах фондового ринку в жовтні 1987р. ,

Азіатська криза 1997р. Та технологічна криза, що вибухнула у 1999-2000 роках [9].

Гіпотетичний стрес-тест, як правило, більш конкретний, часто фокусується на тому, як певна компанія може пережити певну кризу. Наприклад, фірма в Каліфорнії може зробити стрес-тест на гіпотетичний землетрус, або нафтова компанія може зробити тест про спалах війни на Близькому Сході[10].

Стилізовані сценарії є трохи більш науковими в тому сенсі, що лише одна або кілька тестових змінних коригуються одразу. Наприклад, стрес-тест може призвести до того, що індекс Доу-Джонса втратить 10% своєї вартості за тиждень.

Щодо методики проведення стрес-тестів, то моделювання методом Монте-Карло - одне з найбільш широко відомих. Цей тип стрес-тестування може бути використаний для моделювання ймовірностей різних результатів з урахуванням конкретних змінних. Фактори, що розглядаються в моделюванні Монте-Карло, наприклад, часто включають різні економічні змінні [11].

1.2 Інтеграція макроекономічних сценаріїв в стрес-тестування

Інтеграція альтернативних сценаріїв у процес стрес-тестування залишається одним з найскладніших процесів для фінансових установ. Існуючі принципи інтеграції, значною мірою покладаються на ручну роботу з електронними таблицями, що в свою чергу призводить до зменшення ефективності процесу моделювання[12].

Перший принцип стосується здатності визначати та розуміти, форму та характер будь-якого заданого сценарію. Це стосується практичних питань, таких як: що спричиняє потрясіння за певним сценарієм? як ми будемо керувати відображенням даного припущення на макроекономічних змінних?

Другий принцип стосується перехресної послідовності прогнозів та відповідає на запитання: як ми можемо забезпечити відповідність форм усіх змінних, які застосовуються в процесі моделювання? [13].

Третій принцип стосується ймовірності будь-якого даного сценарію. Адже багато структур стрес-тестування зосереджені на порогах ймовірності, які необхідно розраховувати в певний конкретний проміжок часу [14].

1.2.1 Перший принцип: визначення сценарію

Першим важливим складовим елементом сценарного стрес-тесту, є його здатність точно та вичерпно визначати умови сценарію [15]. Обсяг наданих припущень має властивість змінюватися під впливом ключових економічних факторів. Практичним завданням для аналітика є зіставлення заданих припущень в набір економічних змінних, які будуть використані на більш пізньому етапі в процесі стрес-тестування.

Критична відправна точка може бути досягнута, після розділу процесу моделювання на два етапи:

- застосування припущень до макроекономічних змінних;
- використання списку шоківих подій до набору параметрів, які будуть використанні в процесі моделювання.

Процес тестування починається з набору припущень, згрупованих у вектор x . Наступний крок полягає в переведенні цих подій у групу "основних" макроекономічних змінних, зібраних у векторію. За допомогою інформації з пари (x, y) ми заповнюємо значення для списку параметрів, згрупованих у вектор супутникових моделей: $z = (z_1, z_2, \dots, z_S)$. Кінцевий результат фази сценарію підсумовується у триплеті (x, y, z) . Цей комбінований вектор є вихідною точкою для моделювання параметрів кредитного, ринкового, ліквідного та операційного ризику [16].

Процес стрес-тестування починається з набору припущень, згрупованих у векторі змінних x . Типова економічна модель містить в собі зв'язки між:

- а) залежними змінними сценарію;
- б) іншими макроекономічними змінними y ;
- в) випадковими змінними або потрясіннями ε .

Цільовими змінними для розрахунку, є ті змінні, які містяться в векторі змінних y . Вони пов'язані з припущеннями, вбудованими в загальну систему рівнянь. Ми представляємо цю систему як зображення $F: R^N * R^T \rightarrow R^M$ так, що $F(x, \varepsilon, y) = 0$. При фіксованому значенні для вектора припущень x , аналітик отримує проєкції для решти економічних змінних та потенційних шляхів для залишків, згрупованих в ε . В процесі моделювання аналітик може стикатися з ризиком множинності; тобто наявністю кількох розв'язків для (ε, y) , які відповідають вектору x [17].

Привівши описану вище залежність до використання часових рядів, отримаємо залежність:

$$(x_t, y_t) = f(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-L}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-L}, \varepsilon_t). \quad (1.1)$$

Ця система висвітлює ключову проблему для вирішення основних моделей: набір змінних x_t не можливо винести з лівої частини рівняння. Іншими словами, система визначає взаємозв'язок між x і y неявно - через загальну неявну функцію $F(x, \varepsilon, y) = 0$ - і не обов'язково, дотримуючись явної функціональної форми. Проблема множинності, присутня вже на даному етапі її дуже важко (іноколи неможливо) - подолати на практиці [18].

Завершення першої частини процесу моделювання надає аналітику повний набір макропроєкцій для всіх основних змінних, згрупованих у пари (x, y) . Ці вектори будуть використовуватися як драйвери для декількох супутникових моделей.

Після завершення обчислення всіх макроекономічних змінних, наступним кроком є запуск супутникових моделей для розширення прогнозів до більшого набору економічних та фінансових змінних [19]. Наприклад, для деяких портфелів знадобляться сотні "оцінок параметрів", щоб виконати стрес-тест. З математичної точки зору, ключовим відмінністю цих супутникових рівнянь від основної моделі є те, що супутникові змінні виводяться з припущень основних змінних. На рисунку 1.1 показані фази робочого процесу сценарію.

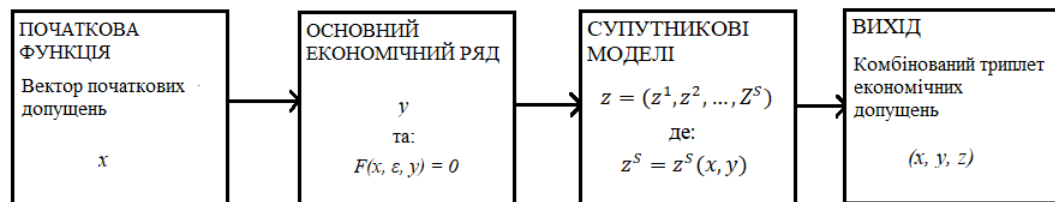


Рисунок 1.1 – Фази робочого процесу сценарію

У формальному плані розглянемо групу моделей супутників S , позначених $S \in \{1, 2, 3, \dots, S\}$ (рисунок 1.2). Кожне з цих рівнянь таке, що змінні $Z^S \in R^{P^S}$, можна отримати у вигляді явного відображення основних економічних змінних: $Z^S = g^S(x, y)$. [20].

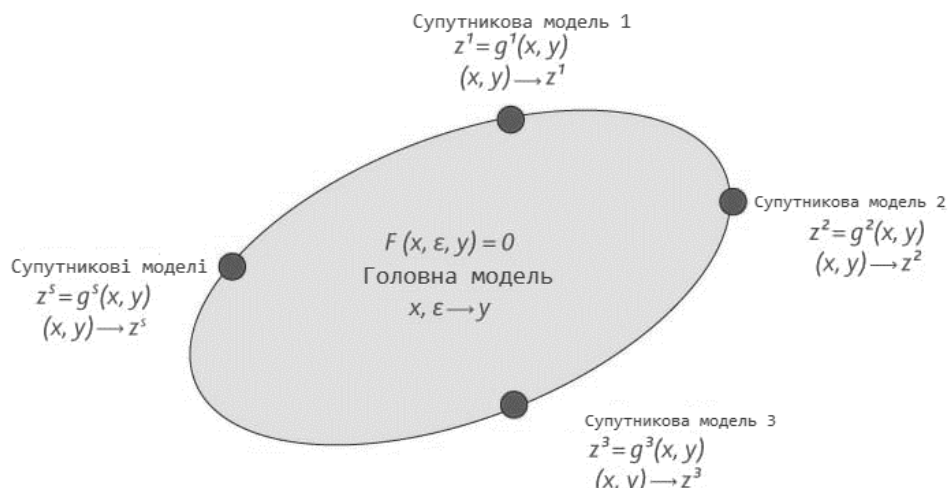


Рисунок 1.2 – Макроекономічна модель та супутникові рівняння

Для ілюстрації концепції супутникових моделей попередній приклад часового ряду поширювався на поведінку Z_t^S з відставаннями (x, y, z) та залишковим членом, μ_t^S , як потенційні пояснювальні змінні:

$$Z_t^S = f(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-L}, y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-L}, z_t^S, z_{t-1}^S, z_{t-2}^S, \dots, z_{t-T^2}^S, \mu_t^S) \quad (1.2)$$

З Z_t^S як єдиної змінної на лівій частині рівняння, відношення є односпрямованим: від (x, y) до z . Ця проста супутникова модель часового ряду не дає ніякої взаємодії з іншими супутниковими змінними, а також будь-якого зворотного зв'язку між Z_t^S та економічними припущеннями в (x, y) [21].

Кінцевий вихід цих двох фаз можна підсумувати в триплеті:

$$(x, y, z) = (x, y, z^1, z^2, \dots, z^s) = (x, y, g^1(x, y), g^2(x, y), \dots, g^s(x, y)) \quad (1.3)$$

Ці елементи являють собою початкову точку процесу стрес-тестування, яку необхідно продовжувати з наступними етапами моделювання та аналітичного аналізу (наприклад, корегування параметрів ринкового та кредитного ризику до припущень сценарію, відображення параметрів сценарію на показники ліквідності тощо). Правильне визначення сценарію є найважливішим етапом, оскільки воно слугує необхідним складовим елементом для інтегрованої системи стрес-тестування [22].

1.2.2 Другий принцип: узгодженість макроекономічних сценаріїв

Найважливішим завданням для впровадження конкретних сценаріїв у процес стрес-тестування є забезпечення загальної узгодженості економічних

змінних, що характеризують будь-який даний сценарій. Важкість потрясінь, терміни спаду, швидкість відновлення та інші виміри повинні відповідати всім змінним для отримання послідовного сценарію. Практичне завдання - перекладене в нашу математичну програму - означає "розв'язання" системи $F(x, \varepsilon, y) = 0$, починаючи з припущень, накладених на вектор x . Термін помилки (або випадкової величини) ε служить залишковим терміном для спроби "закрити проміжок" між значеннями y і x . На практиці, якщо важко осмислити зв'язок між елементами y і x , аналітики прагнуть виділити ці "проблемні" змінні та побудувати для них конкретні супутникові рівняння. За таких обставин деякі відносини, описані в $F(x, \varepsilon, y) = 0$, більше не діють і моделюються за допомогою супутникових рівнянь [23].

Математику можна узагальнити так:

1. підмножина ендогенних змінних (або шоківі події), \bar{y} , відображається через супутникові моделі: $\bar{y} = g^s(x)$;
2. решта, скажімо, \bar{y} , вирішуються за допомогою умовної підсистеми:

$$\bar{F}(x, \varepsilon, y) = \bar{F}(x, \varepsilon, \bar{y}, \bar{y}) = \bar{F}(x, \varepsilon, g^s(x), \bar{y}) = 0. \quad (1.4)$$

Можливість виявлення, документування та виправлення невідповідностей сценарію несе вирішальний вплив на процес сценарного стрес-тестування. Адже допущені помилки можуть призвести до значного збільшення кількості обчислень на наступних етапах процесу стрес-тестування [24].

1.2.3 Третій принцип: ймовірність сценарію

Багато структур стрес-тестування побудовані на основі конкретних ймовірностей початкових шоківі подій. Багатовимірністьмакропрогнозів

робить призначення єдиної ймовірності не тривіальною задачею. Банки стикаються з великою кількістю змінних не лише в процесі моделювання сценарію, але й спостерігають їх протягом наступних моментів часу. Аналітики повинні розрахувати відображення цього багатозмінного об'єкта на ймовірність, число від 0 до 1. Математично викладено завдання перевести значення вектора $(x, y, z) \rightarrow P(x, y, z) \in [0, 1]$ [25].

Розглянемо практичний приклад, де перша змінна на векторі вихідних економічних припущень, $x_1 t$, являє собою безробіття в момент t . Найпростіша імовірнісна метрика побудована шляхом ранжування моделювання відповідно до їх прогнозованого пікового рівня безробіття [26]. Іншими словами, порівнюючи прогнозований піковий показник із загальним розподілом рівня безробіття, що спостерігався в історії, з використанням будь-якого методу моделювання. Цей ефект зводить вимір проблеми до єдиного числа: позиціонування модельованого пікового рівня безробіття щодо його загального розподілу. Проблема такої спрощеної імовірнісної метрики полягає в тому, що вона пропускає потенційну тривалість кризи та ігнорує інші економічні сектори за межами умов ринку праці. Більш надійний механізм ймовірності / оцінювання поєднає альтернативні розміри суворості в загальний бал, проілюстровано розширенням прикладу рівня безробіття з альтернативними навантаженнями балів, такими як:

- кількість періодів зі зростаючим рівнем безробіття;
- кількість періодів зі рівнем безробіття вище середньострокового;
- прогнозований пік рівня рівень безробіття;
- кількість періодів із рівнем безробіття в межах 25% вибірки.

В кінцевому рахунку ці навантаження (коефіцієнти) присвоюються певними вагам [27]. Загальний бал можна обчислити як комбінацію граничних балів. Для виконання останнього кроку бали відображаються у ймовірності. Це правило допомагає

аналітикам розрахувати ймовірності до кожного економічного сценарію, який пропонується.

Інтеграція альтернативних сценаріїв у рамки стрес-тестування залишається основною проблемою для більшості фінансових установ. Існує три принципи, які допомагають проілюструвати, як розробити інтегровану систему стрес-тестування, але не слід розглядати їх як автоматичну гарантію правильності роботи системи. Банкам необхідно постійно аналізувати всі три принципи, щоб правильно інтегрувати свої вхідні дані в сценарій [28].

1.3 Огляд сучасних аналогів

На сьогоднішній день існує велика кількість програмних продуктів, які виконують сценарне стрес-тестування. Стисло порівняльну характеристику аналогів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Стислі характеристики існуючих систем

Параметр	Аналоги розробки			Розроблюваний продукт
	IBM Predictive-Market-Stress-Testing	CheckRisk	BlackRock	
1	2	3	4	5
Ліцензія	Безкоштовна	Комерційна	Комерційна	Комерційна
Кросплатформенність	+	-	+	+
Вибір методу проведення аналізу	-	-	-	+
Інтерфейс незалежний від інших програмних продуктів	+	+	+	+
Порівняльна характеристика отриманих результатів	-	-	-	+
Автоматичний збір даних для проведення аналізу	-	+	+	+

1.3.1 Короткий опис аналогів

IBMPredictive-Market-Stress-Testing – система для автоматизації стрес-тестування фінансових портфелів. Даний продукт використовує служби IBMcloud для запуску веб-додатка, який проводить стрес-тестування, в результаті роботи додатка, користувач отримує csv файл з розрахованими факторами ризику та розмірами можливих втрат [3].

CheckRisk – система для проведення стрес-тестування з використанням сценаріїв, на основі існуючих історичних даних різних варіантів розвитку подій. Використовує байєсівські мережі для моделювання макроекономічних факторів та формування можливих факторів ризику.

BlackRock - система для автоматизації процесу стрес-тестування, яка дозволяє виявляти більше 30 можливих факторів ризику та надає користувачеві доступ до історичних даних основних макроекономічних показників.

1.3.2 Обґрунтування актуальності аналогу

З поданої вище таблиці 1.1 можна зробити певні висновки по кожному програмному продукту, зазначеному в ньому.

IBMPredictive-Market-Stress-Testing – має хороші характеристики, основними перевагами даного продукту є те, що рішення для проведення аналізу влаштовані як веб-додаток, який розміщується на зовнішніх розподілених серверах та дозволяє проводити масштабні розрахунки без необхідності використання фізичних ресурсів комп'ютера користувача. Основними недоліками даної системи є: залежність від сервісу IBMCloud, необхідність ручного збору та завантаження вхідних даних для проведення сценарного аналізу [29].

CheckRisk – комплексне рішення, яке надає користувачеві можливість проведення сценарного стрес-тестування без необхідності збору та обробки вхідних даних. Основними недоліками даної системи є відсутність можливості управління процесом проведення стрес-тестування, дана система є повністю закритою, та дає користувачеві доступ тільки до результатів моделювання.

BlackRock – дана система пропонує користувачеві стандартний набір факторів ризику, та не надає можливостей гнучкого налаштування системи для кожного конкретного випадку.

У всіх розглянутих аналогах програмних продуктів відсутні методи для визначення похибок отриманих результатів та можливості керування методами аналізу.

У новій розробці використовується алгоритм оцінки отриманих результатів прогнозування різними методами реалізації чисельної регресії, що дозволяє застосувати до кожної змінної оптимальний метод аналізу відповідно до показників похибок отриманих під час прогнозування вже існуючих історичних показників. Окрім того використання клієнт-серверного підходу та розподілених хмарних сервісів для проведення розрахунків, дозволяє користувачеві мати доступ до системи з будь-якого пристрою, та виключає необхідність великої кількості обчислювальних ресурсів для проведення сценарного прогнозування незалежно від кількості вхідних даних.

Отже, нова розробка має кращі характеристики в порівнянні з її аналогами, а саме автоматичний збір та фільтрація вхідних даних, вибір горизонту стрес-тестування, різноманітні засоби візуалізації результатів, оцінка похибок моделювання на основі історичних даних..

1.3.3 Основна задача, що вирішується в роботі

Основною задачею даної роботи є підвищення ефективності прогнозування портфелю цінних паперів, шляхом ідентифікації впливу різних макроекономічних факторів, детальний аналіз методів чисельної реалізації регресійного аналізу, на базі яких буде створено програмний продукт, який має переваги над існуючими системами, та дозволяє покращити якість результатів, що отримуються.

1.3.4 Висновки до розділу

В даному розділі було проведено аналіз стану проблеми, оглянуто літературні джерела, та виокремлено суть технічної проблеми, що виникла і доведено доцільність розробки нового узагальненого підходу до автоматизації проведення сценарного стрес-тестування, а також алгоритмічного та програмного забезпечення продукту. Проведено детальний аналіз існуючих програмних продуктів. представлені основні недоліки сучасних систем та шляхи їх вирішення, які дозволяють підвищити ефективність прогнозування портфелів цінних паперів, шляхом ідентифікації впливу різних макроекономічних факторів.

2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СЦЕНАРНОГО АНАЛІЗУ

2.1 Стрес-тестування та сценарний аналіз

Стрес-тестування – це процесомп'ютерного моделювання, призначений для визначення здатності даної фінансової установи, протистояти кризовим явищам. Фінансові компанії або їх регулятори (наприклад Центральний Банк) окрім прогнозування на основі кращої оцінки, повинні проводити стрес-тестування, для перевірки, надійності певного фінансового інструменту під час певних кризових явищ – за певного розвитку макроекономічних чинників. Сценарії можуть мати такий вигляд:

- а) “Що станеться, якщо рівень безробіття зросте до $v\%$ у певний рік?”;
- б) “Що станеться, якщо фондові ринки знизяться більш ніж на $y\%$ цього року?”;
- в) “Що станеться, якщо фондові ринки зростуть більш ніж на $x\%$ цього року?”.

Цей тип аналізу набув дедалі більшого поширення і був прийнятий різними урядовими органами, такими як PRA у Великій Британії, або міждержавними органами, такими як Європейський банківський орган та Міжнародним валютним фондом, як нормативний порядок розподілу капіталу для покриття потенційних збитків, понесених під час екстремальних, але правдоподібних подій [30].

За допомогою стрес-тестування, фінансові установи та їх регулятори мають можливість провести оцінку своїх можливостей в протистоянні кризовим явищам та оцінити розміри можливих збитків, або отримати точну інформацію про необхідність застосування інструментів хеджування. Стрес-тестування зазвичай використовується для підготовки до структурних змін галузі, великих політичних, макроекономічних, технологічних,

екологічних трендів і ризиків, а також ситуацій, пов'язаних з різними стратегіями конкурентів [31].

Методи та інструменти моделювання та прогнозування мають надзвичайно різноманітний характер. Зазвичай вони побудовані на сучасних математичних методах, реалізуються за допомогою програмних засобів та входять до сучасних КІС, як аналітичні підсистеми. На рисунку 2.1 показаний циклічний процес імітаційного моделювання [32].



Рисунок 2.1 – Схема циклічного процесу імітаційного моделювання

Етапами імітаційного моделювання та прогнозування є: формулювання проблеми і визначення цілей імітаційного дослідження; розробка концептуального опису; формалізація імітаційної моделі; програмна реалізація імітаційної моделі; збір та аналіз вихідних даних; тестування і дослідження моделі, перевірка моделі на реальних ситуаціях; планування та проведення імітаційного експерименту; розробка сценарних прогнозів [33].

Імітаційне моделювання здійснюється, як було зазначено вище, при розробці стратегії розвитку в переломних ситуаціях, у разі оцінки необхідності проведення реінжинірингу. У повсякденній діяльності використовуються засоби оперативного моделювання, до яких відносяться методи дисперсійного, кореляційного, кластерного і багатофакторного

аналізу, реалізовані в технології оперативного аналізу багатовимірних даних [34].

2.2 Методи стрес-тестування з використанням макроекономічного моделювання

При стратегічному управлінні інвестиційною установою найбільш широко застосовуються при розробках сценаріїв розвитку подій, та займають проміжне положення між методами моделювання та експертними методами. П. Шварц, один із найкращих фахівців з сценарного аналізу розвитку окремих фінансових установ, визначав сценарії, як «інструмент упорядкування власного розуміння про альтернативні стратегії розвитку зовнішнього середовища, при якому доведеться приймати рішення щодо розвитку інвестиційного портфелю цінних паперів» [35].

Метод побудови сценарію — один із методів прогнозування, що ґрунтується на визначеності послідовності станів об'єкта прогнозування за різних варіантів зміни макроекономічного середовища, в якому перебуває об'єкт дослідження [36].

Процес підготовки сценарію складається з розглянутих далі етапів.

1) Аналіз та формування уявлення про всю систему, включаючи її стратегії, цілі, ресурси, рішення, що приймалися та приймаються, та всі інші елементи системи, для якої складається сценарій, з врахуванням їх взаємозв'язку та взаємозалежності. Таке уявлення дає змогу виокремити систему та її найважливіші підсистеми в масштабах часу, простору, інтересів угруповань, які стосуються функціонування системи. Також важливо визначити закони, закономірності, правила та обмеження функціонування системи, що є об'єктом досліджень [37].

2) Точне визначення часової точки, з якої починає розроблятися сценарій. Цей етап передбачає оцінювання та вибір початкової границі для системи, сценарій розвитку якої буде складатися.

3) Аналіз системи, її базових посилань і критеріїв. Базові посилання та критерії включаються до сценаріїв (наприклад, оцінки соціальних, технологічних, економічних, юридичних та політичних процесів, а також факторів, які на них впливають).

4) Визначення цілей розробки кожного сценарію і можливостей його використання конкретними компаніями в певних умовах [38].

5) Вибір типу сценарію, включаючи методологію розробки.

6) Збирання представницьких вибірок необхідної інформації для визначення стратегічних проблем, що визначаються[39].

7) Точне визначення макроекономічних змінних які мають вплив на систему, що досліджується. Це може охоплювати причинно-наслідкові зв'язки подій та рішень, які приймаються в тій чи іншій системі для проведення стратегічних змін. Для фінансової установи основним підходом є механізм балансування вимог зовнішнього макроекономічного середовища та можливостей портфелю цінних паперів, пошук шляхів і напрямків балансування, визначення факторів, які впливають на зміни в системі, та механізмів їхнього впливу під час обрання того чи іншого шляху змін, можливі реакції системи на порушення балансу і дії щодо запобігання такій ситуації [40].

8) Розробка сценарію чи сценаріїв, зокрема й альтернативних.

Розглянемо деякі з методів розробки сценаріїв [41].

- Метод посилань. У цьому методі використовується застосування передумов, на базі яких розраховуються висновки про можливості розвитку інвестиційного портфелю. На противагу їм «екстремальні» посилання містять увесь набір ризикових подій та явищ. Головним недоліком даного підходу є те, що планове зменшення впливу негативних подій, яке потім відображується в стратегічних планах і програмах, призводить до надвитрат.

- Метод системи діаграм. Цей метод був запропонований Р. Акоффом (1974р.) як один з варіантів визначення та формулювання стратегій розвитку інвестиційних портфелів.

При використанні даного підходу, застосовують систему діаграм, які дають змогу аналітикам описати стратегії розвитку організацій та сценарії розвитку кожної з підсистем, що впливають на структуру стратегій [42].

- Метод критичних полів (the critical site method) - базується на вивченні системної структури прийняття рішень. Розробки сценаріїв визначаються ключові точки прийняття рішень, які допомагають реструктурувати систему.

- Метод «логіки можливого розвитку». Даний метод часто використовується як додатковий, до інших методів формування сценаріїв. Згідно з ним аналітик генерує різні альтернативи сценарію, базуючись на визначенні загальних факторів розвитку процесу або явища.

На даний час цей метод отримав конкретизацію в розробках окремих авторів, які спромоглися зробити його самостійним [43].

- Матриця перехресного впливу подій. Доволі часто виникає ситуація, щов сценарії потрібно передбачити розвиток взаємозалежних, але суперечливих подій. Зв'язки між цими подіями доцільно аналізувати в матричній формі, залучаючи експертні оцінки, які відображатимуть оцінку подальшого розвитку подій на певному проміжку часу [44].

Використання даного методу передбачає проходження таких етапів:

а) Визначення списку найважливіших критичних подій, які здатні вплинути на розвиток відповідної макроекономічної змінної.

б) Оцінка ймовірностей виконання кожної з заданих подій (вони визначаються як прості або вихідні імовірності): $P(P1) - P0(Pn)$

в) Побудова матриці перехресного впливу розмірами $N \times N$, де N — кількість факторів ризику обраних для аналізу. Матриця перехресного впливу визначає взаємовплив обраних подій.

- «Метод Байєса» для складання сценаріїв. Порівняно з «матрицею перехресного впливу подій», цей метод використовується для визначення альтернативних ризиків та дозволяє орієнтувати експертів на їх максимально реалістичну оцінку [45].

2.3 Аналіз метода Монте-Карло при моделюванні ризиків

Метод імітаційного моделювання Монте-Карло (Monte-Carlo Simulation) являє собою синтез методів аналізу чутливості та аналізу сценаріїв на базі теорії ймовірності. Це складна методика, яка має лише комп'ютерну реалізацію.

При застосуванні методу Монте-Карло необхідно:

- визначити залежні та роз'яснювальні змінні інвестиційного портфелю;
- знайти всі можливі значення для відібраних залежних змінних;
- розрахувати ймовірність кожного зі знайдених значень;
- побудувати модель, яка характеризує взаємозв'язок між основними змінними параметрами портфелю, похибками в їх оцінках та показником ефективності. При проведенні процесу моделювання слід уникати взаємозалежних змінних (в даному випадку в процес моделювання не потрібно включати змінні з високими значеннями попарної кореляції)[46].

При використанні даного методу комп'ютер випадково вибирає значення для кожної із всіх змінних, опираючись на теорію ймовірності, та обчислює множину можливих значень *NPV* проекту. Після багатьох ітерацій циклу розрахунків визначається значення з найбільшою ймовірністю та розподіл всіх її можливих значень зі вказівкою ймовірності їх настання. Саме ця умова дозволяє оцінювати ризики, зумовлені способом реалізації даного інвестиційного проекту за допомогою апарату статистичної оцінки варіації [47].

Аналіз інвестиційних ризиків методом Монте-Карло передбачає вивчення змодельованих графіків ризику, та демонструє ймовірність кожного з можливих варіантів розвитку подій [48].

Для оцінки інвестиційних ризиків схожих інвестиційних проектів, зазвичай, використовують кумулятивний профіль ризику, при якому ризик інвестиційного проекту описується за допомогою розміщення та

нахилу відповідної кривої. При цьому фінансовий аналітик повинен орієнтуватися на такі правила прийняття рішень:

- якщо кумулятивні профілі ризику двох альтернативних проектів не перетинаються в жодній точці, то необхідно обирати той проект, профіль ризику в якого розташований праворуч;

- за умови, що кумулятивні профілі ризику двох інвестиційних проектів перетинаються, то рішення щодо інвестиції залежить лише схильності інвестора до ризику [49].



Рисунок 2.2 – Кумулятивні профілі ризику альтернативних проектів

На рисунку 2.2 проекти А та Б, мають кумулятивні профілі ризику які розташовані праворуч від профілю ризику проекту В та мають вищу інвестиційну привабливість у порівнянні з проектом В [50].

Вибір інвестора між цими проектами від його схильності до ризику. Більш схильний до ризику інвестор, обере проект А, тому, що він забезпечує більшу поточну вартість чистого доходу. Обережний інвестор обере проект Б, в якому кумулятивна ймовірність ризику є нижчою ніж в проекті А [51].

Окрім цього, кумулятивний профіль ризику проекту В перетинається віссю ординат, тобто при певних сценаріях розвитку подій він може стати збитковим. Оцінка інвестиційної привабливості даного проекту також залежить від схильності інвестора до ризику. Чим вищою є схильність інвестора до ризику, тим більшим може бути припустиме для нього

наближення точки перетину кумулятивного профілю ризику з віссю ординат до максимальної величини кумулятивної ймовірності [52].

Проекти, профіль ризику яких розташовується повністю ліворуч від вісі абсцис, є збитковими при всіх сценаріях розвитку інвестиційного процесу.

2.4 Регресійний аналіз

Регресійний аналіз — це розділ математичної статистики, який присвячений методам аналізу залежностей між змінними. На відміну від кореляційного аналізу, регресійний — не з'ясовує істотність зв'язків між змінними, а займається пошуком моделі даного зв'язку [53].

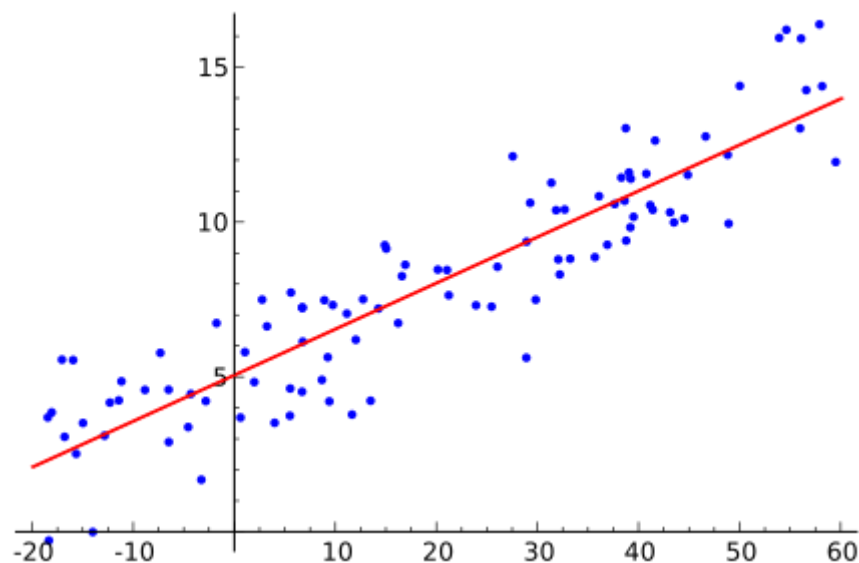


Рисунок 2.3 – Точки випадкових даних та їх лінійна регресія

На рисунку 2.3 показано випадково ряд згенерованих точок, та результат проведення лінійної регресії над ними.

Регресійний аналіз використовується за умови, що відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у вигляді деякої комбінації цих

змінних. Отримана комбінація параметрів використовується для прогнозування значень, які може приймати цільова макроекономічна змінна, яка обчислюється в заданому наборі значень вхідних змінних. У найпростішому випадку прогнозування використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія. Проте, переважна більшість реальних моделей змінних не вкладаються в рамки лінійної регресії. Наприклад, ринкові ціни чи кількість продажів дуже складно передбачити, адже вони можуть залежати від комплексу взаємозв'язків багатьох змінних. В таких випадках, необхідно застосовувати комплексні методи для передбачення даних змінних[54].

2.4.1 Регресійно-когнітивні моделі

На основі аналізу динаміки зміни макроекономічних показників, виявлення їх зв'язків з іншими показниками, сформульована задача прогнозування розвитку регіону в відповідності з регіональними аспектами системи національних рахунків. Для цього був використаний когнітивний підхід, який заснований на формалізації уявлень експерта про проблемну ситуацію. Для визначення когнітивних зв'язків між показниками макроекономічної системи необхідно застосовувати апарати регресивного аналізу, множинної регресії, авторегресії та узагальнення їх на багатовимірний випадок [55].

Будь-який аспект діяльності інвестора цінних паперів характеризується індивідуальною сукупністю взаємопов'язаних факторів, при цьому інтегральні макроекономічні показники повинні будуватися з урахуванням всіх міжфакторних взаємозв'язків. У зв'язку з цим, концепція когнітивних орграфів представляється найбільш адекватною для формалізації задач прогнозу систем макроекономічних показників, а також формування та оптимізації структури таких показників. Прогнозування тенденцій розвитку

макроекономічних показників на основі методології когнітивного моделювання включає: методологію структуризації прогнозу; методи аналізу прогнозу; модель представлення знань у вигляді орграфу когнітивної карти (F, W) , де F - множина макроекономічних показників, W - безліч причинно-наслідкових відносин між показниками [56].

У регіональній моделі вершинами графа є макроекономічні показники. Дуги представляють адитивні відносини з ваговими коефіцієнтами. Кожен коефіцієнт визначає внесок за відповідний показник в загальну суму (що розраховується показник). Підставою для побудови когнітивної карти в цьому випадку служить припущення про те, що розглянуті вихідні показники взаємопов'язані між собою. При цьому характер таких зв'язків найчастіше невідомий і може реалізовуватися в графі через безліч вершин-посередників, виявлення яких у загальному випадку нетривіально [57].

Для формування когнітивного графа проведена реконструкція взаємозв'язків між макроекономічними показниками. Як інструмент вирішення таких завдань використано апарат множинної лінійної регресії, який дозволяє отримати єдину формулу для передбачення одного показника Y (часового ряду) за значеннями інших показників X_1, \dots, X_k :

$$y_t = a_0 + a_1 x_{t1} + a_2 x_{t2} + \dots + a_k x_{tk} + \varepsilon_t; t = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

де x_{ti} – значення регресора X_i в спостереженні t , $i = 1, \dots, n$;

a_0, \dots, a_k – коефіцієнти множинної регресії (параметри регресії);

ε_t – випадкові члени, що характеризують вплив випадкових похибок [58].

Параметри a_0, \dots, a_k знаходяться шляхом вибору для прогнозних значень \hat{Y} вектора оцінок β , що мінімізує суму квадратів залишків (відхилень окремих значень від передбачених по регресії):

$$e = Y - \hat{Y} = Y - X\beta, ESS = \sum e_t^2 \rightarrow \min(2.2)$$

Слід зазначити, що запропонована модель є статичною, тобто значення a_0, \dots, a_k впливають настільки в момент часу t . Однак для прогнозування даних, одержуваних послідовно в часі, важливо встановити динамічні залежності. Однією із загальних моделей прогнозування динамічних рядів є модель авторегресії (порядку p). Відповідно до цієї моделі, кожне спостереження є сума випадкового компонента ε і лінійної комбінації попередніх спостережень:

$$y_t = a_0 + a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \dots + a_p x_{t-p} + \varepsilon \quad (2.3)$$

Узагальненням моделей (1) і (3) на багатовимірний випадок є векторна авторегресія [60]. Для кожного набору показників з розбивкою на до галузей (видів економічної діяльності) задається вектор Y , з часових рядів: $y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}$. Для моделі векторної авторегресії порядку p зв'язок між цими рядами набуде вигляду:

$$Y_t = a + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (2.4)$$

де $a = (a_1, a_2, \dots, a_k)^T$ – вектор констант;

$\varepsilon = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{kt})^T$ – випадковий вектор, компоненти якого не корельовані по часу і не корельовані зі значеннями змінних $y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}$;

$A_q = (a_{1q}, a_{2q}, \dots, a_{kq})^T$ – вектор коефіцієнтів $q = 1, \dots, p$.

Основною метою регресійного аналізу є встановлення причинно-наслідкових зв'язків між розглянутими показниками, що дозволяє сформулювати адекватну когнітивну карту ситуації. У зв'язку з цим, для кожної регресійної моделі проводиться перевірка адекватності, оцінка статистичної значущості коефіцієнтів і виключення незначущих показників. Коефіцієнти

регресії визначають вклади кожної незалежної змінної в прогнозування залежної змінної [61].

За наявними статистичними даними регресивні моделі дозволяють встановити емпіричні закономірності, на основі яких здійснюється прогнозування. Однак на практиці такий підхід є досить обмеженим, так як в зв'язку з бідною статистикою макроекономічних показників база вихідних даних дуже обмежена. Тому для усунення даного недоліку в даній роботі розроблена методологія моделювання, заснована на використанні хронологічної авторегресивної моделі [62].

Модель множинної регресії будується на розширеній основі даних, отриманої за рахунок застосування допоміжної авторегресивної моделі. Для обраних галузевих показників y_0, \dots, y_k модель (4) представляється у вигляді системи лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} y_{1t} = a_{11}y_{1t-1} + a_{12}y_{2t-1} + \dots + a_{1k}y_{kt-1} + a_1 + \varepsilon_{1t}, \\ y_{kt} = a_{k1}y_{1t-1} + a_{k2}y_{2t-1} + \dots + a_{kk}y_{kt-1} + a_k + \varepsilon_{kt}, \end{cases} \quad (2.5)$$

де $a_{11}, \dots, a_{kk}, a_1, \dots, a_k$ – параметри регресії; $\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{kt}$ – залишки.

Дана модель задає когнітивну карту ситуації, таким чином, на основі історичних даних розраховані довірчі інтервали в перспективі для кожного року та визначено основні тенденції даних показників [63].

Довірчі інтервали задають діапазони можливої зміни значень показника. З плином часу точність прогнозу погіршується, тому має сенс говорити про постановку задачі прогнозування на 3-5 років. В роботі показано, що така середньострокова перспектива характеризується найбільш високою вірогідністю прогнозу [64].

2.4.2 Інтегрована модель авторегресії ARIMA

ARIMA (англ. Autoregressive integrated moving average, методологія Боксу - Дженкінса) - інтегрована модель авторегресії - змінного середнього - модель та методологія для аналізу часових рядів. ARIMA являє собою розширенням моделей ARMA для нестационарних часових рядів, які можна привести до стаціонарних взяттям різниць деякого порядку від вихідного часового ряду (так звані інтегровані або різницево-стаціонарні тимчасові ряди). Модель $ARIMA(p, d, q)$ означає, що різниці часового ряду порядку d підкоряються моделі $ARIMA(p, q)$ [65].

Модель $ARIMA(p, d, q)$ для нестационарного часового ряду X_t має вигляд:

$$\Delta^d X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t, (2.6)$$

де ε_t – стаціонарний часовий ряд;

c, a_i, b_j – параметри моделі;

Δ^d - оператор різниці часового ряду порядку.

ARIMA-моделі дозволяють моделювати інтегровані або різнично-стаціонарні тимчасові ряди (DS-ряди, difference stationary). Часовий X_t ряд називається інтегрованим порядку k , якщо різниці ряду порядку k , тобто $\Delta^k x_t$ є стаціонарними, тоді як різниці меншого порядку (включаючи нульового порядку, тобто сам тимчасовий ряд) не є стаціонарними щодо деякого тренду рядами (TS-рядами, trend stationary). Зокрема $I(0)$ - це стаціонарний процес.

Порядок інтегрованості тимчасового ряду i є порядком d моделі $ARIMA(p, d, q)$ [66].

Підхід ARIMA полягає в тому, що в першу чергу оцінюється стаціонарність ряду. За допомогою тестування виявляється наявність поодиноких коренів і порядок інтегрованості тимчасового ряду (зазвичай обмежуються першим або другим порядком). Далі за умови, що порядок інтегрованості більше нуля – часовий ряд перетворюється пошуком різниці відповідного порядку і вже для перетвореного часового ряду будується деяка ARMA-модель, оскільки передбачається, що отриманий процес є стаціонарним, на відміну від вихідного нестаціонарного процесу (різнично-стаціонарного або інтегрованого процесу порядку d) [67].

2.4.3 Авторегресійна модель

Авторегресійна (AR-) модель (англ. Autoregressive model) – авторегресивна модель, для застосування до часових рядів, в якій кожне конкретне значення в даний момент часу лінійно залежить від попередніх значень даного ряду. Авторегресійний процес порядку p (AR(p)-процес) визначається за формулою:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i X_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2.7)$$

де $a_1 \dots a_p$ - параметри моделі (коефіцієнти авторегресії), c - постійна (часто для спрощення передбачається рівною нулю), а ε_t - білий шум.

Найпростішим прикладом даної моделі є авторегресійна модель першого порядку AR(1) - процес:

$$X_t = c + rX_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (2.8)$$

В даному випадку коефіцієнти авторегресії буде збігатися з коефіцієнтами кореляції першого порядку.

За допомогою авторегресивних моделей можна змоделювати сезонні зміни. Такі моделі позначаються як SAR (Seasonal AR). Наприклад, при наявності квартальних даних і припущенні про квартальні сезонні зміни можна побудувати наступну модель SAR (4):

$$y_t = a_4 y_{t-4} + \varepsilon_t. \quad (2.9)$$

Фактично це звичайна AR-модель з обмеженням на параметри моделі. На практиці сезонність може поєднуватися зі звичайною авторегресією, наприклад:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_4 y_{t-4} + \varepsilon_t. \quad (2.10)$$

Також в деяких випадках використовуються сезонні моделі, в яких випадкова похибка підпорядковується певному AR-процесу [68].

2.4.4 Метод регресійного аналізу Lasso

У статистиці та машинному навчанні, Lasso (також Lasso або LASSO) - це метод регресійного аналізу, який виконує вибір змінної та її регуляризацію з метою підвищення точності прогнозування та інтерпретації в статистичну модель. Lasso був спочатку сформульований для найменших квадратів моделей та цей простий випадок формує уявлення про поведінку оцінювача, включаючи його зв'язок з регресією, найкращим підмножинним вибором, зв'язками між оцінками коефіцієнта Lasso та так званим м'яким

пороговим значенням. Він також показує, що оцінки коефіцієнтів не повинні бути унікальними, якщо коваріації є колінеарними [18].

Хоча для найменших квадратів, було визначено регулярне регулювання Lasso легко розповсюджується на широкий спектр статистичних моделей, включаючи узагальнені лінійні моделі, узагальнені оціночні рівняння, моделі пропорційної небезпеки та М-оцінки. Уміння Lasso виконувати вибір підмножини залежить від форми обмеження і має різноманітні інтерпретації, в тому числі з точки зору геометрії, байєсівської статистики та опуклого аналізу.

Розглянемо зразок, що складається з N випадків, кожна з яких складається з p коваріатів і одного результату. Нехай y_i – результат та $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ – вектор коваріації для i -го випадку. Тоді ціль Lasso вирішити:

$$\min_{\beta_0, \beta} \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta_0 - x_i^T \beta)^2 \right\} \text{subject } \sum_{j=1}^p |\beta_j| \leq t, \quad (2.11)$$

де t – заданий вільний параметр, який визначає величину регуляризації, нехай X – коваріаційна матриця, така що $X_{i,j} = (x_i)_j$ та x_i^T є i -ю стрічкою матриці X [69].

$$\min_{\beta_0, \beta} \left\{ \frac{1}{N} \|y - \beta_0 - X\beta\|_2^2 \right\} \text{subject } \|\beta\|_1 \leq t, \quad (2.12)$$

де $\|\beta\|_1 = (\sum_{i=1}^N |\beta_i|^p)^{1/p}$ яке є стандартним l^p .

Оскільки $\beta_0 = \hat{y} - x^{-T} \beta$, то маємо:

$$y_i - \hat{\beta}_0 - x_i^T \beta = (y_i - \hat{y}) - (x_i - \hat{x})^T \beta, \quad (2.13)$$

Дана формула відображає стандартну роботу з централізованими змінними. Окрім того коваріати зазвичай стандартизовані так що рішення не залежить від шкали вимірювань [70].

Було створено декілька варіантів ласо, щоб виправити певні обмеження щодо оригінальної техніки та зробити метод більш корисним для конкретних проблем. Майже всі вони зосереджені на повазі або використанні різних типів залежностей серед коваріатів. Регуляризація еластичної чистоти додає додатковий регресійний штраф, який покращує ефективність, коли кількість прогнозувачів перевищує розмір вибірки, дозволяє методу вибирати сильно корельовані змінні разом і покращує загальну точність прогнозування. Група lasso дозволяє вибрати групи пов'язаних коваріатів як окремий блок, що може бути корисним у налаштуваннях, де немає сенсу включати деякі коваріати без інших. Подальші розширення групи lasso для того, щоб виконувати вибірку змінних в окремих групах (рідкі групи lasso) і дозволити перекриття між групами (накладання групи lasso) також були розроблені. Концентрований ласо може пояснювати просторові або часові характеристики проблеми, внаслідок чого оцінки, які краще відповідають структурі досліджуваної системи. Регуляризовані моделі Лассо можуть підходити за допомогою різних методів, включаючи субградієнтні методи, регресія з найменшим кутом (LARS) та проксимальні градієнтні методи. Визначення оптимального значення для параметра регуляризації є важливою частиною забезпечення того, що модель добре працює; зазвичай це виконується використанням перехресної перевірки [71].

3 РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТРЕС-СЦЕНАРІЇВ

На основі математичних моделей описаних в розділі 2, було розроблено узагальнений методологічний підхід для розв’язання поставлених задач, який дозволяє спростити підхід до виконання сценарного стрес тестування та складається з таких кроків: завантаження та початкова обробка історичних даних, розрахунок попарних кореляцій змінних, виправлення кореляційної матриці, нормалізація історичних даних, видалення трендів та сезонних змін, регресійний аналіз даних.

3.1 Завантаження та початкова обробка історичних даних

Для зручності роботи з історичними даними, для їх збереження було обрано формат .xlsx, який дозволяє користувачеві переглядати та редагувати часові ряди за допомогою програми Excel, а також швидко зчитувати та обробляти файли за допомогою сучасних програмних засобів.

Процес завантаження історичних даних передбачає: зчитування даних з файлу, формування структур часових рядів для кожної з вхідних змінних, в вигляді масивів типу «дата:значення» та подальшого їх зведення до однакової частоти.

Month	#Passengers
1949-01-01	112
1949-02-01	118
1949-03-01	132
1949-04-01	129
1949-05-01	121

Рисунок 3.1 – Формат завантажених історичних даних

На рисунку 3.2 – зображено структуру вхідних історичних даних, завантажених з Excel файлу. Часові ряди, що завантажуються мають формат даних «ключ:значення», де ключем виступає дата, а значенням – ціна або показник зміни ціни певного макроекономічного показника за визначений проміжок часу. Зображення графіка зміни історичних даних показано на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Графік вхідних історичних даних

Для подальшого застосування отриманих даних, необхідно звести часові ряди до однієї частоти, заданої для даного процесу прогнозування. Часові ряди які мають частоту більшу за задану, можуть бути відфільтровані, а часові ряди з меншою частотою необхідно інтерполювати з використанням лінійної інтерполяції, яка геометрично означає заміну графіка функції f прямою, яка проходить через точки $(x_0, f(x_0))$ та $(x_1, f(x_1))$.

$$\frac{y-f(x_0)}{f(x_1)-f(x_0)} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0}, \quad (3.1)$$

звідки для $x \in [x_0, x_1]$,

$$f(x) \approx y = P_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1)-f(x_0)}{x_1-x_0}(x-x_0). \quad (3.2)$$

Тобто формула для лінійної інтерполяції:

$$f(x) = P_1(x) - R_1(x), \quad (3.3)$$

де $R_1(x)$ – похибка формули.

3.2 Знаходження попарних кореляцій завантажених змінних

Для оцінки залежностей обраних змінних, необхідно розрахувати значення попарних кореляцій, за допомогою яких можна відсіяти часові ряди, які не мають впливу на процес прогнозування. Оцінка кореляцій дозволяє виключити з процесу моделювання невикористовувані дані, а також їх можливий вплив на результати прогнозування. Для знаходження лінійних залежностей між часовими рядами змінних, необхідно застосувати коефіцієнт кореляції Пірсона.

Якщо дано дві вибірки $x^m = (x_1, \dots, x_m)$ та $y^m = (y_1, \dots, y_m)$, коефіцієнт кореляції Пірсона розраховується за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{s_x^2 s_y^2}} \quad (3.4)$$

де \bar{x} та \bar{y} – вибіркові середні, x^m , y^m , s_x^2 , s_y^2 – вибіркові дисперсії, $r_{xy} \in [-1; 1]$.

Розрахунок попарної кореляції змінних, дозволить знайти залежні між собою макроекономічні показники, та виключити з вибірки змінні, які не мають впливу на прогнозовані значення. Показники попарної кореляції розраховуються за формулою коефіцієнта кореляції Пірсона наведеною в підрозділі 3.2 (формула 3.4), відповідно до вказаної формули було

розроблено алгоритм для виключення незалежних змінних з процесу моделювання (додаток Б).

В результаті проведення розрахунку попарної кореляції, буде отримано матрицю розмірності $n \cdot n$, де n – кількість завантажених змінних. Елементи матриці можуть набувати значень від -1 до 1, що відповідно відображає відсутність та наявність зв'язку між вказаними макроекономічними показниками (рисунок 3.5).

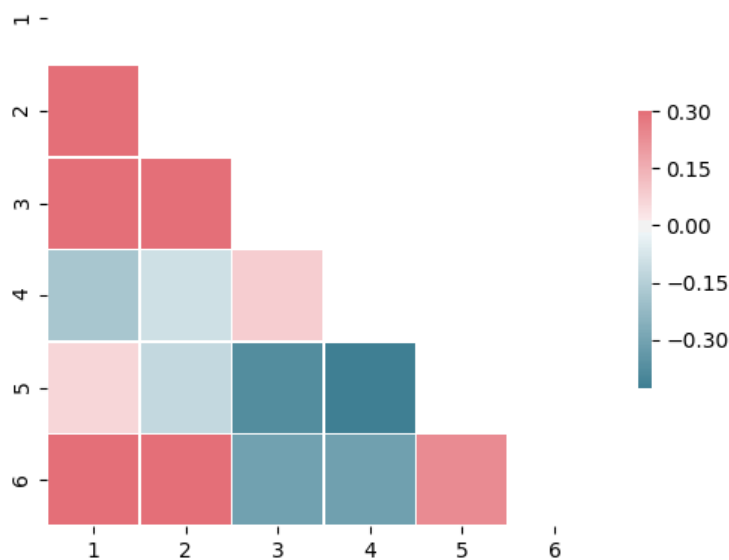


Рисунок 3.5 – Діаграма попарних кореляцій вхідних змінних

З наведеної гістограми, можна зробити висновки що вхідні змінні 1, 2, 3, 5, 6 – взаємопов'язані, це означає що зміни кожного з обраних показників, впливатимуть на зміну всього економічного середовища в цілому, яке нестиме вплив на всі, залежні від нього, портфелі цінних паперів.

Знаходження матриці кореляцій та виключення змінних, які не мають впливу на розрахунки, дозволяє не лише пришвидшити процес моделювання, а й виключає можливий негативний вплив невірно підібраних макроекономічних показників на результати прогнозування.

3.3 Нормалізація історичних даних

Для виконання подальшого процесу прогнозування, необхідно виконати нормалізацію часових рядів, це дозволить усунути з історичних даних тенденції, тренди та сезонні зміни, а також виділити стаціонарність результуючих даних.

Одним з основних способів зменшення тренду є трансформація даних. Наприклад, якщо в часовому ряді видима значна позитивна тенденція – до нього можна застосувати перетворення, яке має більший вплив на вищі значення та менший – на нижчі значення графіка, в якості такого перетворення можна застосувати: логарифм, квадратний чи кубічний корінь.

Видалення додаткових шумів з часового ряду можливе за допомогою визначення та видалення тенденції. Основні способи для видалення тенденції:

- а) агрегування – вибір середнього значення за заданий період часу;
- б) згладжування – застосування ковзних середніх;
- в) поліноміальна примірка – відповідає регресійній моделі.

Згладжування ковзною середньою відбувається знаходженням значення ковзної середньої на заданому проміжку історичних даних, за формулою:

$$SMA = \frac{1}{n} \sum_{i=n}^{n-1} P_{t-i}, \quad (3.5)$$

де n – інтервал згладжування, P – значення часового ряду.

В додатку Б наведено алгоритм проведення нормалізації часових рядів, та подальшої їх перевірки за допомогою тесту Дікі-Фуллера. За умовами тесту, кількість критичних значень отриманих в результаті тестування не повинна перевищувати 10%. Якщо отримане значення перевищує 10% -

часовий ряд не є нормалізованим, та не може бути використаний при виконанні регресійного аналізу.

В результаті проведення нормалізації, на виході отримуються часові ряди з явними стабільними змінами протягом заданого часового періоду.

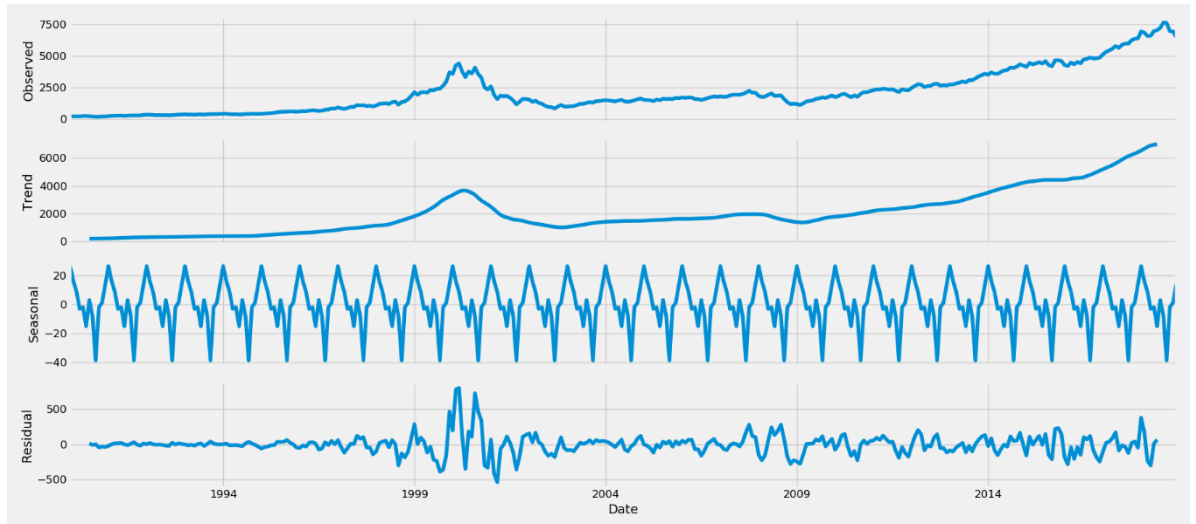


Рисунок 3.7 – Нормалізація вхідних даних, видалення трендів та сезонних змін

На рисунку 3.7 показано процес нормалізації вхідних даних. По даному графіку можна сказати, що в історичних даних відсутня тенденція, окрім того тестова статистика показує менше, ніж 5% критичних значень, тому можна зробити висновок, що отриманий на виході часовий ряд є стаціонарним і підлягає подальшому ефективному застосуванню в регресійному аналізі.

3.4 Регресійний аналіз

Проведення регресійного аналізу дозволяє спрогнозувати поведінку часового ряду на заданому майбутньому проміжку часового ряду. Для виконання регресійного аналізу, застосовується модель авторегресії часових

рядів. Авторегресивний процес порядку p ($AR(p)$) визначається наступним чином:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i X_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (3.6)$$

де a_1, \dots, a_p – параметри моделі, коефіцієнти авторегресії, c – постійна (часто для спрощення прирівнюється до нуля), ε_t – білий шум.

Лістинг функції для реалізації регресивного аналізу наведено в додатку Г.В результаті виконання регресійного аналізу отримуються зпрогнозовані значення часового ряду з заданою частотою періодів. Після повернення до початкової шкали вимірювання процесом зворотнім до процесу трансформації, будуть отримані зпрогнозовані значення для даної змінної на заданому часовому проміжку.

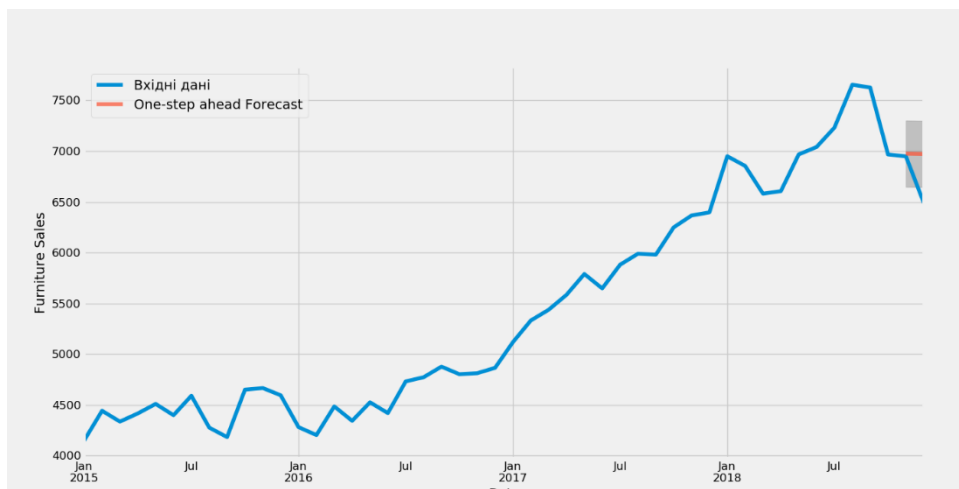


Рисунок 3.8 – Результат виконання регресійного аналізу

На рисунку 3.8 показаний графік часового ряду змінної, та зпрогнозовані значення за один проміжок часу.

3.5 Сценарний аналіз

Розрахунок сценаріїв відбувається на основі зпрогнозованих даних для певних макроекономічних змінних, що надаються центральним банком, чи іншими керуючими установами для можливості змоделювати різноманітні кризові явища. В додатку Б наведені приклади позитивного, нейтрального та негативного сценаріїв розвитку.

Для виконання процесу сценарного аналізу, необхідно завантажити в систему дані, про стан пов'язаних макроекономічних змінних, та обрахувати залежні від них змінні даної компанії чи фінансової установи. Для максимального пришвидшення процесу моделювання, необхідно розрахувати та зберегти показники залежностей між змінними кожного окремого портфелю, що дозволить уникнути пошуку коефіцієнтів при моделюванні великої кількості різних сценаріїв.

На результуючому графіку показана зміна історичних даних досліджуваної змінної та прогноз на один рік отриманий в результаті моделювання. На минулий період прогнозування виконується для визначення похибки отриманих результатів та аналізу ефективності використання даної моделі для кожної конкретної змінної.

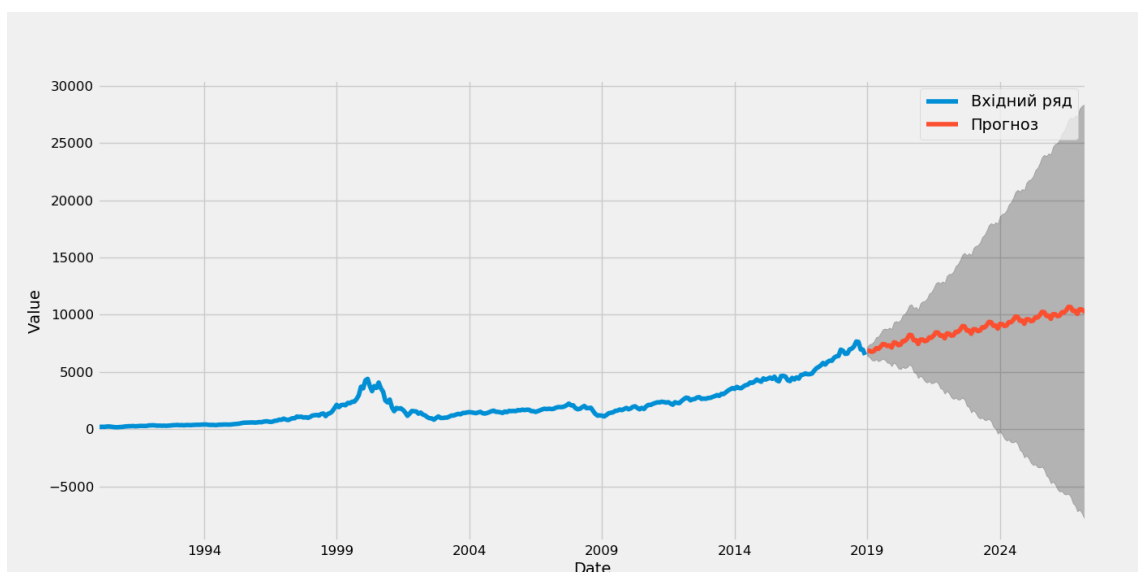


Рисунок 3.9 – Результати сценарного аналізу

На рисунку 3.9 показано зразок отриманих результатів сценарного аналізу, на яких відображено значення історичних даних, зпрогнозовані значення часового ряду, та розкид можливих варіантів розвитку сценарію. Розкид, зображений на графіку, пропорційний ризикам пов'язаним з даним сценарієм, чим більший розкид отриманий в результатах моделювання, тим більші ризики даного сценарію. UML діаграма взаємодії користувача з розробленою системою показана в додатку Б.

3.6 Перевірка актуальності результатів

Для перевірки результатів аналізу в необхідно застосовувати методи порівняння прогнозів обраної моделі за минулий проміжок часу з реальними історичними даними. Враховуючи те, що кожен з використовуваних методів не є універсальним для всіх можливих випадків, необхідно застосовувати моделювання різними методами, після чого обраховувати похибки кожного з методів на всіх макроекономічних змінних, та застосовувати до кожної з них, найбільш оптимальний метод моделювання. Для більшої гнучкості, система повинна надавати можливість користувачеві самостійно обрати найдоцільніший метод регресії даної змінної, та вказує на метод з найменшим значенням похибки.

Результати перевірки розробленого підходу, показали похибку в 2-5% при моделюванні на рік в перед, та до 11% при моделюванні прогнозів на період більш ніж 1 рік.

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Технологічний аудит розробленої математичної моделі сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання

Як було зазначено у попередніх розділах роботи, в сучасних умовах розвитку світової економіки та фінансових ринків автоматизація процесу прийняття рішень щодо формування оптимального інвестиційного портфелю фінансових установ набуває все більшої актуальності. У виконаній роботі було доведено, що ефективним інструментом оцінки фінансової стійкості фінансових установ є сценарне стрес-тестування, яке дозволяє оцінити стійкість портфелю цінних паперів фінансових установ до стресових умов, що постійно виникають на фінансових ринках, а також дає можливість визначити найбільш оптимальні способи для зменшення рівня ризиків та величини можливих фінансових втрат.

Сьогодні новим та перспективним напрямком проведення сценарного аналізу фінансових ринків є розробка загального підходу для проведення макроекономічного моделювання їх стану з використанням апарату регресійного аналізу. Тому, враховуючи актуальність використання загального підходу до процесу макроекономічного моделювання стану фінансових ринків, виникла практична необхідність однозначного та чіткого опису всіх кроків виконання сценарного стрес-тестування та вхідних даних, що повинно підвищити достовірність оцінювання фінансової стійкості фінансових установ.

З метою підвищення ефективності прогнозування інвестиційного портфелю фінансових установ нами були проведені дослідження, які, на основі застосування цифрової фільтрації, автоматичного збору вхідних даних,

використання апарату регресійного аналізу тощо дозволили автоматизувати оцінювання стану фінансових ринків шляхом ідентифікації впливу на них різних макроекономічних факторів.

В результаті проведених досліджень було розроблено математичну модель прийняття управлінських рішень з використанням апарату регресійного аналізу та моделювання впливу макроекономічних факторів; було розроблено модель для перевірки отриманих результатів прогнозування та визначення похибок методів аналізу, а також було розроблено перевірку розроблених моделей та підходів на основі використання історичних даних із визначенням найбільш точної моделі для реалізації чисельних методів розрахунку параметрів регресії.

Практичне значення виконаної роботи полягає у тому, що одержані результати дозволяють розробити автоматизовану систему для збору вхідних даних та проведення сценарного аналізу з знаходженням найбільш ефективної математичної моделі для кожної із вхідних змінних. Причому ця система дозволяє підвищити якість сценарного аналізу, автоматизувати всі процеси збору даних, що сприяє уникненню помилок, спричинених людським фактором.

Для оцінювання результатів виконаної нами роботи проведемо і технологічний аудит, який дасть змогу встановити технічний рівень нашої розробки та її комерційний потенціал. Для проведення технологічного аудиту скористаємося експертним методом і запросимо 3-х експертів – к.т.н. Бородкіна С.А. – голову відділу розробки програмного забезпечення; Бородкіна С.І. – заст. голови відділу розробки програмного забезпечення та Гончарова В. І. – провідного розробника програмного забезпечення.

Оцінювання технічного рівня та комерційного потенціалу розробки будемо здійснювати за рекомендаціями Державного комітету України з питань науки, інновацій та інформатики [73] (див. таблицю 4.1).

Таблиця 4.1 – Критерії оцінювання технічного рівня та комерційного потенціалу розробки та їх бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-тер.	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено об'єктивність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни Аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 4.1

Ринкові перспективи					
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна Конкуренція	Конкуренція в незначній мірі
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідно незначно навчати фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї

Продовження таблиці 4.1

9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентів та отримання великої кількості дозволів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозволів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозволів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання технічного рівня та комерційного потенціалу будь-якої розробки можуть бути визначені на основі рекомендацій, наведених в [74] (див. таблицю 4.2).

Таблиця 4.2 – Технічні рівні та комерційний потенціал будь-якої наукової розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$, розрахована на основі висновків Експертів	Технічний рівень та комерційний потенціал розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Провівши об'єктивний технологічний аудит розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю, експерти виставили такі оцінки, які зведені у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати проведення технологічного аудиту розробки

Критерії	Прізвище, ініціали експертів		
	Білоконь С.А.	Бородкін С.І.	Гончаров В.І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	4	3
2	4	4	3
3	4	4	4
4	4	3	4
5	3	4	4

Продовження таблиці 4.3

6	4	4	4
7	3	3	3
8	3	3	3
9	3	4	3
10	4	4	3
11	4	4	4
12	3	2	3
Сума балів	СБ ₁ = 42	СБ ₂ = 43	СБ ₃ = 41
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{42+43+41}{3} = \frac{126}{3} = 42$		

Оскільки середньоарифметична сума балів, що їх виставили експерти, складає 42 балів, то це свідчить, що розроблена нами система для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю має високий технічний рівень та високий комерційний потенціал, що пояснюється тим, що розроблена математична система прийняття рішення на основі виходу регресійних моделей дозволяє враховувати похибки, що виникають на етапі прогнозування, та обирати найбільш ефективні методи моделювання.

Окрім того, використання клієнт-серверного підходу та розподілених хмарних сервісів для проведення розрахунків дозволяє користувачеві мати доступ до системи з будь-якого пристрою та виключає необхідність великої кількості обчислювальних ресурсів для проведення сценарного прогнозування незалежно від кількості вхідних даних.

4.2 Розрахунок витрат на виконання роботи

Витрати на розробку системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю складаються із таких статей:

а) Основна заробітна плата Z_o виконавців, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного виконавця, грн.
Величини окладів знаходяться в межах (4173...16750) грн/місяць;

T_p – число робочих днів в місяці; прийmemo $T_p = 21$ день;

t – число робочих днів роботи виконавців.

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Основна заробітна плата розробників системи

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи, год	Витрати на оплату праці, грн
1. Науковий керівник	11640	554,28	25	2309,52
2. Магістрант	2100	100	48	4800
3. Консультант з економічної частини	11000	523,81	2,5	218,25
4. Інші фахівці	9000	428,57	2	857,14
Загалом				$Z_o = 8184,91 \approx 8190$ грн

б) Додаткова заробітна плата Z_d виконавців розраховується як (10...12)% від величини їх основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o. \quad (4.2)$$

Для нашого випадку:

$$Z_d = 0,118 \times 8190 = 966,42 \approx 967 \text{ (грн)}.$$

в) Нарахування на заробітну плату $НАР_{зп}$ виконавців розраховуються за формулою:

$$НАР_{зп} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100}, \quad (4.3)$$

де β – ставка обов'язкового єдиного внеску на державне соціальне страхування, %. $\beta = 22\%$. Тоді:

$$НАР_{зп} = (8190 + 967) \times 0,22 = 2014,54 \approx 2015 \text{ (грн)}.$$

г) Амортизація основних засобів A , які використовувались під час виконання роботи, може бути узагальнено розрахована за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12} [\text{грн}], \quad (4.4)$$

де $Ц$ – загальна балансова вартість основних засобів, грн;

H_a – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $H_a = (5 \dots 25)\%$;

T – термін використання основних засобів, місяці.

Зроблені розрахунки зведено в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень тощо	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
1. Комп'ютерна техніка тощо	25400	20	2,1	889
2. Приміщення університету та кафедри	15000	5	2,1	131,25
Всього				A = 1020,25 ≈ 1020 грн

д) Витрати на матеріали M розраховуються за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_e \text{ (грн)}, \quad (4.5)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг; C_i – вартість матеріалу i -го найменування; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$; B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування; C_e – ціна відходів матеріалу i -го найменування; n – кількість видів матеріалів.

Витрати на комплектуючі K розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [грн]}, \quad (4.6)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.; C_i – ціна комплектуючих i -го виду; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$; n – кількість видів комплектуючих.

При розробці системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю витрати на матеріали та комплектуючі склали приблизно 900 грн.

е) Витрати на силову електроенергію V_e розраховуються за формулою:

$$B_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_n}{K_d}, \quad (4.7)$$

де B – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2019 р. $B \approx 2,2$ грн/кВт;

Π – установлена потужність обладнання, кВт; $\Pi = 0,75$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

Прийmemo, що $\Phi = 130$ годин;

K_n – коефіцієнт використання потужності; $K_n < 1 = 0,76$.

K_d – коефіцієнт корисної дії, $K_d = 0,67$.

Тоді витрати на електроенергію будуть дорівнювати:

$$B_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_n}{K_d} = \frac{2,2 \cdot 0,75 \cdot 130 \cdot 0,76}{0,67} = 243,31 \approx 244 \text{ (грн)}.$$

ж) Інші витрати $B_{\text{інш}}$ можна прийняти як $(100 \dots 300)\%$ від суми основної заробітної плати виконавців, тобто:

$$B_{\text{інш}} = (0,1 \dots 3) \times 3_0. \quad (4.8)$$

Для нашого випадку отримаємо:

$$B_{\text{інш}} = 1,5 \times 8190 = 12285 \text{ (грн)}.$$

и) Сума всіх попередніх статей витрат складає витрати на виконання цієї роботи безпосередньо магистрантом – B .

$$B = 8190 + 967 + 2015 + 1020 + 900 + 244 + 12285 = 25621 \text{ (грн)}.$$

Загальні витрати ЗАГ на завершення виконаної нами роботи розраховуються за формулою:

$$ЗАГ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta}, \quad (4.9)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Прийmemo, що $\beta \approx 0,9$ [74], оскільки робота майже повністю виконана і готова до можливого впровадження.

Тоді: $ЗАГ = \frac{25621}{0,9} = 28467,776$ грн або приблизно 29 тис. грн.

Тобто прогнозовані витрати на розробку системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання становлять приблизно 29 тис. грн.

4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації розробки

Економічний ефект від комерціалізації розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання пояснюється її значно кращим і функціональними можливостями порівняно з аналогами, а саме: наявністю автоматичного збору та фільтрації вхідних даних; можливістю вибору горизонту стрес-тестування та різноманітних засобів візуалізації результатів; можливістю здійснювати оцінку похибок моделювання на основі історичних даних тощо.

Оскільки подібні аналоги на ринку коштують приблизно 50 тис. грн (за одну копію програмного продукту), то нашу розробку можна буде реалізувати на ринку значно дорожче, наприклад за 75 тис. грн, тобто на 25 тис. грн дорожче.

Аналіз місткості ринку даної продукції, проведений нами, показав, що на цей час в Україні кількість реальних та потенційних користувачів подібних розробок складає щороку приблизно 10 осіб (комерційні банки, фінансові установи, інвестиційні фонди, страхові компанії, господарюючі суб'єкти, що мають акції інших суб'єктів, тощо) і їх кількість буде постійно зростати. Оскільки розроблена нами система для автоматизації процесу

сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання має значно кращі функціональні характеристики, то вона буде користуватися підвищеним попитом на ринку принаймні протягом 3-х років після впровадження, тобто наша розробка може бути впроваджена з 1 січня 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го та 2022-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

- 1-й рік після впровадження (2020 р.) – приблизно +10 шт.;
- 2-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно +20 шт.;
- 3-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно +30 шт.

Можливе збільшення чистого прибутку $\Delta\Pi_i$, що його може отримати потенційний інвестор від фінансування та впровадження розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю становитиме [74]:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right), \quad (4.10)$$

де ΔC_o – покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у цьому році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн. Для нашого випадку це буде $\Delta C_o = 75 - 50 = 25$ тис. грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у цьому році до впровадження результатів розробки; $N = 10$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки. Таке покращення по роках становитиме, відповідно: +10, +20 та +30 шт.;

C_o – основний якісний показник, який визначає обсяг діяльності (тобто ціну) у році після впровадження результатів розробки, грн; $C_o = 75$ тис. грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість;
 $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.
 Рекомендується приймати $\rho = (0,2 \dots 0,5)$; візьмемо $\rho = 0,5$;

\mathcal{U} – ставка податку на прибуток. У 2019 році $\mathcal{U} = 18\%$.

Величина чистого прибутку $\Delta\Pi_1$ для потенційного інвестора протягом першого року від можливого впровадження нашої розробки (2020 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = [25 \cdot 10 + 75 \cdot 10] \cdot 0,8333 \cdot 0,5 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 341,65 \text{ тис. грн.}$$

Величина чистого прибутку $\Delta\Pi_2$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом другого (2021 р.) року складе:

$$\Delta\Pi_2 = [25 \cdot 10 + 75 \cdot 20] \cdot 0,8333 \cdot 0,5 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 597,89 \text{ тис. (грн).}$$

Величина чистого прибутку $\Delta\Pi_3$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом третього (2022 р.) року складе:

$$\Delta\Pi_3 = [25 \cdot 10 + 75 \cdot 30] \cdot 0,8333 \cdot 0,5 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 854,13 \text{ тис. (грн).}$$

Далі розрахуємо теперішню вартість інвестицій PV , що повинні бути вкладені в нашу розробку: $PV = (2 \dots 8) \times 3AG$.

Для нашого випадку $PV = (2 \dots 8) \times 29 = 7 \times 29 = 203 \text{ тис. грн.}$

Розраховуємо абсолютний ефект вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$.

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (4.11)$$

де ПП – приведена вартість всіх можливих чистих прибутків від можливого впровадження нашої розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 203 \text{ тис. грн.}$

Приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.12)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному ізроків, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої роботи, роки. Для нашого випадку $\tau = 3$ роки;

τ – ставка дисконтування. Керуючись даними статистики за 2019 рік, прийємо ставку дисконтування $\tau = 0,09$ (9%);

T – період часу від моменту отримання прибутків до початку впровадження розробки.

Тоді приведена вартість всіх чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від можливо впровадження нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{341,65}{(1+0,09)^1} + \frac{597,89}{(1+0,09)^2} + \frac{854,13}{(1+0,09)^3} \approx 313 + 503 + 659 = 1475 \text{ тис. (грн).}$$

Абсолютний ефект від можливо впровадження нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) за три роки складе:

$$E_{абс} = 1475 - 203 = 1272 \text{ тис. грн. або } 424 \text{ тис. грн щорічно.}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання може бути доцільним.

Далі розрахуємо внутрішню норму дохідності E_v вкладених коштів:

$$E_v = \sqrt[T_{ж}] \left(1 + \frac{E_{абс}}{PV} \right) - 1, \quad (4.13)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний ефект вкладених коштів; $E_{абс} = 1272$ тис. грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій $PV = 203$ тис. грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл розробки, роки. $T_{ж} = 3$ роки.

Для нашого випадку:

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{1272}{203}} - 1 = \sqrt[3]{1 + 6,26} - 1 = \sqrt[3]{7,26} - 1 = 1,936 - 1 = 0,936$$

$$= 93,6\%.$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку потенційний інвестор не буде вкладати кошти в нашу розробку. Мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{мін}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = (0,11...0,15)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, $f = (0,05...0,5)$, але може бути і значно більше.

Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{мін} = 0,15 + 0,5 = 0,65 \text{ або } \tau_{мін} = 65\%.$$

Оскільки величина $E_e = 93,6\% > \tau_{мін} = 65\%$, то потенційний інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Далі розраховуємо термінокупності коштів, вкладених у розробку та впровадження розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання.

Термінокупності $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}. \quad (4.15)$$

Для нашого випадку термінокупності $T_{ок}$ коштів складе:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,936} \approx 1,07 \text{ років,}$$

що свідчить про потенційну доцільність комерціалізації нашої розробки.

Результати

виконаної економічної частини магістерської кваліфікаційної роботи зведено у таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати виконаної економічної частини

Показники	Задані у ТЗ	Досягнуті у магістерській кваліфікаційній роботі	Висновок
1. Витрати на розробку системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю	Не більше 40 тис. грн	29 тис. грн.	Досягнуто
2. Абсолютний ефект від впровадження системи, тис. грн	не менше 400 тис. грн за рік	424 тис. Грн	Виконано
3. Внутрішня норма дохідності інвестицій, %	не менше 50%	93,6%	Досягнуто
4. Термінокупності, роки	до 3-х років	1,07 років	Виконано

Таким чином, основні техніко-економічні показники розробленої нами системи для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання, визначені у технічному завданні, виконані.

ВИСНОВКИ

Дана наукова робота присвячена автоматизації процесу сценарного аналізу фінансових ринків з використанням макроекономічного моделювання. В роботі розглянуті основні методи та прийоми аналізу та прогнозування фінансових часових рядів, які використовують на сьогоднішній день.

Розроблена математична модель системи прийняття рішення на основі результатів розрахунку регресійних моделей, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати похибки що виникають на етапі прогнозування, та обирати найбільш ефективні методи моделювання.

Розроблено математичну модель для попередньої обробки часових рядів, усунення трендів та сезонних змін. Представлені моделі автоматичної регресії для отримання прогнозованих результатів та проведення сценарного аналізу.

Обґрунтовано вибір алгоритмів та моделей для аналізу вхідних часових рядів.

Тестування системи було проведено на різних економічних середовищах та різнотривалих періодах прогнозування: добовому, тижневому, місячному, річному. Під час тестування системи було визначено, що найбільш точні результати отримуються при використанні місячних періодів прогнозування. Похибка отриманих прогнозів складає 2-5% при моделюванні річних сценаріїв та до 11% при моделюванні на період більше одного року.

Розроблена система прийняття рішення є ефективнішою за існуючі аналогічні завдяки використанню різних методів аналізу даних, та можливості порівняння їх похибок після отримання результатів моделювання, що дозволяє отримати більш точні результати для кожної із залежних змінних економічного середовища та отримати більш ефективний результат сценарного аналізу.

Розроблена система є економічно вигідною та за розрахунками може принести абсолютний дохід в розмірі 424 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захарчук О. В. Автоматизація проведення сценарного аналізу на фінансових ринках з використанням макроекономічного моделювання [Електронний ресурс] / О.В. Захарчук, В. Ю. Коцюбинський // Конференції ВНТУ електронні наукові видання. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2017/paper/view/2216>.
2. Zaharchuk O. V., Development of client-server system for calculation of statistical indicators of financial instruments /Zaharchuk O. V. – 3rd International Conference on Innovations and development patterns in Technical and Natural Sciences. Berlin: Premier Publishing s.r.o. – 2018. – 2 с.
3. ШвагерДж.,Техническийанализ. Полный курс. / ШвагерДж – М.: Издательский Дом «АЛЬПИНА», 2001. – 768 с.
4. Аникин, А.В. Золото. Международныйэкономический аспект / А.В. Аникин. - М.: Международныеотношения; Издание 2-е, перераб. и доп., 1998. - 331 с.
5. Коробова Г.Г.Банковскоедело /Г.Г. Коробова. - М.: Экономистъ, 2005. - 751 с.
6. Банковскоедело. Словарь / [авт.-уклад. МироноваЛ.Е.] - М.: ИНФРА-М, 2001. - 412 с.
7. Бочаров, В.В. Комплексныйфинансовыйанализ / В.В. Бочаров. - М.: СПб: Питер, 2005. - 432 с.
8. Деньги, банковскоедело и денежно-кредитнаяполитика / [Долан, ЭдвинДж.Кэмпбелл, Колин Д. И др.]. - Л.: Автокомп, 1991. - 448 с.
9. ДоунсДж. Финансово-инвестиционныйсловарь / Дж. Доунс,Дж. Э.Гудман,. - М.: ИНФРА-М, 1997. - 586 с.
10. Банковскоедело / [В.И. Колесников, Л.П. Кроливецкая, и др.]. - М.: Финансы и статистика, 1995. - 480 с.
11. Маховикова, Г.А. Инвестиционныйпроцесс на предприятии / Г.А. Маховикова, В.Е. Кантор. - М.: СПб: Питер, 2001. - 176 с.

12. Мицкевич, А. Финансовая математика / Мицкевич А. - М.: Олма-пресс, 2003. - 128 с.
13. Неровня Т.Н. История экономики в вопросах и ответах / Неровня Т.Н. - М.: Ростов н/Д: Феникс, 1999. - 320 с.
14. Никитушкина И.В. Корпоративные финансы / Никитушкина И.В. - М.: Эксмо, 2009. - 576 с.
15. Финансы: Учебное пособие / [ред. А.М. Ковалева]. - М.: Финансы и статистика, 1997. - 336 с.
16. Четыркин, Е.М. Финансовый анализ производственных инвестиций / Четыркин Е.М. - М.: Дело, 1998. - 256 с.
17. Словарь банковских терминов / [ред. Уткин Э.А. и др.] - М.: АКАЛИС, 1997. - 304 с.
18. Боярко І. М. Інвестиційний аналіз / І. М. Боярко, Л. Л. Гриценко – К.: Центр учбової літератури, 2011. — 400 с.
19. Чевганова В. Я/ Проектний аналіз / Чевганова В. Я., Биба В. В., Скрильник А. С., – К.: «Центр учбової літератури», 2014. – 258с.
20. Касаткин Б. Методология анализа системных рисков промышленных предприятий / Касаткин Б. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 164 с.
21. Кийосаки Р. Т. Второй шанс / Кийосаки Р. Т. - М.: Попурри, 2016. - 726 с.
22. Кларк К. Креативный капитализм / Кинсли М., Кларк К. - М.: Попурри, 2010. - 336 с.=
23. Котлер Ф. Маркетинг от А до Я. 80 концепций, которые должен знать каждый менеджер / Котлер Ф. - М.: Альпина Паблишер, 2014. - 211 с.
24. Крышкин О. Настольная книга по внутреннему аудиту. Риски и бизнес-процессы / Крышкин О. - М.: Альпина Паблишер, 2015. - 478 с.
25. Манн И. Без бюджета. 57 эффективных приемов маркетинга: моногр. / Манн И. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009.

26. Майорова Г. В., Інвестиційна діяльність / Майорова Г. В.- К.: «Центр учебної літератури», 2011. – 471 с.
27. Бочарников В.П. Fuzzy-Технология: математические основы практика моделирования в экономике / Бочарников В.П. - Санкт-Петербург, 2001, 328 с.
28. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации, анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цефель - М.: DiaSoft, 2002.
29. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства / В.Н. Бондарев, Г. Трёстер, В.С. Чернега – Севастополь: СевГТУ, 1999 – 398 с.
30. Аверин А.Н. Нечеткие множества в моделях управления искусственного интеллекта / Аверин А.Н. [под ред. Д. А. Поспелова] - М.: Наука, 1986. 312 с.
31. Рождественский А. В. Теория рисков в практике управления внебюджетной деятельностью вузов / А. В. Рождественский, А. А. Харин, С. А. Копылов. - М.: Palmarium Academic Publishing, 2014. - 100 с.
32. Балабанов И. Т. Риск-менеджмент: моногр. / Балабанов И.Т. - М.: Финансы и статистика, 1996. - 192 с.
33. Бьюзен Т. Управляйте переменами / Бьюзен Т. - М.: Попурри, 2009. - 528 с.
34. Вайн С. Глобальный финансовый кризис. Механизмы развития и стратегии выживания / Вайн С. - М.: Альпина Паблицер, 2009. - 304 с.
35. Зуб А. Т. Антикризисное управление организацией / А.Т. Зуб, Е.М. Панина - М.: Инфра-М, Форум, 2007. - 256 с.
36. Карлгаард Р. В здоровом бизнесе — здоровый дух. Как великие компании вырабатывают иммунитет к кризисам / Карлгаард Р. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2015. - 272 с.
37. Касаткин Б. Методология анализа системных рисков промышленных предприятий / Касаткин Б. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 164 с.

38. Кларк К. Креативный капитализм / [под редакцией Майкла Кинсли], Кларк К. - М.: Попурри, 2010. - 336 с.
39. Котлер Ф. Маркетинг от А до Я. 80 концепций, которые должен знать каждый менеджер / КотлерФ. - М.: Альпина Паблишер, 2014. - 211 с.
40. Крышкин О. Настольная книга по внутреннему аудиту. Риски и бизнес-процессы / Крышкин О. - М.: Альпина Паблишер, 2015. - 478 с.
41. Маховикова Г. А. Анализ и оценка рисков в бизнесе. Учебник / Г.А. Маховикова, Т.Г. Касьяненко. - М.: Юрайт, 2015. - 464 с.
42. Мрочковский Н. Бизнес. Перегрузка. Как вывести из крутого пике бизнес, который, казалось бы, спасти уже невозможно / Н.Мрочковский, А. Парабеллум. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. - 624 с.
43. Порфирьев Б. Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях / ПорфирьевБ.Н. - М.: Знание, 1989. - 131 с.
44. Рассел Дж. Хеджирование / Рассел Дж. - М.: VSD, 2012. - 721 с.
45. ВяткинВ.Н. Риск-менеджмент. Учебник / ВяткинВ.Н. - М.: Дашков и Ко, 2003. - 512 с.
46. Роуз П.Р. Анализ рисков и управление нефтегазопроисковыми проектами / Роуз П. Р. - М.: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2011. - 901 с.
47. Селюков В. К. Управление рисками. Ипотечная сфера / В.К. Селюков, С.Г. Гончаров. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 360 с.
48. Аверин А.Н.Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / [под ред. Д. А. Поспелова] / Аверин А.Н. - М.: Наука, 1986. 312 с.
49. Алексеев А.В. Применение нечеткой математики в задачах принятия решений. / Алексеев А.В. - СПб.: Методы и системы принятия решений. - Рига: РПИ, 1983, с. 38.

50. Алексеев А.В. Проблемы разработки математического обеспечения выполнения нечетких алгоритмов. / Алексеев А.В. - В сб.: Модели выбора альтернатив в нечеткой среде.-Рига, 1984, с. 79-82.
51. Бернштейн П. Против богов: Укрощение риска / Бернштейн П. пер. с англ. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2000. — 400 с.
52. Бочарников В.П. Fuzzy-Технология: математические основы практика моделирования в экономике / Бочарников В.П. - Санкт-Петербург, 2001, 328 с.
53. Борисов А.Н. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. - Рига: Зинатне, 1982. - 256с.
54. Oppenheim A. V. Discrete-Time Signal Processing. Englewood Cliffs, NJ / A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer - Prentice Hall, 1989
55. Стивен Б. А. Технический анализ от А до Я. / Стивен Б. А. – М.: Издательство «Диалог», 1999. – 235 с.
56. Яхин В.Д. Применение математических методов в экономике и социологии / Яхин В.Д. - Новосибирск, 1997. – 256с.
57. Прохис Дж. Цифровая связь. /Прохис Дж. –[пер. с англ. / под ред. Д. Д. Кловского] - М.: Радио и связь, 2000.
58. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры: [пер. с англ. / под ред. А. М. Трахтмана]Хемминг Р. В. - М.: Сов. радио, 1980.
59. Jackson L. V. Digital Filters and Signal Processing/Jackson, L. V. - Third Ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989.
60. Parks T. W. Digital Filter Design/Parks, T. W. BurrusC. S. - New York: John Wiley & Sons, 1987.
61. ШарнУ., Инвестиции/ШарнУ., АлександерГ., БейлиДж. - М.,Инфа-М, 1999.
62. Методичні рекомендації з комерціалізації розробок, створених в результаті науково-технічної діяльності – К.: Наказ Державного комітету України з питань науки, інновацій та інформатики (Лист № 1/06-4-97 від 13.09.2010 р.).

63. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / Козловський В. О. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
64. Дьяконов В.П. Современные математические системы / Дьяконов В.П., Пеньков А.И- PCWeek. 1996. №43(67), с 42-46.
65. Фомин В.Н. Рекуррентное оценивание и адаптивная фильтрация / Фомин В.Н. - М: Наука, 1984.-180с.
66. Галеев Э. М. Оптимизация. Теория, примеры, задачи / Галеев Э.М. - М.: Ленанд, 2015. - 344 с.
67. Гусева, Е. Н. Экономико-математическое моделирование / Гусева Е.Н. - М.: Флинта, МПСИ, 2011. - 216 с.
68. Крамер Д. Математическая обработка данных в социальных науках. Современные методы / Крамер Д. - М.: Академия, 2007. - 288 с.
69. Степанов В. И. Экономико-математическое моделирование / Степанов В. И., Терпугов А.Ф. - М.: Academia, 2009. - 112 с.
70. Ширяев В. И. Финансовые рынки. Стохастические модели, опционы, форварды, фьючерсы. Учебное пособие / Ширяев В.И. - М.: Либроком, 2015. - 224 с.
71. Воронин А. Ю. Макроэкономика - I. Учебное пособие / Воронин А.Ю., Киршин И.А. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 112 с.
72. Воронин, В. П. Мировое хозяйство и экономика стран мира / Воронин В.П., Кандакова Г.В., Подмолодина И.М.. - М.: Финансы и статистика, 2007. - 240 с.
73. Вымятина Ю. В. Макроэкономика. В 2 частях. Часть 1. Учебник и практикум / Вымятина Ю.В., Борисов К.Ю., Пахнин М.А. - М.: Юрайт, 2016. - 296 с.
74. Вайн С. Глобальный финансовый кризис. Механизмы развития и стратегии выживания / Вайн С. - М.: Альпина Паблишер, 2009. - 304 с.
75. Цыпин, И. С. Мировая экономика / Цыпин И.С., Веснин В.Р. - М.: Проспект, 2012. - 248 с.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор ТОВ «КВАРК КОНСАЛТИНГ»

_____ Стук А.В.

«__» _____ 2019 р

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри АІВТ

_____ Кветний Р.Н.

« 4 » листопада 2019 р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу «Автоматизація процесу
сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням
макроекономічного моделювання»

08-02.МКР.002.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. Коцюбинський В. Ю.

«__» _____ 2019 р.

Виконавець:

ст. гр. 1АКІТ-18м Захарчук О. В.

«__» _____ 2019 р.

Вінниця 2019

1. Назва та галузь застосування

Система для автоматизації процесу сценарного стрес-тестування інвестиційного портфелю з використанням макроекономічного моделювання. Розроблена система може бути використана для підвищення ефективності сценарного стрес-тестування інвестиційних портфелів фінансових установ.

2. Підстава для розробки

Розробку системи здійснювати на підставі наказу по університету №254 від 02.10.2019 р. та завдання до магістерської кваліфікаційної роботи складеного та затвердженого кафедрою «Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій». Робота виконується по замовленню ТОВ «КВАРК КОНСАЛТИНГ» в рамках науково дослідних робіт на філії кафедри АІТ.

3. Мета та призначення розробки

Метою роботи полягає в підвищенні ефективності прогнозування портфелю цінних паперів, шляхом ідентифікації впливу різних макроекономічних факторів, яке проводиться на основі застосування цифрової фільтрації, використання апарату регресійного аналізу, а також, автоматизації оцінювання отриманих результатів.

4. Джерела розробки

1. Захарчук О. В. Автоматизація проведення сценарного аналізу з використанням макроекономічного моделювання [Електронний ресурс] / О. В. Захарчук, В. Ю. Коцюбинський // Конференції ВНТУ електронні наукові видання. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4317>.

2. Захарчук О. В. Розробка клієнт-серверної системи для обрахунку статистичних показників фінансових інструментів / О.В. Захарчук, В. Ю. Коцюбинський // Конференції ВНТУ електронні наукові видання. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2017/paper/view/2216>.

3. Zaharchuk O. V., Development of client-server system for calculation of statistical indicators of financial instruments – Zaharchuk O. V. – 3rd International Conference on Innovations and development patterns in Technical and Natural Sciences. Berlin: Premier Publishing s.r.o. – 2018. – 2 с.

4. Касаткин, Борис Методология анализа системных рисков промышленных предприятий / Борис Касаткин. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 164 с.

5. Stress Testing [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bankofengland.co.uk/stress-testing> – [01.05.2018].

6. Stress Testing Definition [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/s/stresstesting.asp> – [04.03.2018].

7. Бочаров, В.В. Комплексный финансовый анализ / В.В. Бочаров. - М.: СПб: Питер, 2005. - 432 с.

5. Показники призначення

Система для автоматизації сценарного стрес-тестування має працювати в автоматичному режимі та в автоматизованому, під контролем оператора.

Вихідні дані для роботи програми:

- набір вхідних часових рядів макроекономічних змінних;
- підтримка стрес-тестування портфелю з кількістю змінних до 1 тис.;
- набір параметрів для процесу моделювання;
- набір сценаріїв.

Результати роботи програми:

-проведення процесу моделювання поведінки макроекономічних змінних;

- розрахунок заданих сценаріїв.

6. Економічні показники

-прогнозовані витрати на розробку – 29 000 грн.;

-абсолютна ефективність розробки – 424 000 грн.;

-термінованість витрат для виробника – до 3-х років.

7. Стадії розробки

1. Розділ 1 «Аналіз стану проблеми та огляд літератури» має бути виконаний до 15.10.2019.

2. Розділ 2 «Математична модель системи для проведення сценарного аналізу» має бути виконаний до 25.10.2019.

3. Розділ 3 «Розробка узагальненого підходу для моделювання стрес-сценаріїв» має бути виконаний до 29.11.2019.

5. Економічний розділ має бути виконаний до 10.12.2019.

8. Порядок контролю та приймання

1. Рубіжний контроль. Провести до 15.11.2019.

2. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи. Провести до 04.12.2019.

3. Захист магістерської кваліфікаційної роботи. Провести в період з 18.12.2019 до 19.12.2019.

Додаток Б (обов'язковий)

Графічна частина

Зав. Кафедри АІТ

_____ д-р техн. наук, професор
Кветний Р. Н.

(підпис) (наукова ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Науковий керівник

_____ канд. тех. наук, доцент
Коцюбинський В. Ю.

(підпис) (наукова ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Тех. Контроль

_____ канд. тех. наук, доцент
Коцюбинський В. Ю.

(підпис) (наукова ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Нормоконтроль

_____ канд. тех. наук, доцент
Коцюбинський В. Ю.

(підпис) (наукова ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Рецензент

_____ _____

(підпис) (наукова ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Студент гр. 1АКІТ-18м

_____ Захарчук О.В.

(підпис) (ініціали та прізвище)

Продовження додатка Б

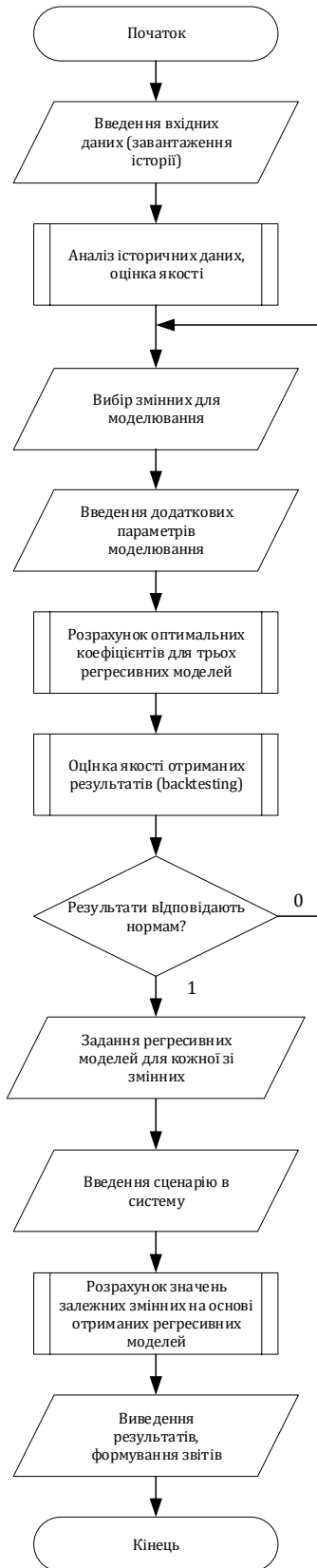


Рисунок Б.1 – Схема роботирозробленої системи

Продовження додатка Б

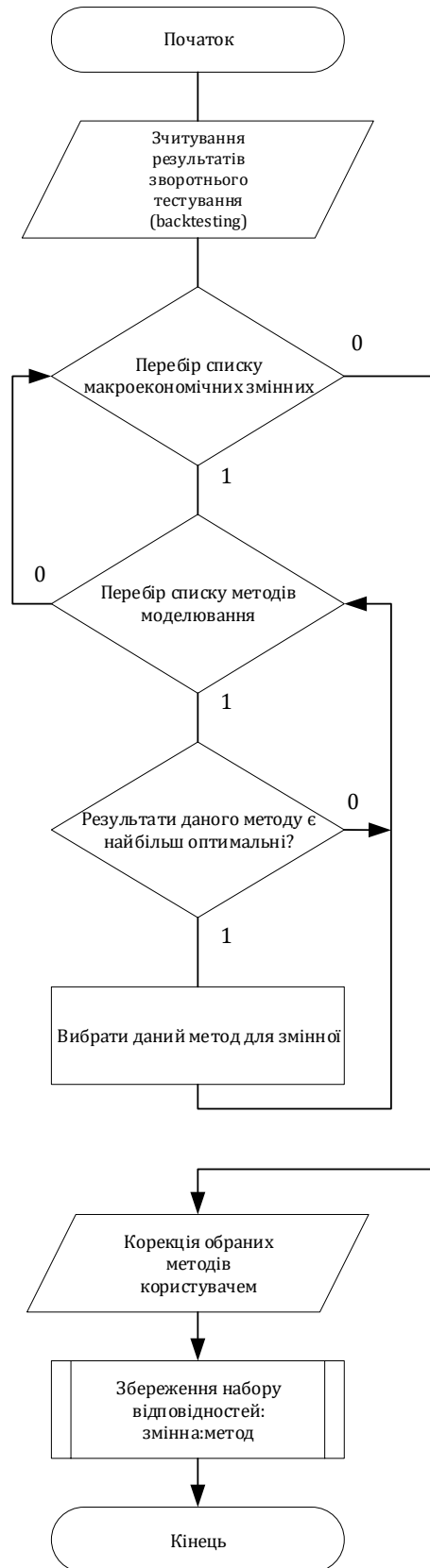


Рисунок Б.2 – Схема системи прийняття рішень на основі обрахованих регресивних моделей

Продовження додатка Б

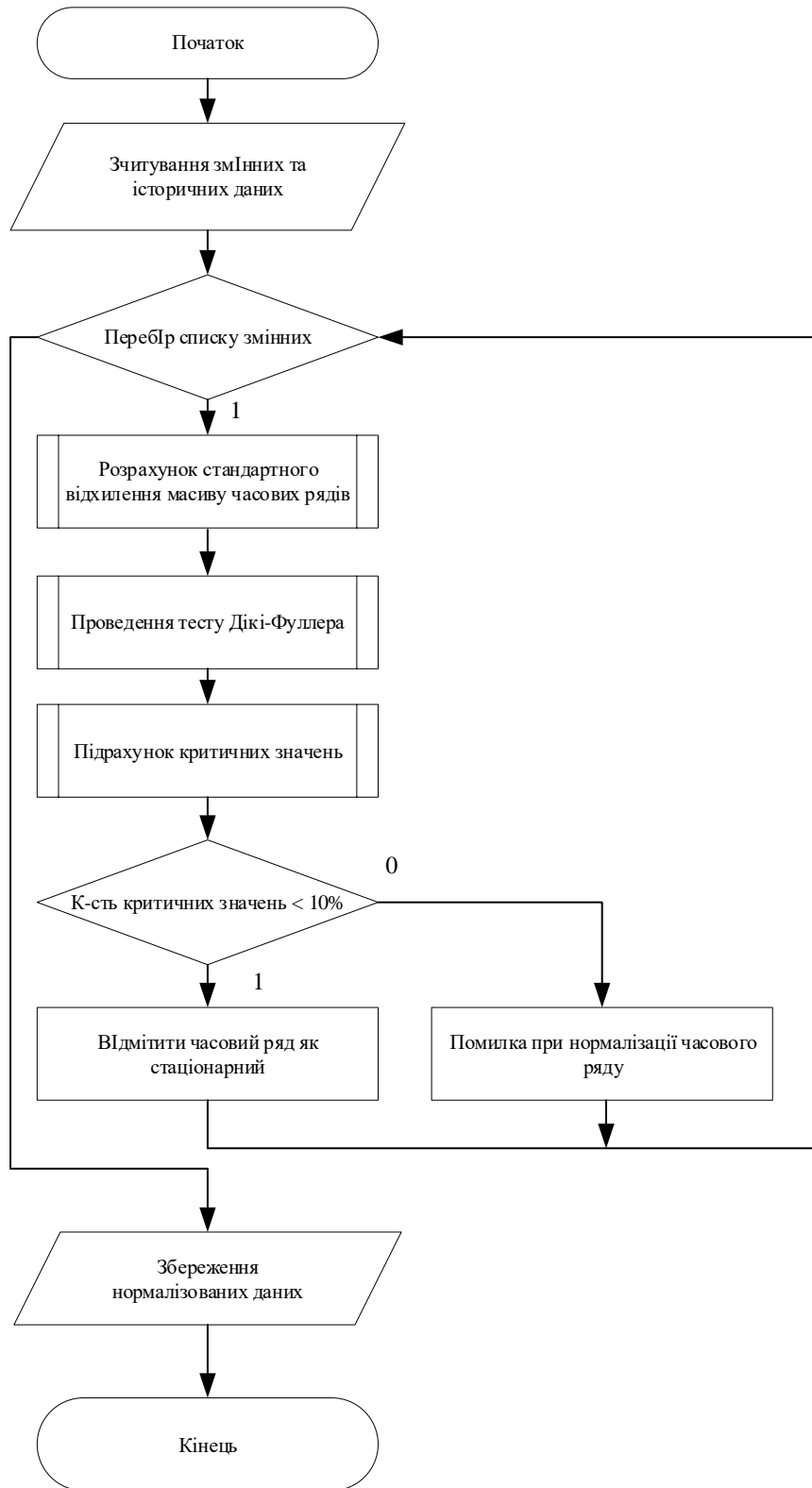


Рисунок Б.3 – Алгоритм нормалізації історичних даних макроекономічних змінних

Продовження додатка Б

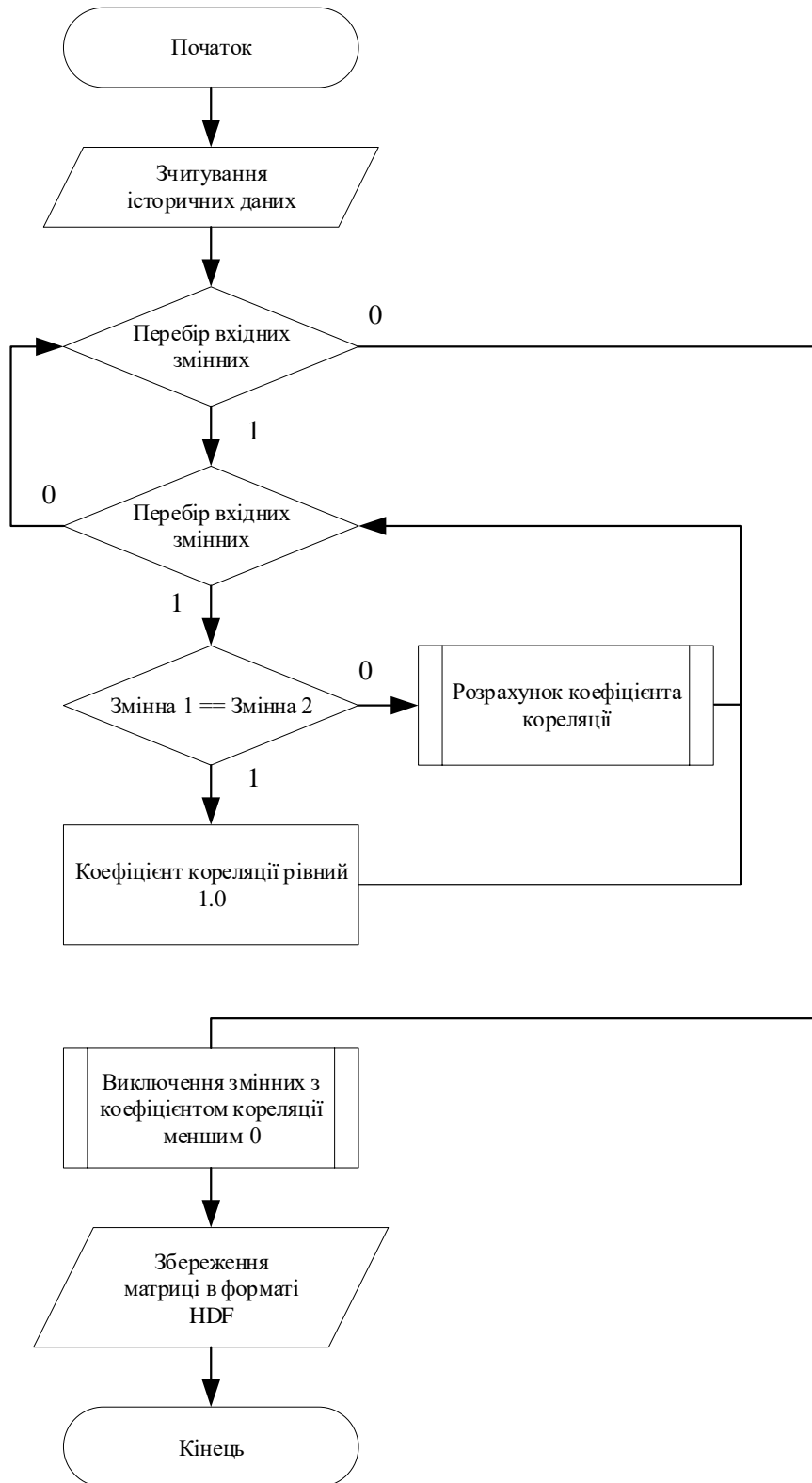


Рисунок Б.4 – Алгоритм розрахунку попарної кореляції та фільтрації взаємозалежних змін

Продовження додатка Б

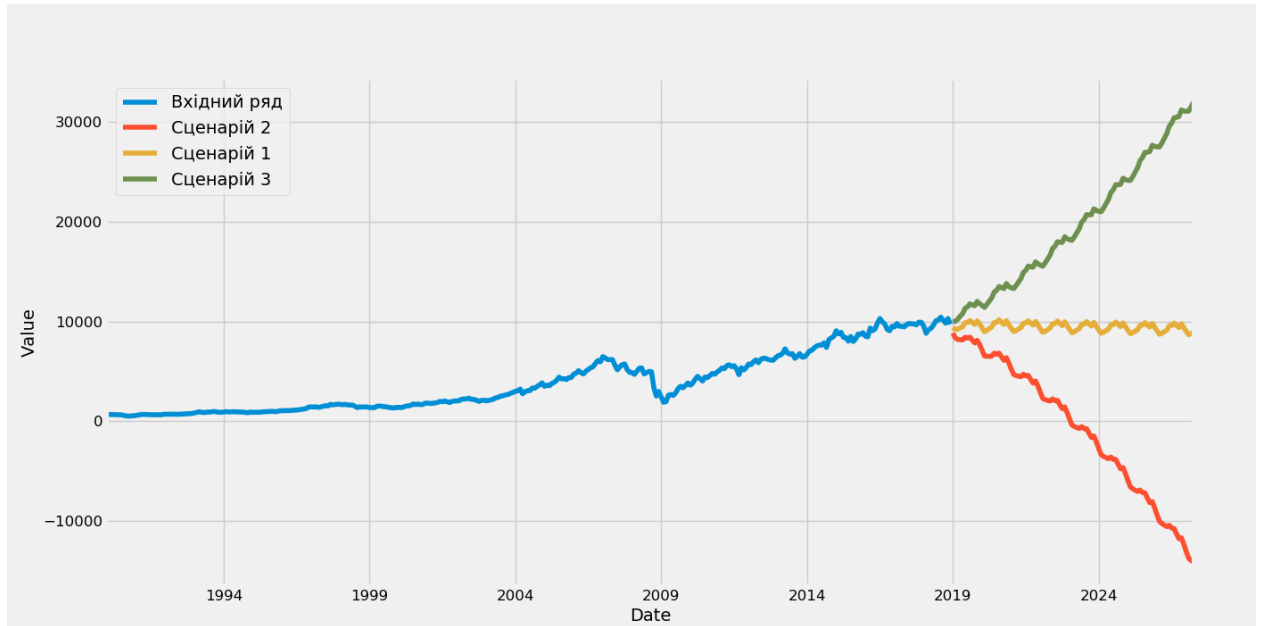


Рисунок Б.5 – Порівняння позитивного, нейтрального та негативного сценаріїв розвитку

Продовження додатка Б

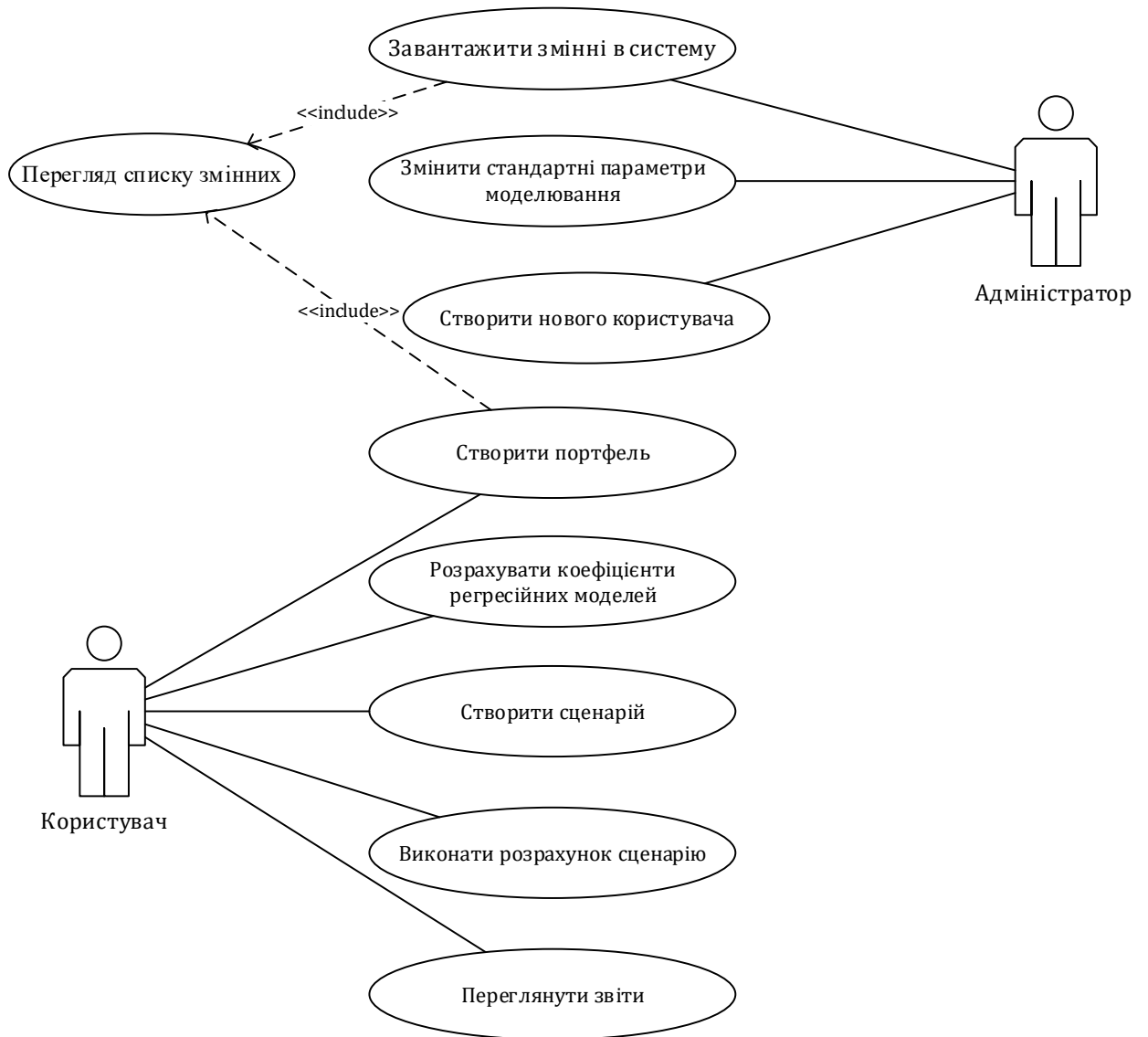


Рисунок Б.6 – UMLдіаграма прецедентів

Додаток В (обов'язковий) – Акт впровадження

ДодатокГ

Вихідний код функції для виконання регресивного аналізу

```

def regression(historical):
    variable = historical[[2]]
    if SHOW_INPUT_DATA_PLOT:
        variable.plot()
        plt.title('Input variable data')
        plt.show()
    transform = transformation(variable)
    move_avg = pd.rolling_mean(transform, 12)
    plt.plot(transform)
    plt.plot(move_avg, color='red')
    plt.show()
    ts_log_moving_avg_diff = transform - move_avg
    ts_log_moving_avg_diff.head(12)
    ts_log_moving_avg_diff.dropna(inplace=True)
    stationarity(ts_log_moving_avg_diff)
    ts_log_diff = transform - transform.shift()
    ts_log_diff.dropna(inplace=True)
    lag_acf = acf(ts_log_diff, nlags=10)
    lag_pacf = pacf(ts_log_diff, nlags=10, method='ols')
    transform.dropna(inplace=True)
    transform.index.name = "DATES"
    transform.columns = ['Value']
    model = ARIMA(transform, order=(2, 1, 0))
    results_AR = model.fit(dis=-1)

    model = ARIMA(transform, order=(0, 1, 2))
    results_MA = model.fit(dis=-1)
    plt.plot(ts_log_diff, color='green')
    plt.plot(results_MA.fittedvalues, color='red')

```

Продовження додатка Г

```

plt.title('RSS:      %.4f'      %      sum((results_MA.fittedvalues      -
ts_log_diff) ** 2))
model = ARIMA(transform, order=(0, 1, 2))
results_ARIMA = model.fit(dispatch=-1)
plt.plot(ts_log_diff, color='green')
plt.plot(results_ARIMA.fittedvalues, color='red')
predictions_ARIMA_diff = pd.Series(results_ARIMA.fittedvalues,
copy=True)
print(predictions_ARIMA_diff.head())
predictions_ARIMA_diff_cumsum = predictions_ARIMA_diff.cumsum()
print(predictions_ARIMA_diff_cumsum.head())
predictions_ARIMA_log      =      pd.Series(transform.ix[0],
index=transform.index)
predictions_ARIMA_log=
predictions_ARIMA_log.add(predictions_ARIMA_diff_cumsum,
fill_value=0)
predictions_ARIMA_log.head()
predictions_ARIMA = np.exp(predictions_ARIMA_log)

```